



**UNIVERSIDAD ESTATAL
PENÍNSULA DE SANTA ELENA**

**FACULTAD DE SISTEMAS Y
TELECOMUNICACIONES**

CARRERA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

TEMA

“Estudio experimental mediante un oxímetro de pulso, sobre la interacción de los campos electromagnéticos emitidos por un pc y los niveles de oxigenación del organismo del operador”

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

AUTOR

Herrera Banchón Edison Janio

PROFESOR TUTOR

Néstor Minhuey Méndez, PhD

LA LIBERTAD – ECUADOR

2015

La Libertad, 07 de agosto de 2015

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del trabajo de investigación, “Estudio experimental mediante un oxímetro de pulso, sobre la interacción de los campos electromagnéticos emitidos por un PC y los niveles de oxigenación del organismo del operador” elaborado por EDISON JANIO HERRERA BANCHÓN, egresado de Carrera 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 lo apruebo en todas sus partes.

.....
NÉSTOR MINHUEY MENDEZ, Phd

DEDICATORIA

El esfuerzo puesto en este trabajo se lo dedico en primera instancia a Dios, ya que me ilumino y me dio sabiduría en todo el transcurso del camino hasta poder llegar a mi más anhelada meta.

A mi hija Carolina, que es mi inspiración y mi fortaleza desde el día que llegó a mi vida, es lo que más amo, por ella y para ella estaré en constante superación.

También se lo dedico a mi esposa y a mis padres, los cuales siempre me han apoyado y guiado en todos los ámbitos y las metas que me he propuesto en esta vida, hoy cumplo una de ellas, quizás la más importante.

Herrera Banchón Edison Janio

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi creador, a Dios padre todo poderoso, que desde que me envió a este mundo fue a triunfar, y a lograr cumplir todas mis metas como lo estoy haciendo ahora.

A mi hija, a mi esposa y a mis padres que siempre han estado ahí apoyándome, ayudándome y Levantándome porque también he caído y muchas veces quise desistir de cumplir mi meta, sus consejos y sugerencias han servido para hacer de mí una mejor persona.

También agradezco a mi hermano por todo lo que hemos pasado y que esta meta la logre porque quiero ser un ejemplo para él.

Al Dr. Néstor Minhuey Méndez por haber confiado en mí, por apoyarme y guiarme correctamente en la estructura de este difícil trabajo de finalización de carrera. A los docentes que contribuyeron en mi formación Ética y Profesional.

A la Ing. Mónica Jaramillo que siempre estuvo presta a brindarme su ayuda en lo que estaba a su alcance, además de su motivación y apoyo para que yo avance en el desarrollo de este proyecto.

Herrera Banchón Edison Janio

TRIBUNAL DE GRADO

Ing. Walter Orozco Iguasnia, MSc.
DECANO DE FACULTAD

Ing. Washington Torres Guin, MSc.
DIRECTOR DE CARRERA

Dr. Néstor Minhuey Méndez, PhD.
PROFESOR TUTOR

Ing. Daniel Gómez Alejandro
PROFESOR DE ÁREA

Ab. Joe Espinoza Ayala
SECRETARIO GENERAL

UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
ESCUELA DE ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES

Estudio experimental mediante un oxímetro de pulso, sobre la interacción de los campos electromagnéticos emitidos por un PC y los niveles de oxigenación del organismo del operador

Autor: Herrera Banchón Edison Janio

Tutor: PhD. Néstor Minhuey Méndez

RESUMEN

En este trabajo se presenta la implementación de un sistema de monitoreo y medición del pulso y la saturación del oxígeno en la sangre, al momento del contacto de una persona con una PC emite ondas electromagnéticas, las mediciones se las realizó a los alumnos expuestos a radiaciones no ionizantes, de la carrera de Electrónica y Telecomunicaciones. Trabajamos con ondas de alta y baja frecuencia, tomamos en cuenta normativas nacionales e internacionales. Se utilizaron dos medidores de ondas, uno a altas frecuencias y otro a baja frecuencias, cabe recalcar que trabajamos a una frecuencia industrial de 60Hz, también se usa un oxímetro de pulso, un termo-higrómetro y una PC, con los resultados realizamos un estudio estadístico que nos permitió analizar cada una de las variables y llegar a las conclusiones.

El proyecto obtendrá mediciones que permitan analizar si la relación entre la PC y las personas, en un intervalo de tiempo determinado de 6 minutos, causa alguna deficiencia en el organismo de las personas a las cuales se les ha realizado las mediciones de nivel de oxígeno en la sangre y batimientos cardíacos, y así emitir algunas recomendaciones que permitan prevenir y controlar problemas posteriores en la fisiología del organismo.

Se realizaron mediciones, primero en la oxigenación de la sangre y los batimientos cardíacos del operador, antes de ponerse en contacto con la PC, luego medimos los campos electromagnéticos de muy baja frecuencia(banda ELF) emitidos por la PC y los campos electromagnéticos de alta frecuencia(banda HF) presentes en el ambiente, producidos por diferentes factores, después se midió nuevamente la oxigenación de la sangre y los batimientos cardiacos, luego de que el operador estuvo frente el computador y así evaluar estadísticamente ambas mediciones para luego analizar si existe algún parámetro que nos permita verificar si este tipo de exposición aguda afecta nuestro organismo.

Palabras clave: sistema de monitoreo, medición de pulso, niveles de oxigenación.

TABLA DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
TRIBUNAL DE GRADO.....	iv
TABLA DE CONTENIDOS.....	vi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1	3
MARCO REFERENCIAL	3
1. Marco referencial	3
1.1 Identificación del problema	3
1.2 Situación actual de problema.....	4
1.3 Justificación del tema	4
1.4 Objetivos de la investigación.....	5
1.4.1 Objetivo general.....	5
1.4.2 Objetivos específicos	5
1.5 Hipótesis.....	6
1.5.1 Hipótesis de investigación	6
1.5.2 Hipótesis nula	6
1.6 Resultados esperados	6
CAPÍTULO 2	8
MARCO TEORICO.....	8
2. Marco Teorico.....	8
2.1 Antecedentes.....	10
2.1.1 Historicos.....	10
2.1.2 Legales.....	12
2.1.2.1 ICNIRP-1998.....	12
2.1.2.2 MINISTERIO DEL AMBIENTE.....	21
2.2 Bases Teóricas	22
2.2.1 Campo Magnético.....	22

2.2.1.1	Características del Campo Magnético.....	23
2.2.1.2	Tipos de Campo Magnético.....	23
2.2.1.3	Historia del Campo Electromagnético.	24
2.2.2	Campo Eléctrico.....	24
2.2.2.1	Características del Campo Eléctrico	25
2.2.2.2	Tipos del Campo Eléctrico.	25
2.2.3	Campo Electromagnético CEM.....	26
2.2.3.1	Campos Electromagnéticos por su fuente.....	26
2.2.3.2	Campos Electromagnéticos de baja frecuencia ELF.	28
2.2.3.3	CEM de alta frecuencia HF.....	29
2.2.3.4	La exposición ante los CEM y sus consecuencias	30
2.2.3.5	Efectos biológicos o efectos sobre la salud.	32
2.2.3.6	Proyecto internacional CEM.....	33
2.2.4	Radiaciones electromagnéticas no ionizantes.	34
2.2.5	Oximetría.....	36
2.2.6	Oxigenación en la sangre.....	37
2.2.6.1	Medición y valores de normalidad de la oxigenación de la sangre	37
2.2.7	Frecuencia Cardíaca.....	38
2.2.7.1	Nivel Normal de la Frecuencia Cardíaca.	39
2.3	Variables	40
2.3.1	Variable Independiente (causa)	40
2.3.2	Variable dependiente (efecto)	40
2.4	Métodos e instrumentos de investigación.....	41
2.4.1	Tipo de estudio	41
2.4.2	Metodología de Investigación.....	41
2.5	Términos básicos	42
CAPÍTULO 3		43
ANÁLISIS		43
3.	Análisis.....	43
3.1	Diagrama del Proceso	43
3.1.1	Descripción funcional del proceso	43
3.1.2	Configurar Software del medidor de espectro.	45

3.1.3	Recolección de información	49
3.1.4	Análisis de resultados.....	53
3.2	Identificación y Requerimientos	53
3.2.1	Analizador de Espectros Portátil Aaronia Spectran NF 50-35	54
3.2.2.	Analizador de Espectros Portátil Nada Safety Test Solutions SRM-3006, con antena de tres ejes con rango de frecuencia de 420MHZ a 6GHZ.	56
3.2.3	Oxímetro de Pulso VitaCarry STRGRY	57
3.2.4	Termo-Higrómetro digital Minipa MT-240.....	59
3.2.5	BioStat 2009 Profesional V5	60
3.2.6	Cable USB para PC.....	61
3.2.7	Software de análisis espectral de tiempo real “MCS” de Aaronia	61
3.2.8	Computadora.....	62
3.2.9	Tripode	62
CAPÍTULO 4		63
ANÁLISIS DE RESULTADOS		63
4.	Análisis de resultados	63
4.1	Comparativa entre parámetros.....	63
4.1.1	Análisis de mediciones en el parámetro 1	64
4.1.2	Análisis de mediciones en el parámetro 2	65
4.1.3	Análisis de mediciones en el parámetro 3	67
4.1.4	Análisis de mediciones en el parámetro 4	69
4.1.5	Análisis de mediciones en general	69
4.2	Comparativa con Normas Nacionales	70
4.3	Comparativa con Normas Internacionales	72
4.4	Análisis estadístico de mediciones.....	75
CONCLUSIONES.....		87
RECOMENDACIONES.....		88
BIBLIOGRAFIA.....		89
ANEXOS.....		90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.Límites de exposición recomendados por la ICNIRP	14
Tabla 2. Limitaciones básicas para exposiciones a campos eléctricos y magnéticos en frecuencias hasta 10GHz	15
Tabla 3.Nivel referencial para exposición ocupacional a campos eléctricos y magnéticos	16
Tabla 4.Nivel referencial para exposición poblacional a campos eléctricos y magnéticos	16
Tabla 5.Términos máximos de Exposición para fuentes de Radiocomunicaciones (3KHz – 300GHZ).....	17
Tabla 6.Nivel referencial para restringir la exposición de 60 Hz ELF para líneas de alta tensión.....	17
Tabla 7.Limitación básica para exposiciones a campos magnéticos y eléctricos de 60 HZ ELF.....	18
Tabla 8.Intensidades de campo eléctrico ELF monitoreadas en los electrodomésticos	18
Tabla 9.Magnitudes de campo magnético de electrodomésticos a distintas distancias.....	19
Tabla 10. Términos de exposición recomendados por la ICNIRP	19
Tabla 11. Nivel de exposiciones en el domicilio y en el centro ambiental	20
Tabla 12. Nivel de exposiciones en el domicilio y en el centro ambiental	20
Tabla 13. Recolección de Información de Oxigenación Cardíaca.....	50
Tabla 14. Campos Electromagnéticos recibidos por el computador.....	51
Tabla 15. Valores de oxigenación de la sangre y frecuencia cardíaca	52
Tabla 16. Análisis de mediciones de oxigenación antes & después de uso del PC.....	64
Tabla 17. Comparativa de mediciones de oxigenación	65
Tabla 18. Análisis de mediciones parámetro 2	66
Tabla 19. Análisis de mediciones frecuencia cardíaca	67
Tabla 20. Análisis de mediciones parámetro 3	67
Tabla 21. Medición de Campo Magnético	68
Tabla 22. Análisis de mediciones en general.....	69
Tabla 23. Testes biofísicos	70
Tabla 24. Comparativas con Normas Nacionales.....	71
Tabla 25. Comparativas con Normas Internacionales	73
Tabla 26. Mediciones de Campos Magnéticos emitidos por el computador.....	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No 1.Unidad SI para el Campo Magnético es Tesla	23
Figura No 2.Campo Eléctrico	25
Figura No 3.Espectro Electromagnético	26
Figura No 4.Fuentes Naturales de Campos Electromagnéticos	27
Figura No 5.Fuentes de Campos Electromagnéticos generados por el hombre	28
Figura No 6.Campos Electromagnéticos de baja frecuencia ELF	29
Figura No 7.Campos Electromagnéticos de la frecuencia HF	30
Figura No 8.Campos Eléctricos de frecuencia baja	32
Figura No 9.Efectos Biológicos.....	33
Figura No 10. Fuentes de Radiación No Ionizante	34
Figura No 11. Diferencia entre radiación ionizante y no ionizante	35
Figura No 12. Pulsioximetría	36
Figura No 13. Medición y valores de oxigenación	38
Figura No 14. Frecuencia Cardíaca.....	39
Figura No 15.Conexión Spectran.....	45
Figura No 16. Verificación de Señal	45
Figura No 17. Frecuencia, ancho de banda y campo magnético	46
Figura No 18. Nivel. Escala y curva	46
Figura No 19. Puntos máximos	47
Figura No 20. Configuraciones establecidas	47
Figura No 21. Grabación de mediciones.....	48
Figura No 22. Título, lugar y remarque	48
Figura No 23. Medición en tiempo real	49
Figura No 24. Analizador de Espectros Portátil Narda Safety	55
Figura No 25. Narda Safety Test Solutions	57
Figura No 26.Oxímetro de Pulso VitaCarry STRGRY	58
Figura No 27. Termo-Higrómetro digital Minipa MT-240	60
Figura No 28.BioStat 2009 Profesional V5.....	60
Figura No 29.Cable USB para PC.....	61
Figura No 30.Software de análisis espectral de tiempo real “MCS” de Aaronia.....	62
Figura No 31.Trípode	62

Figura 32. Análisis Estadístico de Oxigenación Inicial	75
Figura 33. Análisis Estadístico de Oxigenación Final.....	76
Figura 34. Análisis Estadístico de Oxigenación Total.....	76
Figura 35. Análisis Estadístico de Batimiento Inicial	78
Figura 36. Análisis Estadístico de Batimiento Final	79
Figura 37. Análisis Estadístico de Batimiento Total.....	80
Figura 38. Análisis Estadístico del Campo Electromagnético	811
Figura 39. Análisis Comparativo de l Oxigenación Inicial y Final	822
Figura 40. Análisis Comparativo del Batimiento Inicial y Final.....	833
Figura 41. Análisis Comparativo entre el Campo Magnético y Medio Ambiente	844
Figura 42. Análisis Comparativo entre el Campo Magnético y el ICNRP	855
Figura 43. Análisis Comparativo entre el Campo Magnético, Rusia y Suiza.....	866

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo no 1 Certificación Gramatical

Anexo no 2 Analizador de espectros portatil aaronia spectran nf50-35

Anexo no 3 Analizador de espectros portatil narda safety test solutions srm -3006

Anexo no 4 Antena del analizador de espectros de narda de 3 ejes.

Anexo no 5 Pantalla y teclas del analizador de espectros narda

Anexo no 6 Analizador de espectros narda con su respectivo tripode

Anexo no 7 Termo – higometro digital minipa mt – 240

Anexo no 8 Laboratorio donde se realizo la mediacion

INTRODUCCIÓN

En la actualidad existen muchos cuerpos cargados eléctricamente, esto hace que se esté rodeados de campos electromagnéticos, ya sean naturales o no naturales, pero al ser invisibles ante los ojos, se encuentra el ser humano cada vez más expuestos a ellos y a sus consecuencias.

La tecnología avanza y a medida de su progreso se crean más artefactos electrónicos, uno de estos es el PC o Computador Personal, que al estar cargados eléctricamente, produce Ondas Electromagnéticas que generan una reacción en el ser humano.

El cuerpo humano también está cargado eléctricamente, es decir la relación PC-Cuerpo Humano tendrá diferentes reacciones, pero no se sabe si podrían afectar al organismo. Por esta razón, debemos tener claros los conceptos básicos de los términos a los cuales se realizarán las distintas mediciones que llevaron a tener los resultados esperados y poder comparar con los niveles legales, asignados por las distintas entidades tanto nacionales e internacionales que regulan los campos electromagnéticos.

Además, necesitamos algunos elementos para medir diferentes parámetros tanto técnicos como fisiológicos, entre los cuales se encuentran los medidores de muy baja y alta frecuencia, para medir la magnitud de los campos electromagnéticos y también un oxímetro de pulso, el cual midió la oxigenación de la sangre y la frecuencia cardíaca del operador.

Luego de recolectar los datos de las mediciones, procedimos a compararlos entre los valores impuestos por las entidades que los regulan y también entre mediciones y analizarlos mediante un estudio estadístico y matemático, para determinar si existe variación en las mediciones que puedan afectar al organismo y así poder tener una clara perspectiva de los resultados en la toma de las respectivas precauciones.

Para desarrollar este estudio, se lo ha dividido en 4 capítulos, a saber:

Capítulo I: Se incluye el marco referencial que es la identificación del problema, la situación actual, justificación y objetivos de la investigación.

Capítulo II: Resalta el marco teórico, los antecedentes históricos y legales para este trabajo.

Capítulo III: En esta etapa se realiza el análisis del proyecto donde se mencionan los elementos para medir los campos electromagnéticos y monitorean los niveles de oxigenación de la sangre, además de los procesos estadísticos.

Capítulo IV: Incluye análisis de resultado, donde se incluye un estudio comparativo con normas nacionales e internacionales. También se incluyen las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO 1

MARCO REFERENCIAL

1. MARCO REFERENCIAL

En este capítulo se realiza la identificación del problema, la situación actual, la justificación, el objetivo general, los objetivos específicos, la hipótesis y los resultados esperados.

1.1 IDENTIFICACION DEL PROBLEMA

A medida que pasan los años la evolución de la tecnología va aumentando a pasos agigantados, y uno de los campos que más abarca es el de la informática. Nueve de cada diez personas han utilizado una computadora, sin conocer que esta emite ondas electromagnéticas, las cuales podrían causar algunas molestias en el cuerpo y por ende al organismo.

La carrera de Electrónica y Telecomunicaciones, se ha encargado de inculcar muchos conocimientos, los cuales servirán para formar profesionales que contribuyan con el desarrollo en diversos campos de la tecnología y la ciencia, el conocimiento adquirido sobre el tema, va a permitir realizar este estudio de forma efectiva, ya que el Campo Electromagnético es uno de los temas más estudiados, para afianzar conocimientos basados en el RNI.

La finalidad principal del trabajo se enfoca en cómo los campos electromagnéticos que interactúan entre la relación PC-Cuerpo Humano afectan la oxigenación del organismo.

1.2 SITUACIÓN ACTUAL DE PROBLEMA

Para quienes estudiamos la carrera de Electrónica y Telecomunicaciones es de mucha importancia utilizar los conocimientos adquiridos a lo largo de la etapa como estudiantes,

Las personas muchas veces desconocen que las Computadoras emiten ondas electromagnéticas, las cuales son invisibles para los ojos, y muchas veces no se siente que provocan alguna reacción en el cuerpo y organismo.

La recopilación de datos se realizó a varias personas en diferentes tiempos y frecuencias, esto sirvió para que en un futuro se logre obtener mediciones y saber en qué intervalo de tiempo y rango de frecuencias, se puede utilizar una PC sin sufrir alteraciones en la oxigenación del organismo.

1.3 JUSTIFICACIÓN DEL TEMA

Ante la necesidad de realizar un proyecto en el cual se plasmen los conocimientos y habilidades obtenidas durante los estudios universitarios en la carrera de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones, se ha decidido incursionar en el mundo del RNI, esta rama del conocimiento que además de integrar un sin número de disciplinas, es de suma importancia y de gran trascendencia para la vida humana.

El presente estudio se basa en ayudar a entender cómo las radiaciones electromagnéticas afectan al entorno y al organismo, por lo cual se realiza un análisis teórico y pruebas experimentales de mucha importancia.

Según estudios efectuados, no se encuentran datos sobre cómo afectan las radiaciones electromagnéticas a la saturación del organismo, es por esta razón que se realiza este proyecto para tomar precauciones sobre este tema.

Gracias al Oxímetro de Pulso se pudo recopilar diferentes datos para luego compararlos entre los parámetros.

Los datos obtenidos brindaron la ayuda para hacer conciencia el momento de utilizar una PC y de tomar las respectivas precauciones para evitar tener problemas en la oxigenación de la sangre.

1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

El presente trabajo consta de un objetivo general y varios objetivos específicos que en base al estudio del problema se planteó:

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la interacción o la influencia de las radiaciones electromagnéticas de bajas y altas frecuencias al momento que una persona utilizar una PC en un intervalo de tiempo determinado.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ✓ Medir el nivel de campo electromagnético producido por la PC en determinado tiempo.
- ✓ Medir el nivel de campo electromagnético producido por la PC en determinada frecuencia.
- ✓ Medir el nivel de oxigenación del organismo en las personas que han operado la PC.
- ✓ Comparar los niveles encontrados en cada una de las personas sometidas a la medición del oxímetro de pulso y a las diferentes frecuencias y tiempos.
- ✓ Comprobar si la ondas emitidas por la PC afectan el organismo y al cuerpo directamente.

- ✓ Verificar en que magnitud afectan los resultados encontrados en las múltiples mediciones realizadas.

1.5 HIPÓTESIS

1.5.1 HIPÓTESIS DE INVESTIGACION

- ✓ Aquellas personas que están expuestas a RNI durante un intervalo de tiempo, de seis minutos, tendrán un aumento en su batimiento cardiaco.
- ✓ Aquellas personas que están expuestas a RNI durante un intervalo de tiempo, de seis minutos, tendrán una disminución en la oxigenación de la sangre.

1.5.2 HIPÓTESIS NULA

- ✓ Aquellas personas que están expuestas a RNI durante un intervalo de tiempo, de seis minutos, no tendrán un aumento en su batimiento cardiaco.
- ✓ Aquellas personas que están expuestas a RNI durante un intervalo de tiempo, de seis minutos, no tendrán una disminución en la oxigenación de la sangre.

1.6. RESULTADOS ESPERADOS

- ✓ Aplicación de teoría electromagnética para poder medir las ondas de alta y baja frecuencia.
- ✓ Aprender el manejo del oxímetro de pulso, al momento de trabajar frente a una PC.
- ✓ Aplicación de las matemáticas estadísticas, para relacionar los valores variables encontrados en las mediciones.
- ✓ Las personas podrán descubrir si la interacción con su PC le puede causar inconvenientes en su salud.

- ✓ El proyecto va a motivar a los estudiantes a que se enfoquen en la investigación sobre Campos Electromagnéticos, debido a que podrían afectar en su vida cotidiana.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2. MARCO TEORICO

CEM que no es otra cosa que las siglas de los Campos Electromagnéticos, son campos físicos de tipo tensorial. Se producen por elementos cargados eléctricamente, se encuentran presentes en cualquier lugar, puesto que en los trabajos, hogares y centros de aprendizaje existen dichos elementos, los cuales dan paso a las radiaciones no ionizantes también conocidas como RNI.

Por esta razón, se realizará una investigación técnica y de análisis estadístico, de los datos recolectados de la oxigenación de la sangre y los latidos cardiacos, en la interacción entre el hombre y la PC, la cual se llevará a cabo en uno de los laboratorios de computación de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, para esto se escogerá 24 alumnos de la carrera de Ingeniería en Informática, se conoce que la PC, emite ondas electromagnéticas menores a la frecuencia industrial permitida de 60 Hz. Es una frecuencia extremadamente baja (banda ELF), aunque está comprobado mundialmente que esta frecuencia no es dañina y no afecta al organismo.

Efectos que causan los CEM no ionizantes en el cuerpo humano

En la última década ha surgido el interés por los efectos biológicos, y de las consecuencias que podrían acarrear para el organismo humano, la exposición ante los campos magnéticos y eléctricos de menor intensidad, diversos análisis muestran el impacto potencial que los campos magnéticos y eléctricos pueden causar en la salud de las personas, como por ejemplo cáncer, traumas y alteraciones neurológicas(Abernathy CO, Roberts WC, 2010).

Es por ello que el estudio se basó en mediciones de 24 personas en las mismas circunstancias y condiciones, se ha tomado en cuenta diferentes parámetros los cuales serán los mismos en cada participante, como por ejemplo: en el mismo lugar, la misma hora, el mismo tiempo, la misma temperatura y con la misma humedad, lo que si varía es la medida del Campo Electromagnético.

El uso amplio de las fuentes de los CEM ha sido acompañado por el debate público acerca de los posibles efectos adversos sobre la salud humana. Como parte de su estatuto para proteger la salud pública y en respuesta a estas preocupaciones, la Organización Mundial de la Salud (OMS) estableció el Proyecto Internacional CEM para evaluar la evidencia científica de los posibles efectos a la salud de los CEM en el rango de frecuencia de 0 a 300 GHz(OMS, 2005).

Los campos electromagnéticos y las radiaciones no ionizantes, no pueden ionizar un cuerpo, por su bajo nivel de energía, esta característica les resta peligrosidad, pero con esa energía sí, podría tener relación con el sistema biológico de los seres humanos y puede causar cambios en el organismo, muchas veces estos cambios son insignificantes e invisibles a simple vista, y esto luego de un tiempo determinado podría causar consecuencias irreversibles por su alta peligrosidad.

Estas son las razones por las cuales, realizar estas mediciones será de suma importancia, ya que serán de mucha ayuda a los seres humanos, para tomar correctivos en el tiempo que se trabaja en frente de una PC, ya que la tecnología avanza cada día y todas las personas tienen a su alcance un Computador, puesto que el internet ya se ha convertido en una necesidad básica. Por lo tanto, las autoridades competentes deberían brindar charlas sobre las que seguridades se deben tomar en cuenta al momento de la interacción Humano-PC, más que todo en niños y en personas mayores, ya que en ellos el sistema biológico es más débil que el de una persona Joven-Adulta (García S, 2005).

En el país, existe una entidad reguladora, la cual impone niveles y reglamentos los cuales se deben regirnos y respetar, este es el Ministerio del Ambiente, esta entidad se encarga de desarrollar la administración y gestión del Espectro Electromagnético y de supervisar los diversos sistemas de comunicaciones en el Ecuador.

2.1 ANTECEDENTES

2.1.1 HISTÓRICOS

Las primeras investigaciones de monitoreo de campos electromagnéticos comenzaron en los años setenta entrando a los ochenta, donde dos científicos investigadores de Denver en los Estados Unidos, habían realizado un estudio en las personas sobre los cambios epidemiológicos que éstas tenían, es ahí cuando les surgió la hipótesis de que, estar expuestos a ondas de baja frecuencia, es decir cerca de las líneas de energía eléctrica de alta tensión, sería el motivo principal.

Diversas investigaciones indican un aumento de las tasas de mortalidad por leucemia en profesionales relacionados con el trabajo en campos electromagnéticos y en niños que habitan casas cercanas a tendidos de alta tensión. El gobierno de Suecia, basándose en las investigaciones de Lenmarn Tomenius, ha reconocido en su legislación la incidencia de los campos electromagnéticos generados por las líneas de alta tensión en la estadística de los casos de leucemia infantil.

En 1974, a raíz de las investigaciones de V. P. Korobkova, la Unión Soviética dicta una ley según la cual las líneas de alta tensión que generen campos de más de 25 Kv/m deben situarse a una distancia mínima de 110 metros de cada edificación.

En Alemania, el ingeniero Egon Eckert probó que la mayoría de los casos de muerte súbita de lactantes se produce en la cercanía de vías electrificadas, emisoras de radio, radar o líneas de alta tensión.

En 1979 la epidemióloga estadounidense Nancy Wertheimer provocó un escándalo al evidenciar estadísticamente que la mayoría de los hogares de Denver donde residían niños afectados de cáncer estaban expuestos a fuertes campos electromagnéticos provenientes de los transformadores y líneas primarias del tendido eléctrico callejero (Bueno M, 2010).

También se ha detectado una mayor incidencia de nacimientos de niños con malformaciones en hijos de trabajadores en unidades de conmutación eléctrica, así como abortos y alteraciones de la gestación ligados al uso de mantas eléctricas y computadoras. La Universidad de Heidelberg, Alemania, ha demostrado que los cables

eléctricos de 220 voltios y 50 Hz instalados en viviendas generan campos que elevan la presión parcial de oxígeno en la sangre, así como los valores del hematocrito (García S S. , 2005).

Teniendo en cuenta que la actividad eléctrica cerebral del ser humano manifiesta una periodicidad que va de 14 a 50 Hz en el estado de conciencia de vigilia y entre 8 y 14 si se está relajado, se deduce que un campo externo de 50 Hz como el de la red eléctrica común puede inducir estados de nerviosidad o como se le ha dado en llamar "electro estrés".(Becker R, 1998)

En Argentina, un trabajo de investigación exhaustivo en este campo ha sido llevado a cabo por el CONICET. En un informe publicado por el Centro de Divulgación Científica de la Facultad de Farmacia y Bioquímica, el Prof. Adolfo Pórtela declara que la zona de mayor riesgo en el rango de radiofrecuencias está entre los 30 y los 300 MHz, la más utilizada en enlaces de telecomunicación de corta distancia, las emisoras de TV y FM y la telefonía celular. La exposición severa a estas radiaciones afecta principalmente la vista, el sistema nervioso central, el hígado y las glándulas de secreción interna. Actualmente se pretende bajar la potencia de estas emisiones aumentando la sensibilidad de las antenas(Purcell E, 1963).

En Lima, Perú en el año 2009 con la ayuda de un medidor de campos magnéticos se determinó la cantidad de radiación magnética generado 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. Se registró que en oficinas por el uso de la computadora, los niveles de exposición eran mayores a los residenciales de $0.08\mu\text{T}$. Se midió también en un laboratorio en donde había equipos eléctricos, llegando picos de hasta 0.7 y $0.9\mu\text{T}$ (Lövsund P. K., 2005).

Una nueva investigación publicada en Archives of Environmental and Occupational Health, evaluó cinco laptops comúnmente utilizadas de diferentes marcas. Después de medir la exposición de los campos electromagnéticos producidos (EMF por sus siglas en inglés), los investigadores descubrieron que los valores de los campos electromagnéticos estuvieron dentro de las directrices planteadas por la International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, pero “considerablemente más

elevados que los valores recomendados por 2 directrices recientes sobre las emisiones de los campos electromagnéticos de los monitores de las computadoras, MPR II (Swedish Board for Technical Accreditation) y TCO (Swedish Confederation of Professional Employees), y estos lo consideraron riesgosos para el desarrollo de tumores (Mercola R, 2012)

Además observaron que los valores de EMF fueron más alarmantes cuando las computadoras portátiles eran usadas cerca del cuerpo:

“Al estar cerca de su cuerpo, la laptop induce corrientes que están dentro de las recomendaciones del ICNIRP de 34.2% hasta 49.8%, pero no insignificantes en los adultos y fetos, por el contrario, la fuente de alimentación induce fuertes corrientes eléctricas intracorporales en el feto y en el adulto, que son, respectivamente, 182-263% y 71-483% superior a la restricción básica recomendada de ICNIRP 98 para prevenir efectos adversos en la salud.” (Mercola R, 2012)

Esto permitió que ellos concluyeran: “El regazo es paradójicamente un sitio impropio para el uso de Laptop, que debería ser consecutivamente recordado para no inducir un uso inadecuado por los usuarios.”

2.1.2 Legales.

Existen diversos organismos internacionales, los cuales cuentan con la experiencia y autoridad para marcar parámetros, niveles y restricciones para la exposición ante los Campos Electromagnéticos. En el país se acata un organismo a nivel internacional y un organismo a nivel nacional, a continuación se los dará a conocer.

2.1.2.1 ICNIRP-1998.

Cada país establece sus propias normas nacionales relativas sobre exposición a campos electromagnéticos. Sin embargo, la mayoría de estas normas nacionales se basan en las recomendaciones de la ICNIRP como sus siglas en inglés lo indican “International Commission on Non Ionizing Radiation Protection”.

En 1974, la Asociación Internacional para la Protección contra la Radiación (IRPA) formó un grupo de trabajo para Radiaciones No-Ionizantes, el cual examinó los problemas suscitados en el campo de la protección contra los varios tipos de Radiaciones No-Ionizantes (RNI).

En cooperación con la División de Salud Ambiental de la Organización Mundial de la Salud (OMS), la IRPA/ INIRC desarrolló un número de documentos sobre criterios de salud en relación a las RNI, como parte del Programa de Criterios de Salud Ambiental de la OMS, auspiciado por Programa de Naciones Unidas para el Ambiente (UNEP). Cada documento incluye una visión panorámica de las características físicas, mediciones e instrumentación, fuentes, y aplicaciones de las RNI, una revisión total de la literatura sobre los efectos biológicos y una evaluación de los riesgos a la salud provenientes de la exposición a las RNI. Estos criterios de salud han proveído la base de datos científica para el subsiguiente desarrollo de los límites de exposición y los códigos de práctica relacionados a las RNI. (Olmedo B, 2005)

En el Octavo Congreso Internacional de la IRPA (Montreal, Mayo 18-22, 1992), fue establecida una nueva organización científica independiente- la Comisión Internacional para la Protección contra las Radiaciones No-Ionizantes (ICNIRP) como sucesora de la IRPA/INIRC. Las funciones de la Comisión son investigar los peligros que pueden ser asociados con las diferentes formas de RNI, El principal objetivo de esta publicación es establecer recomendaciones para limitar la exposición a los CEM con el objetivo de proveer protección contra efectos adversos a la salud, conocidos.

Un efecto adverso a la salud causa un deterioro detectable de la salud de los individuos expuestos o sus descendencia; un efecto biológico, por otro lado, puede o no puede resultar en un efecto adverso a la salud.

Esta organización no gubernamental, reconocida formalmente por la OMS, evalúa los resultados de estudios científicos realizados en todo el mundo. Basándose en un análisis en profundidad de todas las publicaciones científicas, la ICNIRP elabora unas directrices en las que establece límites de exposición recomendados.

Estas directrices se revisan periódicamente y, en caso necesario, se actualizan. La relación entre la intensidad de los campos electromagnéticos y la frecuencia es compleja. Una relación de todos los valores de todas las normas correspondientes a todas las frecuencias sería difícil de comprender.

El siguiente cuadro resume los límites de exposición recomendados correspondientes a los tipos de tecnologías que han causado preocupación en la sociedad: la electricidad en el hogar, las estaciones base de telefonía móvil y los hornos de microondas. La última actualización de estas directrices se realizó en abril de 1998 (Purcell E, 1963).

Resumen de los límites de exposición recomendados por la ICNIRP

	Frecuencia de la red eléctrica europea	Frecuencia de estaciones base de telefonía móvil		Frecuencia de los hornos de microondas	
Frecuencia	50 Hz	50 Hz	900 MHz	1,8 GHz	2,45 GHz
	Campo eléctrico (V/m)	Campo magnético (μT)	Densidad de potencia (W/m ²)	Densidad de potencia (W/m ²)	Densidad de potencia (W/m ²)
Límites de exposición para la población	5 000	100	4,5	9	10
Límites de exposición ocupacionales	10 000	500	22,5	45	

Tabla 1: Límites de exposición recomendados por la ICNIRP

Fuente: ICNIRP, CEM guidelines, Health Physics 74, 494-522 (1998)

Fuente	Exposición máxima típica de la población	
	Campo eléctrico (V/m)	Densidad de flujo magnético (μT)
Campos naturales	200	70 (campo magnético terrestre)

Propiedades de la exposición	Categoría de frecuencias	Intensidad de Corriente en cabeza y tronco	SAR total en el cuerpo (Wkg -1)	SAR ubicado cabeza y tronco	SAR ubicado extremidades (Wkg -1)
------------------------------	--------------------------	--	---------------------------------	-----------------------------	-----------------------------------

Red eléctrica (en hogares que no están próximos a líneas de conducción eléctrica)		100		0,2	
Red eléctrica (bajo líneas principales de conducción eléctrica)		10 000		20	
Trenes y tranvías eléctricos		300		50	
Pantallas de televisión y computadora (en la posición del usuario)		10		0,7	
		Exposición máxima típica de la población (W/m ²)			
Transmisores de televisión y radio				0,1	
Estaciones base de telefonía móvil				0,1	
Radares				0,2	
Hornos de microondas				0,5	

Tabla 2 Limitaciones básicas para exposiciones a campos eléctricos y magnéticos en frecuencias hasta 10GHz

Fuente: ICNIRP

		(mA m-2) (rms)		(Wkg -1)	
Ocupacional	hasta 1 Hz	40	-	-	-
	1 - 4 Hz	40/f	-	-	-
	4 Hz - 1 KHz	10	-	-	-
	1 - 100 kHz	F/100	-	-	-
	100 KHz - 10 MHz	F/100	0.4	10	20
	10 MHz - 10 GHz		0.4	10	20
Público en general	hasta 1 Hz	8	-	-	-
	1 - 4 Hz	8/f	-	-	-
	4 Hz - 1 KHz	2	-	-	-
	1 - 100 kHz	F/500	-	-	-
	100 KHz - 10 MHz	F/500	0.08	2	4
	10 MHz -GHz		0.08	2	4

Tabla 3 Nivel referencial para exposición ocupacional a campos eléctricos y magnéticos

Fuente: ICNIRP

Categoría de Frecuencias (MHz)	Flujo de campo eléctrico (Vm ⁻¹)	Magnitud de campo Magnético (Am ⁻¹)	Concentración de Flujo Magnético (μT)	Concentración de energía (Wm ⁻²)
hasta 1 MHz	-	$1.63 * 10^5$	$2 * 10^5$	-
1 - 8 Hz	20000	$1.63 * 10^5 / f^2$	$2 * 10^5 / f^2$	-
8 - 25 Hz	20000	$2 * 10^4 / f$	$2.5 * 10^4 / f$	-
0.025 - 0.82 KHz	500 / f	20 / f	25 / f	-
0.82 -65 KHz	610	24.4	30.7	-
0.065 - 1 MHz	610	1.6 / f	2 f	-
1 - 10 MHz	610 / f	1.6 / f	2 / f	-
10 - 400 MHz	61	0.16	0.2	10
400 - 2000 MHz	$3 f^{0.5}$	$0.008 f^{0.5}$	$0.01 f^{0.5}$	f / 40
2 - 300GHz	137	0.36	0.45	50

Tabla 4 Nivel referencial para exposición poblacional a campos eléctricos y magnéticos

Fuente: ICNIRP

Categoría de Frecuencias	Flujo de campo eléctrico (Vm^{-1})	Magnitud de campo Magnético (Am^{-1})	Concentración de Flujo Magnético (μT)	Concentración de potencia (Wm^{-2})
hasta 1 MHz	-	$3.2 * 10^4$	$4 * 10^{-5}$	-
1 - 8 Hz	10000	$3.2 * 10^4 / f^2$	$4 * 10^4 / f^2$	-
8 - 25 Hz	10000	$4000 / f$	$5000 / f$	-
0.025 - 0.8 KHz	$250 / f$	$4 / f$	$5 / f$	-
0.8 - 3 KHz	$250 / f$	5	6.25	-
3 - 150 MHz	87	5	6.25	-
0.15 - 1 MHz	87	$0.73 / f$	$0.92 / f$	-
1 - 10 MHz	$87 / f^{0.5}$	$0.73 / f$	$0.92 / f$	-
10 - 400 MHz	28	0.073	0.092	2
400 - 2000 MHz	$1.375 f^{0.5}$	$0.0037 f^{0.5}$	$0.0046 f^{0.5}$	$f / 200$
2 - 300GHz	61	0.16	0.2	10

Tabla 5 Términos máximos de Exposición para fuentes de Radiocomunicaciones (3KHz – 300GHZ)

Fuente: ICNIRP

Muestra de Exposición	Categoría de frecuencia	Magnitud de Campo Eléctrico (V/M)	Magnitud de campo Magnético H (A/M)	Concentración de flujo Magnético (μT)	Concentración de potencia de onda plana equivalentes S (W/M^2)
Ocupacional	3 - 65 kHz	610	24.4	30.7	-
	0.065 - 1 MHz	610	$1.6 / f$	$2.0 / f$	-
	1 - 10 MHz	$610 / f$	$1.6 / f$	$2.0 / f$	-
	10 - 400 MHz	61	0.16	0.2	10
	400 - 2000 MHz	$3 f^{1/2}$	$0.008 f^{1/2}$	$0.01 f^{1/2}$	$f / 40$
	2 - 300 GHz	137	0.36	0.45	50
Publico general	3 - 150 kHz	87	5	6.25	-
	0.15 - 1 MHz	87	$0.73 / f$	$0.92 / f$	-
	1 - 10 MHz	$87 / f^{1/2}$	$0.73 / f$	$0.92 / f$	-
	10 - 400 MHz	28	0.073	0.092	2
	400 - 2000 MHz	$1.375 f^{1/2}$	$0.0037 f^{1/2}$	$0.0046 / f^{1/2}$	$f / 200$
	2 - 300 GHz	61	0.16	0.2	10

Tabla 6 Nivel referencial para restringir la exposición de 60 Hz ELF para líneas de alta tensión

Fuente: ICNIRP

Voltaje (kV)	Magnitud Campo Eléctrico (E) (VM⁻¹)	Concentración de Flujo Magnético (B) (μT)	Extensión de la franja de Servidumbre (M)
230	4167	83	30
138	4167	83	20
69	4167	83	16

Tabla 7 Limitación básica para exposiciones a campos magnéticos y eléctricos de 60 HZ ELF.

Fuente: ICNIRP

Modelo de Exposición	Magnitud Campo Eléctrico (E) (VM⁻¹)	Magnitud Campo Magnético (H) (AM⁻¹)	Concentración de Flujo Magnético (B) (μT)
Población General	4167	67	83
Población Ocupacional	8333	333	417

Tabla 8 Intensidades de campo eléctrico ELF monitoreadas en los electrodomésticos

Fuente: ICNIRP

Electrodomésticos	Magnitud Campo Eléctrico (V/m)
Radio Receptor	180
Plancha	120
Nevera	120
Mezcladora	100
Tostador	80
Secador de cabello	80
Televisión	60
Estafermo eléctrica	60
Aspirador	50
Microondas	8
Lámpara	5
Valor Limite sugerido	5000

Tabla 9 Magnitudes de campo magnético de electrodomésticos a distintas distancias
Fuente: ICNIRP

Instrumento Eléctrico	Distancia de 3 cm (μT)	Distancia de 30 cm (μT)	Distancia de 1 m (μT)
Secador de cabello	6 2000	0.01 7	0.01 0.03
Afeitadora	15 1500	0.08 9	0.01 0.03
Aspirador	200 800	2 20	0.13 2
Lámpara	40 400	0.5 2	0.02 0.25
Microondas	73 200	4 8	0.25 0.6
Equipo de radio	16 56	1	0.01
Tostador	1 50	0.15 0.5	0.01 0.04
Lavadero	0.8 50	0.15 3	0.01 0.15
Plancha	8 30	0.12 0.3	0.01 0.03
Escoria	3.5 20	0.6 3	0.07 0.3
PC	0.5 30	0.01	
Nevera	0.5 1.7	0.01 0.25	0.01
Televisión	2.5 50	0.04 2	0.01 0.15

Tabla 10 Términos de exposición recomendados por la ICNIRP

Fuente: Oficina federal alemana de seguridad radiológica (Bundesamt für Strahlenschutz, BfS), 1999

Sistema eléctrico 60 Hz		
Patrón	Campo Eléctrico (V/m)	Campo Magnético (μT)
Exposición poblacional	5000	100
Exposición ocupacionales	10000	500

Tabla 11 Nivel de exposiciones en el domicilio y en el centro ambiental

Fuente: ICNIRP

Exposición límite en la población		
Unidad	Campo Eléctrico (V/m)	Concentración de flujo magnético(μT)
Terrenos naturales	200	70(campo magnético terrestre)
Sistema Eléctrico en casas apartados a las líneas eléctricas	10000	0,2
Sistema Eléctrico en casas próximos a las líneas eléctricas	10000	20
Pantalla de TV y PC	10	0.7
Exposición límite en la población (W/m ²)		
Emisiones de TV y radio	0.1	
Terminal base de telefonía móvil	0.1	
Radares	0.2	
Hornos microondas	0.5	

Tabla 12 Nivel de exposiciones en el domicilio y en el centro ambiental

Fuente: ICNIRP

Las diversas restricciones que se indicaron fueron basadas en diversas recomendaciones, luego de recolectar datos científicos, del conocimiento adquirido hasta aquel momento, cabe recalcar que dichas restricciones no nos protegen adecuadamente y completamente ante las radiaciones no ionizantes, las cuales varían dependiendo del lugar y el tiempo. Las clases de recomendaciones son:

Restricciones Básicas: Evitar exponerse directamente ante los campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos presentes en distintos lugares y tiempos, para no exponer nuestro sistema biológico a alteraciones, dichas restricciones se basan en efectos en la salud.

Niveles de Referencia: Se podría decir también que es el nivel tope, dichos niveles se proporcionan con el objetivo de evaluar las exposiciones, para así poder determinar si las restricciones básicas han excedido en su magnitud.

2.1.2.2 MINISTERIO DEL AMBIENTE.

Durante el año 2005, elaboró para el Ministerio del Ambiente del Ecuador, con el auspicio del Banco Interamericano de desarrollo (BID), los parámetros y normativas técnicas en el ámbito ambiental para la prevención y control de las contaminaciones, para diversos sectores de infraestructura tales como: Electricidad, Electrónica y Telecomunicaciones.

El Ministerio del Ambiente, en concordancia con lo estipulado por el pueblo ecuatoriano en la Constitución de la República del Ecuador de 2008, velará por un ambiente sano, el respeto de los derechos de la naturaleza o pacha mama. Garantizando un desarrollo sustentable en el ambiente y así poder asegurar el buen estado del ecosistema del país y la salud de las personas siempre se verá priorizada ante cualquier irrespeto ante las normas y los niveles emitidos por esta entidad(Aguilar G, 2001).

Es el organismo ecuatoriano que se encarga de la administración y regulación, desde el punto de vista técnico, del espectro electromagnético, para que exista una operación óptima de las empresas de telecomunicaciones que trabajan en el país, también emite normas, las cuales sí son acatadas, se puede evitar que las radiaciones no ionizantes de baja frecuencia 60Hz causen alguna anomalía en el sistema biológico de las personas, según lo dicho en la resolución del Ministerio del Ambiente, el 14 de Marzo del 2007 publicada en el Registro Oficial #155, donde detalla todo lo concerniente al estudio e investigación de radiaciones no ionizantes de baja frecuencia 60Hz, donde indica que la empresa que realizará el estudio es la CONELEC y de acuerdo con un formato preestablecido por la SUPERTEL, esta entidad mediante informes, dictaminará resultados de mediciones de campo eléctricos y magnéticos, una vez analizados dichos resultados se determinará: metodología de disminución de la exposición de CEM, asignar limitaciones a los niveles poblacionales de RNI, asignar elementos y equipos para el monitoreo y medición, medidas de protección, entre otros parámetros.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Campo Magnético.

Un campo magnético es un campo de fuerza (denominadas magnéticas) creado como consecuencia del movimiento de cargas eléctricas (flujo de la electricidad), Lo definiremos en función de la fuerza sobre la carga, más conocida como la ley de las fuerzas de Lorentz.

Al igual que el campo eléctrico también es un campo vectorial, pero que no produce ningún efecto sobre cargas en reposo. Por esta razón el campo magnético tiene influencia sobre cargas eléctricas en movimiento.

Si una carga en movimiento atraviesa un campo magnético, la misma sufre la acción de una fuerza (denominada fuerza magnética). Esta fuerza no modifica el módulo de la velocidad pero sí la trayectoria (ver fuerza magnética). Sobre un conductor por el cual

circula electricidad y que se encuentra en un campo también aparece una fuerza magnética.

La unidad SI para el campo magnético es el Tesla, que se puede ver desde la parte magnética de la ley de fuerza de Lorenz, $F_{\text{magnética}} = qvB$, que está compuesta de (Newton x segundo)/(Culombio x metro). El Gauss (1 Tesla = 10.000 Gauss) es una unidad de campo magnético más pequeña. El flujo decrece con la distancia a la fuente que provoca el campo.

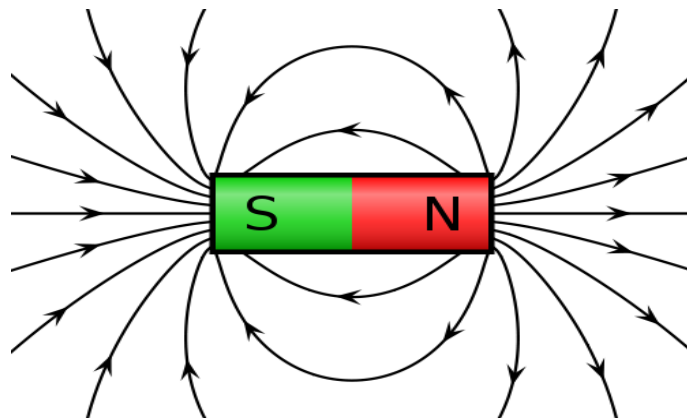


Figura No 1 Unidad SI para el Campo Magnético es Tesla
Fuente: Diseño de Tesis

2.2.1.1 Características del Campo Magnético.

- Imanes naturales producen campo magnético.
- En los imanes las líneas de fuerza salen del polo Norte al polo Sur.
- Campo Magnético se genera por cargas en movimiento.
- La intensidad del campo magnético con respecto a la distancia se determina con la configuración exacta de los hilos conductores.

2.2.1.2 Tipos de Campo Magnético.

- El campo magnético terrestre.
- El campo producido por un imán de cualquier tipo.

- El campo producido por una carga en movimiento.
- El campo creado por una corriente eléctrica que circula por un conductor.

2.2.1.3 Historia del Campo Electromagnético.

- Willian Gilbert sugirió que la tierra se comportaba como un gigantesco imán en 1600.
- Se cree que en el siglo XIII a.c. ya se utilizaba la aguja magnética.
- 800 a.c. en Grecia, ya se sabía que la magnetita atraía fragmentos de hierro.
- Biot y Savart, al realizar experimentos, calcularon como una corriente causaba un campo magnético.
- Andre-Marie Ampere descubrió los efectos de las Corrientes eléctricas sobre las brújulas.

2.2.2 Campo Eléctrico.

Una propiedad del espacio mediante la cual “se propaga” la interacción entre cargas. Una región del espacio donde existe una perturbación tal que a cada punto de dicha región le podemos asignar una magnitud vectorial, llamada intensidad de campo eléctrico E .

La intensidad de campo eléctrico en un punto se define como la fuerza que actúa sobre la unidad de carga situada en él. Si E es la intensidad de campo, sobre una carga Q actuará una fuerza.

El campo eléctrico se define como la fuerza eléctrica por unidad de carga. La dirección del campo se toma como la dirección de la fuerza que ejercería sobre una carga positiva de prueba. El campo eléctrico está dirigido radialmente hacia fuera de una carga positiva y radialmente hacia el interior de una carga puntual negativa.

El vínculo que existe entre una carga y otra es lo que produce un campo eléctrico lo cual determina la interacción entre ambas y las fuerzas ejercidas. Tiene carácter vectorial y se representa por medio de líneas de campo. Si la carga es positiva, el campo eléctrico es radial y saliente a dicha carga. Si es negativa es radial y entrante.

Al existir una carga sabemos que hay un campo eléctrico entrante o saliente de la misma, pero éste es comprobable únicamente al incluir una segunda carga (denominada carga de prueba) y medir la existencia de una fuerza sobre esta segunda carga (Becker R, 1998).

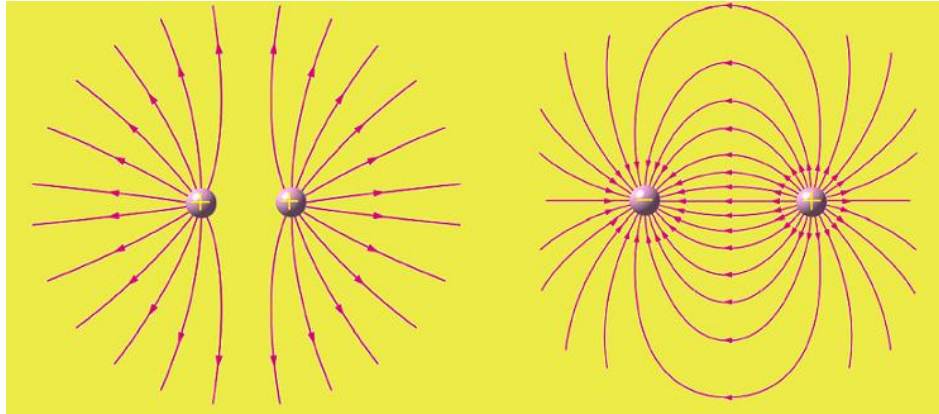


Figura No 2 Campo Eléctrico
Fuente: Electromagnetismo de Becker, 1998

2.2.2.1 Características del Campo Eléctrico

- El campo eléctrico es 0 en el interior de un conductor.
- El cuadrado de las distancias, hace que el campo magnético producido por las cargas estáticas disminuya.
- Signos opuestos se atraen y cargas iguales se repelen.
- Las cargas estáticas y en movimiento generan campos electromagnéticos, pero de distintas características.
- En un conductor con cargas eléctricas, las mismas se encuentran en la superficie

2.2.2.2 Tipos del Campo Eléctrico.

- Fuerza de atracción de un campo eléctrico negativo.
- Dipolo eléctrico: es un sistema de dos cargas de signos opuestos e igual magnitud cercanas entre sí.

- En este los campos eléctricos son positivos los dos y no hace que se atraigan.

2.2.3 Campo Electromagnético CEM.

Campos eléctricos tienen su origen en diferencias de voltaje: entre más elevado sea el voltaje, más fuerte será el campo que resulta.

Campos magnéticos tienen su origen en las corrientes eléctricas: una corriente más fuerte resulta en un campo más fuerte. Un campo eléctrico existe aunque no haya corriente. Si hay corriente, con el consumo de poder la magnitud de campo magnético cambiará, pero la fuerza del campo eléctrico quedará igual.

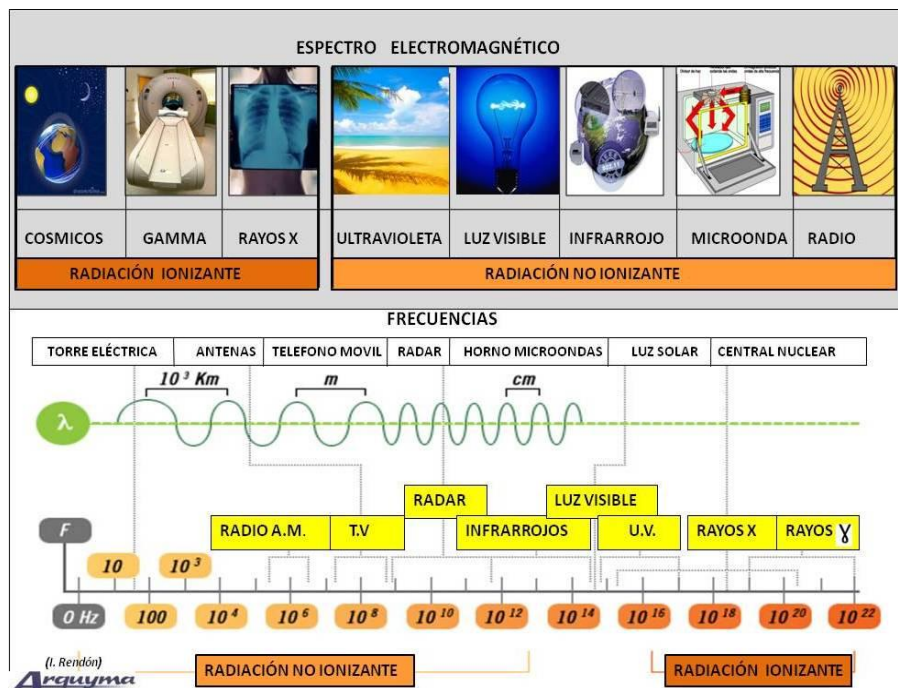


Figura No 3 Espectro Electromagnético

Fuente: Diseño de Tesis

2.2.3.1 Campos Electromagnéticos por su fuente.

Fuentes naturales de campos electromagnéticos. - En el tiempo y medio en que vivimos, existen campos electromagnéticos en cualquier lugar, invisibles ante la vista del ser humano, creados por diferentes factores. Los campos eléctricos se producen por

acumulación de cargas eléctricas, en determinadas zonas de la atmósfera por efecto de tormentas. La orientación de las agujas de los compases en dirección Norte-Sur, es provocada por el campo magnético terrestre, los peces y los pájaros la utilizan para orientarse (GIL P - LOYZAGA, 2009).

CEM Naturales

El sol

Campo Magnético Terrestre

Rayos

Aurora boreal

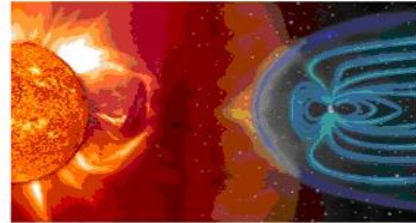


Figura No 4 Fuentes Naturales de Campos Electromagnéticos

Fuente: http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/es/campos-electromagneticos07/glosario/abc/campo-electromagnetico.htm

Campos Electromagnéticos por su fuente.

Fuentes naturales de campos electromagnéticos

Existen dos tipos de campos en el espectro electromagnético, los cuales son: campos de fuentes naturales y los campos de fuentes generadas por el hombre. Para diagnosticar alguna ruptura de huesos en el esqueleto humano se utilizan los rayos x, que son emitidos por una máquina creada por el hombre, un ejemplo de campos electromagnéticos de baja frecuencia es la electricidad que surge de los tomacorrientes. Además, diversos tipos de ondas de radio de frecuencia más alta se utilizan para transmitir información, ya sea por medio de antenas de televisión, estaciones de radio o estaciones base de telefonía móvil.

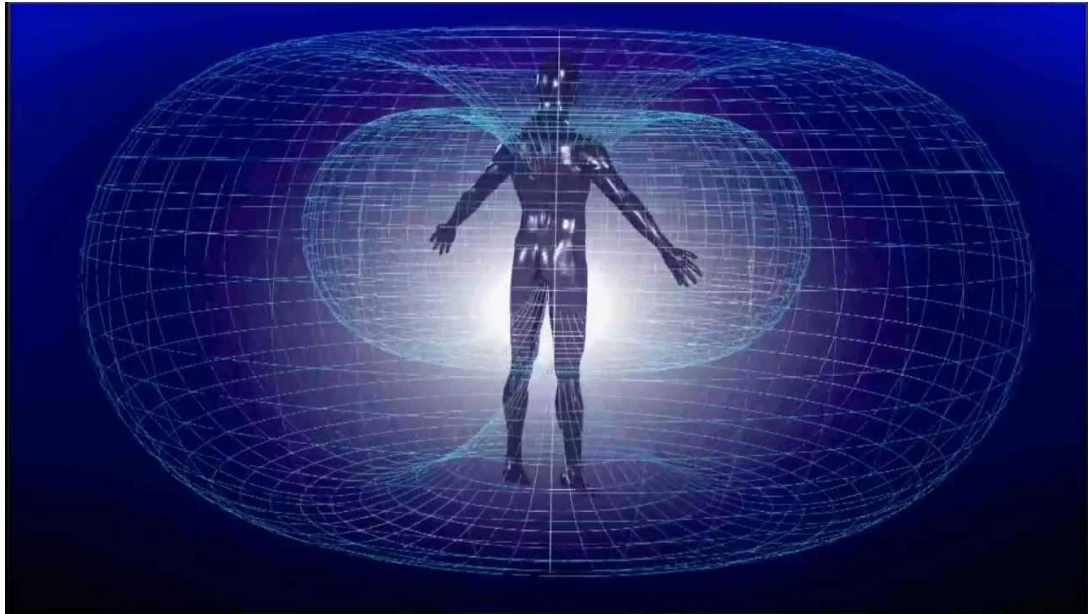


Figura No 5 Fuentes de Campos Electromagnéticos generados por el hombre

Fuente: http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/es/campos-electromagneticos07/glosario/abc/campo-electromagnetico.htm

2.2.3.2 Campos Electromagnéticos de baja frecuencia ELF.

Si se presentan cargas eléctricas positivas o negativas, se producen campos eléctricos los cuales aplican fuerzas sobre las otras cargas presentes en el campo. La intensidad del campo se mide en (V/m) voltios sobre metros. Cualquier conductor eléctrico que se encuentra eléctricamente cargado, genera un campo eléctrico asociado, que está activo así no este fluyendo una corriente eléctrica en él, a mayor tensión, mayor será la intensidad de campo eléctrico a una determinada distancia de conductor.

Los campos eléctricos son más intensos cuanto menor es la distancia a la carga o conductor cargado que los genera y su intensidad disminuye rápidamente al aumentar la distancia. Los materiales conductores, como los metales, proporcionan una protección eficaz contra los campos magnéticos. Otros materiales, como los materiales de construcción y los árboles, presentan también cierta capacidad protectora. Por consiguiente, las paredes, los edificios y los árboles reducen la intensidad de los campos eléctricos de las líneas de conducción eléctrica situadas en el exterior de las casas.

Cuando se encuentran enterradas las líneas de conducción eléctrica, se evita que se sientan los campos eléctricos en la superficie(Solano, 2014).

El movimiento de las cargas eléctricas origina los campos magnéticos. La intensidad de los campos magnéticos se mide en (A/m) amperios sobre metros, aunque comúnmente en las investigaciones científicas sobre campo electromagnético, frecuentemente se hace referencia a una magnitud relacionada, la densidad de flujo (en micro tesla, μT). A diferencia de los campos de los campos eléctricos, los campos magnéticos se observan al poner a trabajar un aparato eléctrico y fluye corriente en el mismo. A mayor intensidad de corriente, mayor intensidad de campo magnético.

Los campos eléctricos y los campos magnéticos tienen mayor intensidad en los puntos cercanos a su origen y su intensidad decae rápidamente conforme va aumentando la distancia en que se encuentra, con respecto a la fuente. Los materiales comunes como las paredes de las casas y edificios no bloquean totalmente los campos magnéticos.

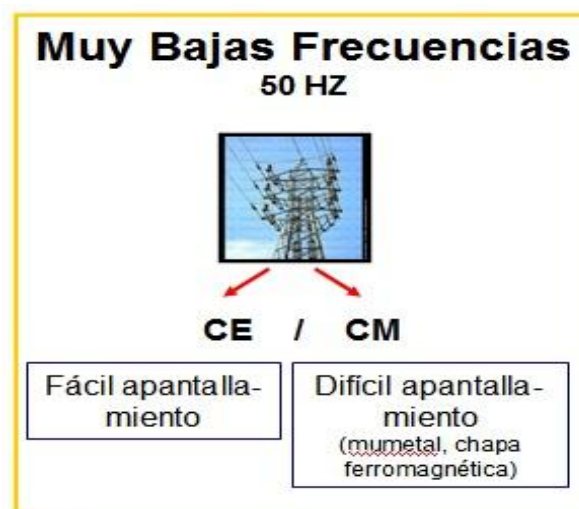


Figura No 6 Campos Electromagnéticos de baja frecuencia ELF

Fuente: http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/es/campos-electromagneticos07/glosario/abc/campo-electromagnetico.htm

2.2.3.3 CEM de alta frecuencia HF.

Los campos que se utilizan para la transmisión de información de larga distancia son los radares, electrodomésticos y transmisores los cuales producen campos de RF. Además

permite la emisión de ondas para la difusión de radio y televisión a nivel mundial, son consideradas también frecuencias altas las microondas.

Los CEM y los CM, se encuentran relacionados es por ello que sus niveles son medidos de acuerdo a la densidad de potencia en vatios por metro cuadrado (Stuchly, 1985).

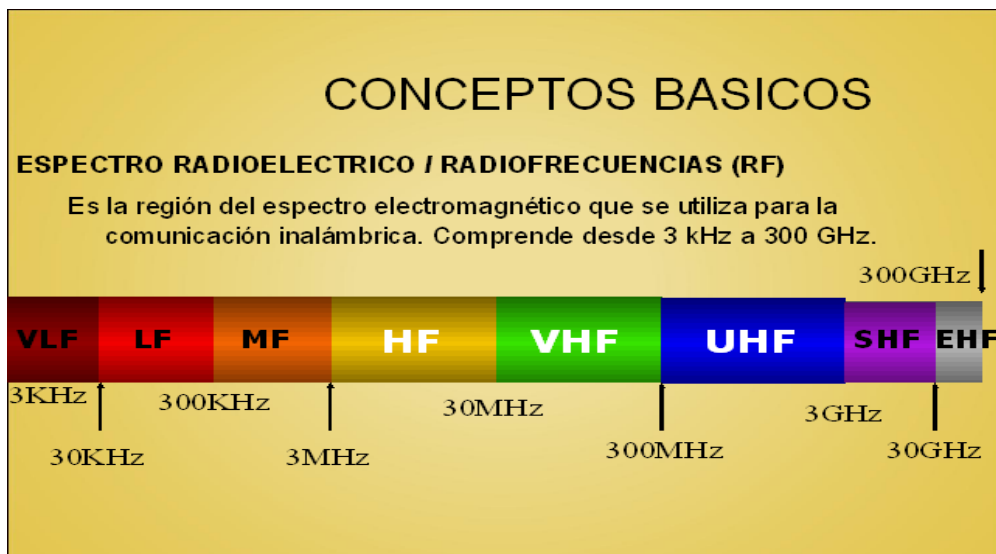


Figura No 7 Campos Electromagnéticos de la frecuencia HF
Fuente: http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/es/campos-electromagneticos07/glosario/abc/campo-electromagnetico.htm

2.2.3.4 La exposición ante los CEM y sus consecuencias

A inicios del siglo XX, la exposición de los campos magnéticos va aumentando de acuerdo a la demanda eléctrica y el avance tecnológico y el cambio que se va dando en la sociedad, principalmente en los hábitos sociales lo que produce las fuentes artificiales de los CEM. Los seres humanos quedar expuestos al surgimiento complejo de campos eléctricos y magnéticos de baja frecuencia, es decir en las casas y en los lugares de trabajo, desde los electrodomésticos y los equipos industriales, a los producidos por las ondas de telecomunicaciones y las emitidas por radio y televisión (Úbeda & Vargas, 2001).

Este fenómeno se utiliza en los hornos de microondas para calentar alimentos. Las reacciones químicas que se producen en las funciones corporales, son pequeñas descargas eléctricas que a su vez incluye por la ausencia de campos eléctricos externos, es decir que las señales son emitidas por impulsos eléctricos, la mayor parte de las reacciones químicas, se generan desde las actividades del cerebro, lo cual se produce mediante la restructuración de partículas, Con un análisis de electrocardiograma se nota las descargas que emana el corazón el cual mantiene la actividad eléctrica permanente

Ahora si referimos a CE de baja frecuencia influyen en el organismo, como en cualquier otro material formado por partículas cargadas. Una corriente se produce mediante el choque de los CE y materiales conductores, ya que la distribución de cargas eléctricas se ven afectadas, a su vez permiten la inducción de corrientes que circulan en el organismo, la intensidad con que se producen las corrientes van de la mano con el campo magnético que se genera en el exterior, es decir que cuando es demasiado potente, se estimulan los nervios y a su vez se afecta los procesos biológicos.

Las tensiones eléctricas y las corrientes que se producen en el organismo son inducidas por los CEM, es por ello que debajo de una línea de transmisión de electricidad de alta tensión las corrientes son muy pequeñas.

El calentamiento es el efecto biológico principal de los CEM en ondas de radiofrecuencia, debido a que los niveles de campos a los que las personas se exponen son menores como para que exista un calentamiento importante, eso se basa al efecto de calentamiento que genera las ondas de radio. Los investigadores en sus estudios indican que existe la posibilidad que surjan efectos a largo plazo a niveles inferiores para el calentamiento del organismo, no se han confirmado efectos adversos para la salud debido a la exposición a largo plazo a campos de baja intensidad de frecuencia de red, pero los científicos continúan investigando activamente en este terreno (Szmigielski, 2006).



Figura No 8 Campos Eléctricos de frecuencia baja

Fuente: http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/es/campos-electromagneticos07/glosario/abc/campo-electromagnetico.htm

2.2.3.5 Efectos biológicos o efectos sobre la salud.

Los efectos biológicos son respuestas mensurables a un estímulo o cambio en el medio. Estos cambios no son necesariamente perjudiciales para la salud. Por ejemplo, escuchar música, leer un libro, comer una manzana o jugar al tenis son actividades que producen diversos efectos biológicos. No obstante, no esperamos que ninguna de estas actividades produzca efectos sobre la salud. El organismo dispone de mecanismos complejos que le permiten ajustarse a las numerosas y variadas influencias del medio en el que vivimos. El cambio continuo es forma parte de nuestra vida normal, pero, desde luego, el organismo no posee mecanismos adecuados para compensar todos los efectos biológicos. Los cambios irreversibles y que fuerzan el sistema durante períodos largos pueden suponer un peligro para la salud (Becker, Electromagnetismo, (1998).).

Un efecto perjudicial para la salud es el que ocasiona en las personas una alteración en el organismo de las personas que han sido expuestas o de sus posteriores generaciones; por el contrario, un efecto biológico puede que produzca o no un efecto peligroso para la salud.

Se sabe que los campos electromagnéticos no pueden afectar nuestro organismo, a partir de diversos niveles. Algunos estudios realizados con operadores sin problemas de salud, la aguda exposición a los niveles existentes en el medio ambiente o en el diario vivir, no producen efectos ni alteraciones perjudiciales. La exposición a niveles de CEM más

altos, si podrían causar reacciones contrarias en el organismo de los seres humanos, por esta razón existen diversas entidades que regulan los campos electromagnéticos y evitan que haya después irrespeto a los niveles.

Un vistazo a los titulares de las noticias de los últimos años permite hacerse una idea de los diversos aspectos que preocupan a la sociedad. En el transcurso de la última década, se han planteado dudas relativas a los efectos sobre la salud de numerosas fuentes de campos electromagnéticos, como las líneas de conducción eléctrica, los hornos de microondas, las pantallas de computadora y de televisión, los dispositivos de seguridad, los radares y, más recientemente, los teléfonos móviles y sus estaciones base.

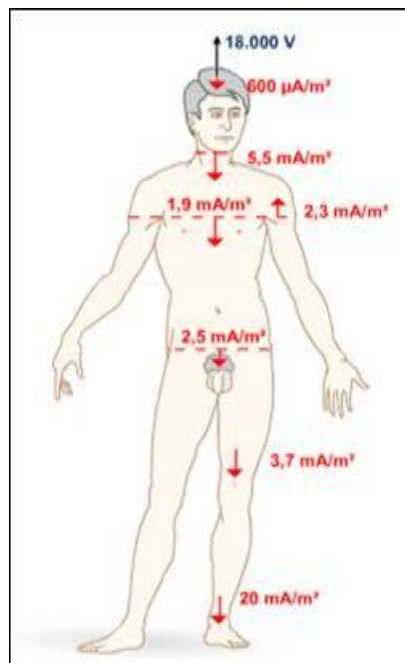


Figura No 9 Efectos Biológicos

Fuente: *Lib*http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/es/campos-electromagneticos07/glosario/abc/campo-electromagnetico.htm

ro de Campos Eléctricos

2.2.3.6 Proyecto internacional CEM.

El Proyecto internacional CEM. En respuesta a la creciente preocupación de la sociedad por los posibles efectos sobre la salud de la exposición a un número y variedad creciente de fuentes de campos electromagnéticos, la Organización Mundial de la Salud (OMS) inició en 1996 un gran proyecto de investigación multidisciplinar. El Proyecto

Internacional sobre campos electromagnéticos o «Proyecto Internacional CEM» reúne los conocimientos y recursos disponibles actuales de organismos e instituciones científicas clave internacionales y nacionales.

2.2.4 Radiaciones electromagnéticas no ionizantes.

Las **Radiaciones No Ionizantes (RNI)** este tipo de radiaciones electromagnéticas no contienen el poder ni la energía capaz de ionizar (La ionización es un fenómeno químico o físico el cual convierte átomos de moléculas en iones positivos y negativos cargados eléctricamente) y por lo tanto no pueden afectar el estado natural de los tejidos vivos. Generalmente se constituyen, en una parte del espectro electromagnético pero la energía que contienen no tiene la fuerza suficiente para romper las relaciones atómicas; entre las cuales encontramos: los campos (ELF), los campos de frecuencia de radios, microondas, la luz visible ante los seres humanos, la radiación infrarroja, el láser y la radiación ultravioleta(SUPERTEL., (2011, Noviembre 14)).



Figura No 10 Fuentes de Radiación No Ionizante

Fuente: Supertel, 2010

Diferencia entre la radiación no ionizante y la radiación ionizante.

Existen muchas diferencias entre las radiaciones no ionizantes y las ionizantes, para diferenciarlas ambas debemos saber algunos conceptos y parámetros. La frecuencia y la longitud onda son unas de las características más relevantes que tienen los campos electromagnéticos. Los cuantos de luz son los encargados de transportar las ondas

electromagnéticas. Cabe recalcar que la relación (Frecuencia-Longitud) de ondas es asimétrica, es decir que a mayor frecuencia, la longitud de onda es más corta y a menor frecuencia la longitud de onda es más larga. Si las ondas electromagnéticas contienen demasiada energía por cada cuanto de luz serían capaces de destruir los enlaces moleculares. Las radiaciones que encontramos presentes en el espectro electromagnético y contienen estas características son: los rayos cósmicos, los rayos gamma que emiten los materiales radioactivos y los rayos X, a estos llamaremos RADIACIONES IONIZANTES.

Si las ondas electromagnéticas contienen poca energía por cada cuanto de luz no serían capaces de destruir los enlaces moleculares. Las radiaciones que encontramos presentes en el espectro electromagnético y contienen estas características son: los campos (ELF), los campos de frecuencia de radios, microondas, la luz visible ante los seres humanos, la radiación infrarroja, el láser y la radiación ultravioleta.

Estos campos electromagnéticos son producidos por el hombre y se encuentran en el extremo del espectro electromagnético que corresponde a longitudes de onda relativamente largas y frecuencias bajas, a esto llamaremos RADIACIONES NO IONIZANTES.

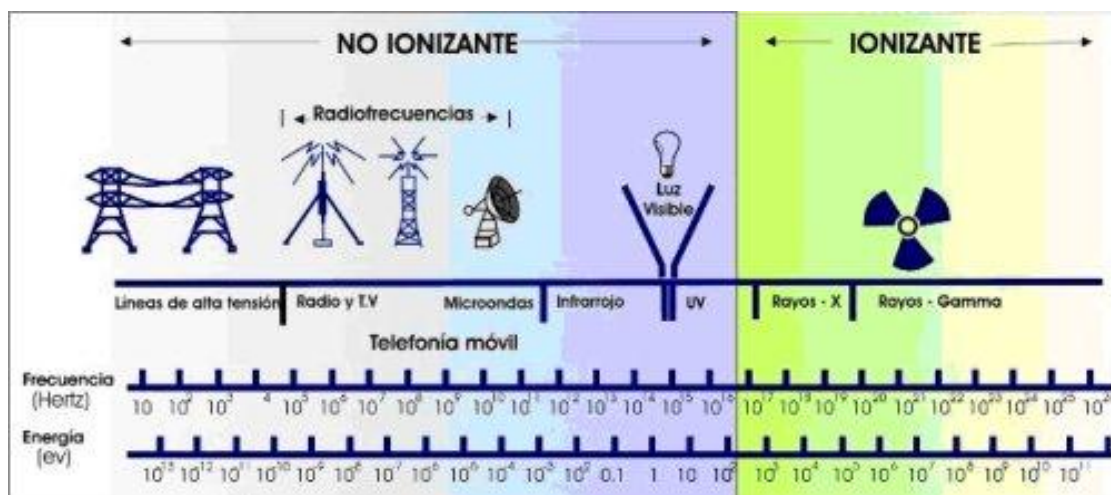


Figura No 11 Diferencia entre radiación ionizante y no ionizante
 Fuente: http://www.ecured.cu/index.php/Campo_electromagn%C3%A9tico

2.2.5 Oximetría.

Es un examen que determina el nivel de oxígeno en la sangre que permite detectar disminución en el valor normal de la oxigenación en el organismo.

La pulsioximetría es una técnica no invasiva que *mide la saturación de oxígeno de la hemoglobina en la sangre circulante*, habitualmente en sangre arterial (SaO₂). Como que la SaO₂ y la presión parcial de oxígeno (PaO₂) están relacionadas por la curva de disociación de la hemoglobina, bajo ciertas condiciones, la SaO₂ se correlaciona bien con la PaO₂. Los aparatos disponibles en la actualidad son muy fiables, para valores entre el 80 y el 100%, pero su fiabilidad disminuye por debajo de estas cifras.

La pulsioximetría sirve para evaluar el estado de la oxigenación, aunque no mide la presión de oxígeno (PaO₂), ni la presión de dióxido de carbono (PaCO₂) ni el pH. Por tanto, no sustituye totalmente a la gasometría en la valoración completa de los enfermos respiratorios, pero sí es una técnica muy útil por su sencillez, rapidez, fiabilidad, reproductibilidad e inocuidad. Su utilización es cada día más intensa, tanto a nivel hospitalario como en la medicina primaria y ambulatoria. Sirve igualmente para realizar exploraciones puntuales como para la monitorización continua de los pacientes con insuficiencia respiratoria.

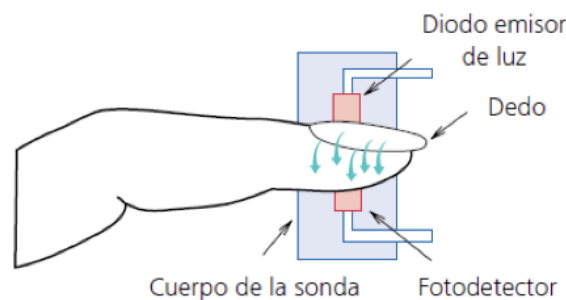


Figura No 12 Pulsioximetría

Fuente: http://www.ecured.cu/index.php/Campo_electromagn%C3%A9tico

2.2.6 Oxigenación en la sangre.

El plasma representa alrededor de 60% del volumen de la sangre, y es principalmente agua. La sobrecarga de líquidos se observa cuando hay demasiada agua en el plasma. La deshidratación ocurre cuando no hay suficiente agua en el plasma.

Las células sanguíneas constituyen el otro 40% de la sangre. Una sola gota de sangre contiene por lo menos 5 millones de células sanguíneas, cada una tan pequeña que solo puede verse a través del microscopio.

2.2.6.1 Medición y valores de normalidad de la oxigenación de la sangre.

Para la medición se precisa de un aparato de pulsioximetría, con un sensor en forma de pinza, que emite un haz de luz que se refleja en la piel del pulpejo del dedo, midiendo la cantidad de luz absorbida por la oxihemoglobina circulante del paciente. Los pulsioxímetros miden, en un intervalo de tiempo, la relación entre las diferencias de absorción de las luces rojas e infrarrojas. Esta relación se vincula directamente con la saturación de la oxihemoglobina. La absorción en la sangre arterial aumenta ligeramente con cada latido, lo que significa que es necesaria la presencia del pulso arterial para que el aparato reconozca alguna señal. Las longitudes de onda pueden tener alguna pequeña variación dependiendo del fabricante, pero generalmente el rojo está en el rango 630-660nm y el infrarrojo en el rango 800-940nm (Wagner A, 2008).

El fundamento de la pulsioximetría se basa en el hecho *que el color de la sangre varía dependiendo del grado de saturación de oxígeno de la hemoglobina*. Esto es debido a las propiedades ópticas del grupo *hemo* de la molécula de hemoglobina. La determinación de la saturación de oxígeno se mide por espectrofotometría.

Los valores normales de SaO₂ oscilan entre 95% y 97%, con un rango de variación del 2%. Valores por debajo del 95% (en reposo) se asocian con situaciones patológicas y del 92-90% con insuficiencia respiratoria crónica previa.

EVALUACIÓN SECUNDARIA

2. Signos Vitales

Oximetría de pulso

Rango	Valores	Tratamiento
Normal	95% al 100%	Ninguno
Hipoxia leve	91% al 94%	Oxígeno suplementario
Hipoxia moderada	86% al 90%	Oxígeno al 100%
Hipoxia grave	≤85%	Oxígeno al 100% más ventilación manual bolsa-mascarilla

Page • 37



Figura No 13 Medición y valores de oxigenación

Fuente: <http://www.ecured.cu/index.php/Oximetría>

2.2.7 Frecuencia Cardíaca.

La frecuencia cardíaca es el número de veces que se contrae el corazón durante un minuto (latidos por minuto). Para el correcto funcionamiento del organismo es necesario que el corazón actúe bombeando la sangre hacia todos los órganos, pero además lo debe hacer a una determinada presión (presión arterial) y a una determinada frecuencia. Dada la importancia de este proceso, es normal que el corazón necesite en cada latido un alto consumo de energía.

Control del ritmo cardiaco

- Nervios parasimpáticos:
 - Nódulo SA
 - Nódulo AV
 - ↓ músculo auricular
 - ↓↓ músculo ventricular
- Nervios simpáticos
 - Todas las regiones del corazón
 - Representación intensa en musculo ventricular

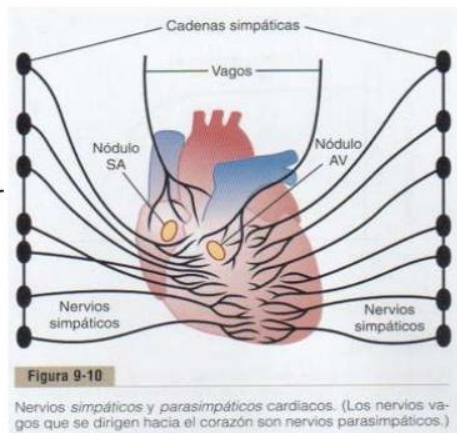


Figura No 14 Frecuencia Cardiaca

Fuente: <http://www.ecured.cu/index.php/Oximetría>

2.2.7.1 Nivel Normal de la Frecuencia Cardiaca.

Se podría decir que el nivel de normalidad de Batimientos Cardiacos, es de 50 a 100 latidos por minuto, pero se podrían alterar debido a la influencia de diferentes factores, los cuales detallaremos a continuación.

- Al momento de nacer tenemos batimientos cardiacos acelerados, puesto que el organismo realiza una actividad muy intensa. Este episodio va disminuyendo desde el primer mes de vida, hasta llegar a los 20 años que es la edad en la cual nuestra frecuencia cardiaca llega a su nivel de normalidad.
- Al momento de realizar su medición existen muchos valores que varían, con respecto a la mañana, día y la noche, ya que se presentan diversas circunstancias a lo largo del día.
- Las actividades físicas producen en el corazón una reacción normal, llamada taquicardia que no es más que (los batimientos cardiacos en reposo superan a los 100 latidos por minuto -lpm-).
- Lo contrario es la bradicardia, que no es más que cuando (los batimientos cardiacos están por debajo de los 50 latidos).

Para corroborar lo anteriormente dicho se realizarán estudios y análisis a personas con muy buena salud y a personas que sufran enfermedades cardiacas, para así poder observar la relación que hay entre la muerte y la frecuencia cardiaca, como sabemos a mas aceleración de los batimientos cardiacos, menor es la probabilidad de vida de las personas(Center B, 2010).

Dicha relación se presenta también en los animales, es decir a mayor frecuencia cardiaca, menor tiempo de vida, lo cual se demuestra a continuación:

- **Ratones:** 500-tambien600 latidos por minuto: esperanza de vida de uno o dos años.
- **Ballena y elefante:** 20-30 latidos por minuto: esperanza de vida de unos 60 años (a esta edad los animales son considerados longevos).
- **Hombre:** 70 latidos por minuto: esperanza de vida actual mayor de 70 años.

2.3 Variables

Serán mensuradas las intensidades de los campos electromagnéticos de muy bajas y altas frecuencias, además de la oxigenación de la sangre y los batimientos cardiacos, en los diferentes operadores del computador.

2.3.1 Variable Independiente (causa)

RNI. Personas que están expuestas a RNI durante un intervalo de tiempo medido por el analizador de espectro Portátil Aaronia Spectran NF 50-35.

2.3.2 Variable dependiente (efecto)

Batimiento cardiaco.- La frecuencia del batimiento cardiaco por minuto son medidos por el Oximetro de pulso.

Oxigenación de la sangre.- La oxigenación sanguínea es medida por el Oximetro de pulso.

2.4 Métodos e instrumentos de investigación

2.4.1 Tipo de estudio

Acorde a los parámetros que se han tomado en cuenta al realizar la investigación, se llega a la conclusión que el tipo de estudio es experimental de campo y descriptivo.

- Experimental de Campo, con el analizador espectral, de campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos, se realizaran las medidas de las RNI emitidas por el computador, además de la oxigenación de la sangre y los batimientos cardiacos, dichas mediciones serán comparadas con los niveles asignados por las entidades que la regulan.

- Descriptivo, analizaremos bases científicas, para describir y comprar los resultados de las mediciones realizadas y los valores de los niveles que asignan las entidades reguladoras.

2.4.2 Metodología de Investigación

Este trabajo se desarrollara poniendo en práctica los siguientes métodos.

Observación- Científico: Este método es aplicado en la investigación, debido a que las pruebas científicas y conceptos técnicos, son verificables como documentos válidos, por esta razón se medirán las RNI producidas por la PC, la oxigenación de la sangre y los batimientos cardiacos de cada operador.

Inductivo-Deductivo: Es el método que permite, buscar conclusiones mediante medidas y buscar recomendaciones mediante conclusiones y así poder acatar las ordenas impuestas por las autoridades.

Analítico: Va a permitir evaluar minuciosamente las ondas electromagnéticas emitidas por el computador y verificar los niveles de RNI a los cuales está expuesto el operador, para obtener conclusiones y resultados de acuerdo a la experiencia obtenida.

2.5 Términos básicos

Hz: hertzios

RNI: Radiaciones No Ionizantes

CEM: Campos electromagnéticos

ELF: Frecuencias extremadamente bajas

SUPERTEL: Superintendencia de Telecomunicaciones

CONELEC: Consejo Nacional de Electricidad

ICNIRP: Comisión Internacional sobre No Ionizante Protección Radiológica

IRPA: Asociación Internacional para la protección contra la Radiación

OMS: Organización Mundial de la Salud

UIT: Unión Internacional de Telecomunicaciones

VLf: Frecuencia muy baja

LF: Baja Frecuencia

HF: Altas Frecuencia

VHF: Muy Alta Frecuencia

UHF: Ultra Alta Frecuencia

SHF: Súper Alta Frecuencia

EHF: Extremadamente Alta Frecuencia

RF: Radio Frecuencia

MO: Radiaciones microondas

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS

3. ANÁLISIS

En esta etapa de proyecto se mencionarán los elementos necesarios para medir los campos electromagnéticos y para monitorear la oxigenación de la sangre, la frecuencia cardiaca, a su vez los procesos estadísticos que se usarán para encontrar los resultados deseados. Así mismo se pueden considerar algunos correctivos al momento de mantener contacto con el computador, en el caso de que las emisiones de onda alteren el organismo.

3.1 Diagrama del Proceso

3.1.1 Descripción funcional del proceso

Para realizar el proceso de monitorear los campos electromagnéticos emitidos por la computadora, se lo hará en uno de los laboratorios de informática de la UPSE. Este proceso se establece en los siguientes pasos.

Paso1: Definir el Área de Estudio

Para escoger el área debía asegurarse que sea un lugar que cumpla con los requerimientos establecidos para el estudio, por lo que se escogió el Laboratorio de Informática # 4, debido que es uno de los mejores acondicionados, y sobre todo con la cantidad de máquinas que va a permitir trabajar en el tiempo asignado y estimado para hacer las mediciones.

Paso2: Definir el Tipo de Estudio

Para la recolección de datos necesarios para obtener resultados efectivos se deben realizar tres tipos de estudios, los cuales se detalla a continuación:

Estudio de campo: Se realiza trabajos de campo en el laboratorio de la UPSE, debido que las mediciones son procedimientos experimentales, que se realizan sobre el terreno.

Estudio correlacional: Se pretende visualizar cómo se relacionan o vinculan diversos fenómenos entre sí, o a su vez si no existe relación entre ellos, es decir si una de las variables depende de otra variable.

Estudio no experimental: Se observa el fenómeno tal cual es, es decir de forma natural, ya que los campos electromagnéticos son efectos naturales y no pueden ser alterados fácilmente, ya que solo varían dependiendo de la entidad que los emite.

Paso3: Determinar el número de personas a quienes se les realiza la medición.

La factibilidad del estudio en las mediciones a determinados seres o cosas, se recomienda que no sea menor de 20 personas, para poder tener mayor cantidad de variables y obtener nuestros resultados.

Paso 4: Determinar el intervalo de tiempo que se expone una persona ante el computador.

A nivel mundial para que una medición tenga resultados confiables, debe ser mínimo de 6 minutos, es por ello que el tiempo que se estima para que cada usuario se exponga frente al computador sea de 6min, tiempo suficiente para recolectar resultados seguros y confiables.

3.1.2 Configurar Software del medidor de espectro.

El software de medidor de espectro, el cual viene con el analizador de Aaronia, servirá de mucho para tener mejores referencias de las mediciones, y se configura de la siguiente manera.

- Se conecta a una PC el Analizador de Espectro.

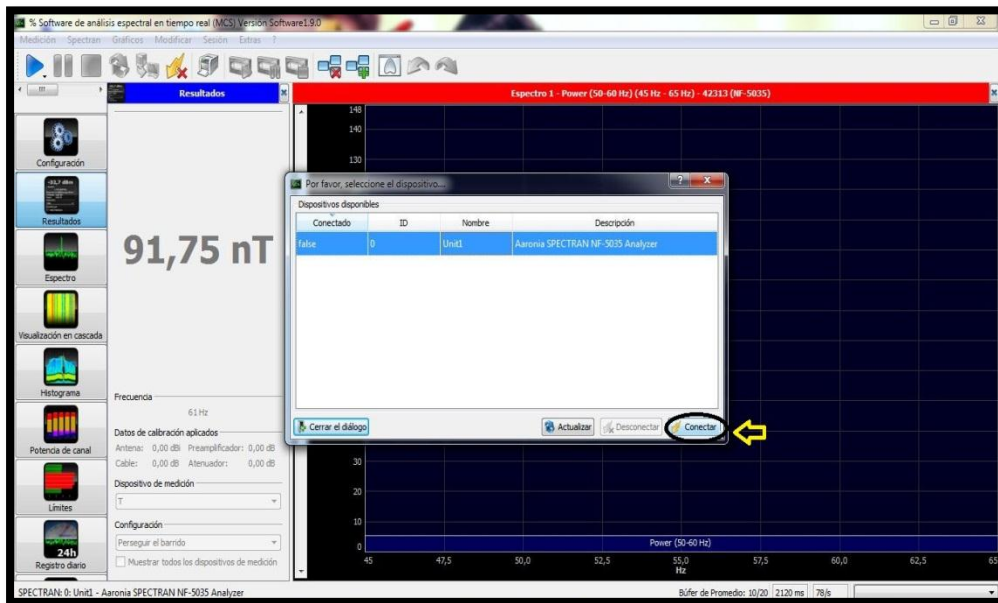


Figura No 15 Conexión Spectran

Fuente: Diseño de Tesis

- Encender el analizador y la PC, corroborar que estén encendidos ambos.



Figura No 16 Verificación de Señal

Fuente: Diseño de Tesis

- Se configura la unidad de campo magnético, el ancho de banda y la frecuencia en 60Hz.

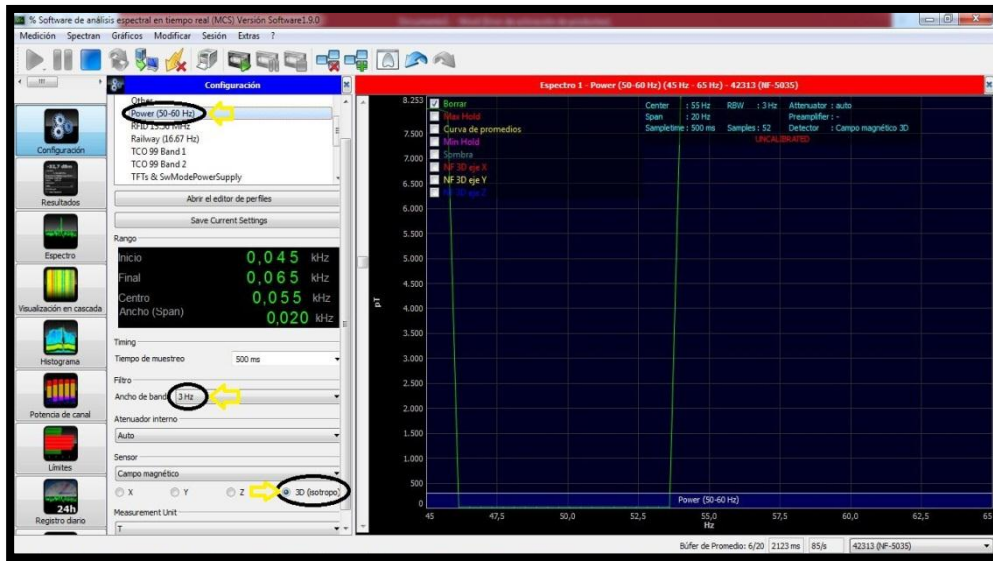


Figura No 17 Frecuencia, ancho de banda y campo magnético
Fuente: Diseño de Tesis

- Asignar el nivel escala y tipo de curva.

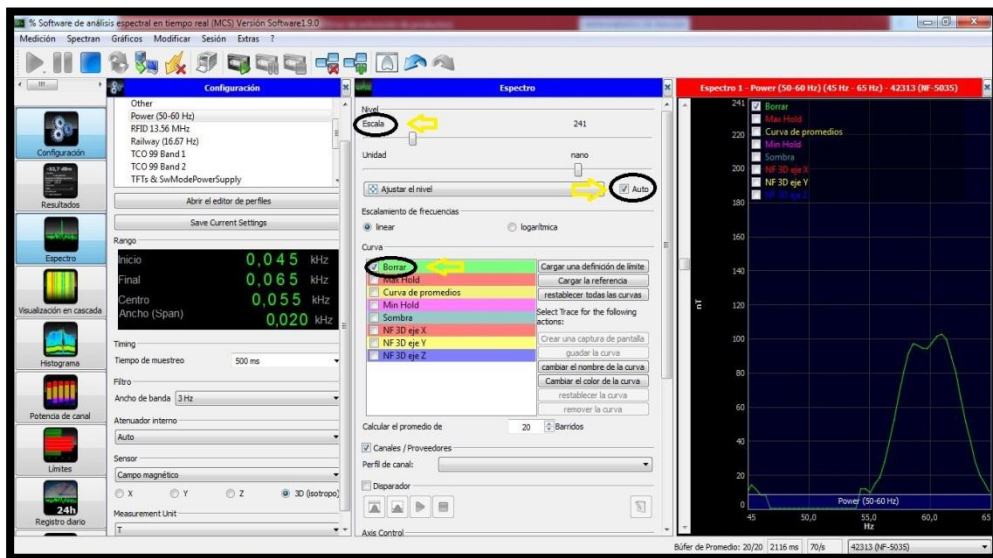


Figura No 18 Nivel. Escala y curva
Fuente: Diseño de Tesis

- Indicar puntos máximos que aparecen en el simulador.

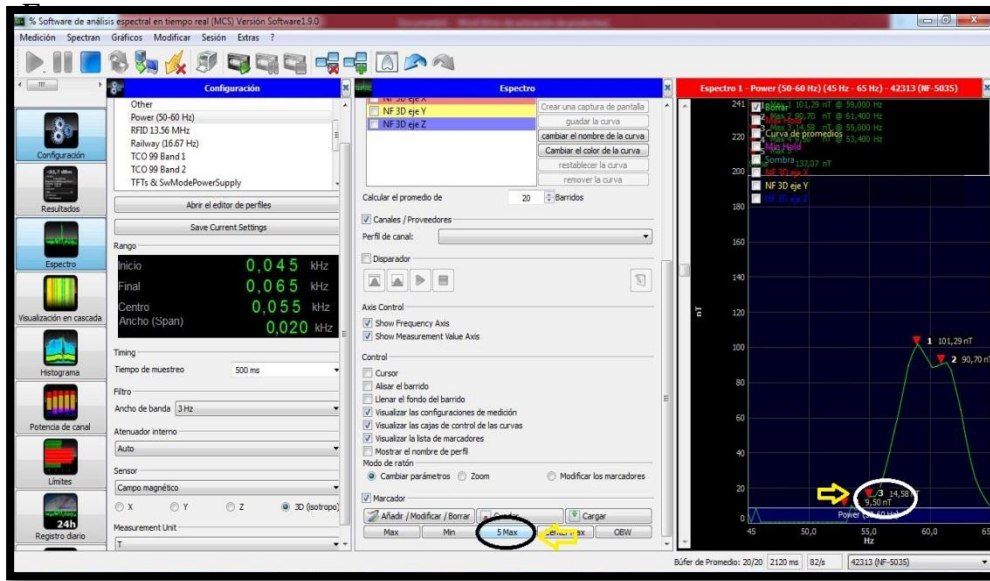


Figura No 19 Puntos máximos

Fuente: Diseño de Tesis

- Luego de las configuraciones ya mostrar los resultados de las mediciones establecidas.

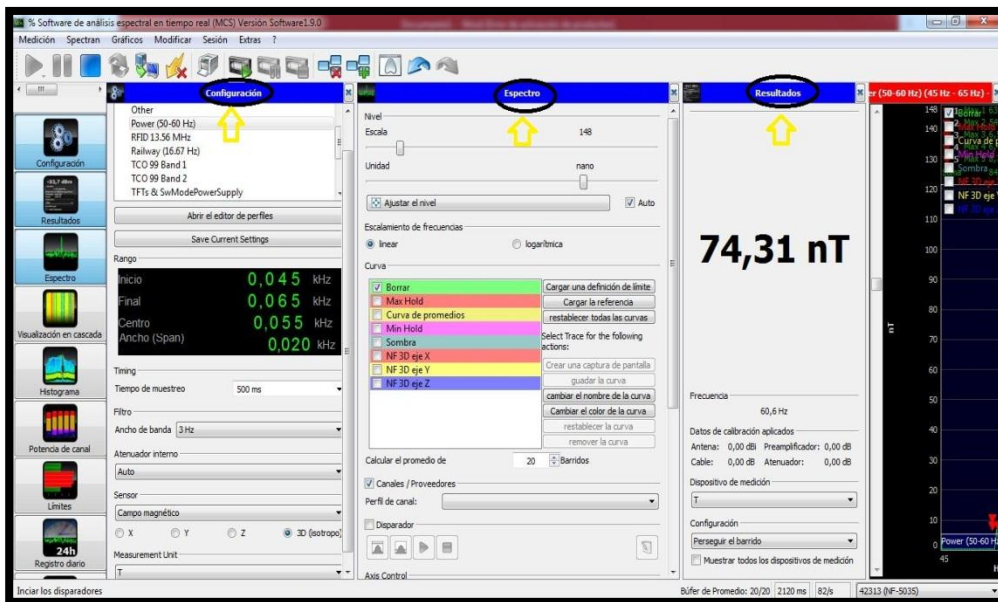


Figura No 20 Configuraciones establecidas

Fuente: Diseño de Tesis

- En el simulador iniciar grabación de barrido.



Figura No 21 Grabación de mediciones
Fuente: Diseño de Tesis

- Guardar el archivo.

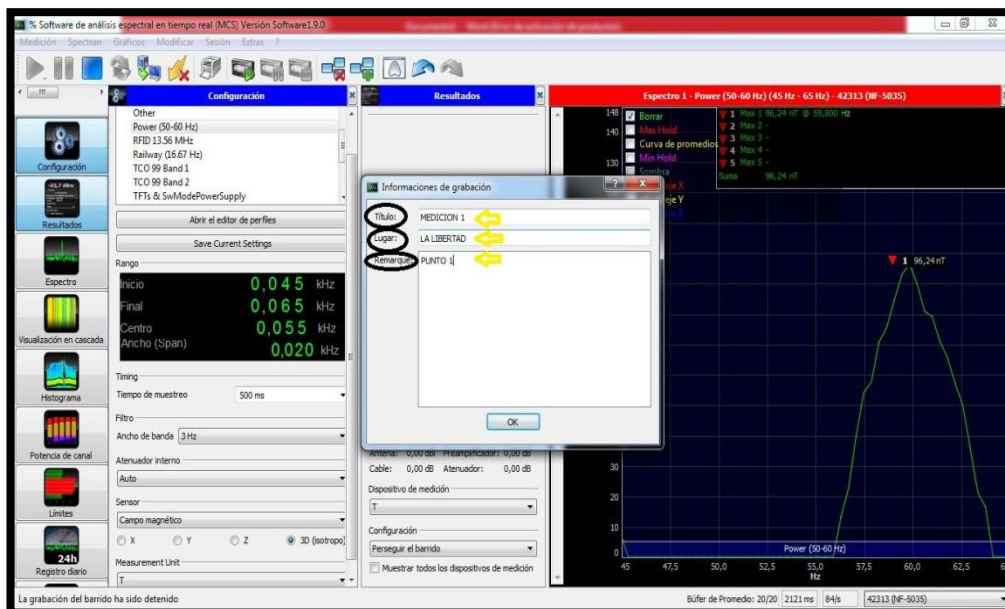


Figura No 22 Título, lugar y remarque
Fuente: Diseño de Tesis

- Medir tiempo real todos los puntos asignados.

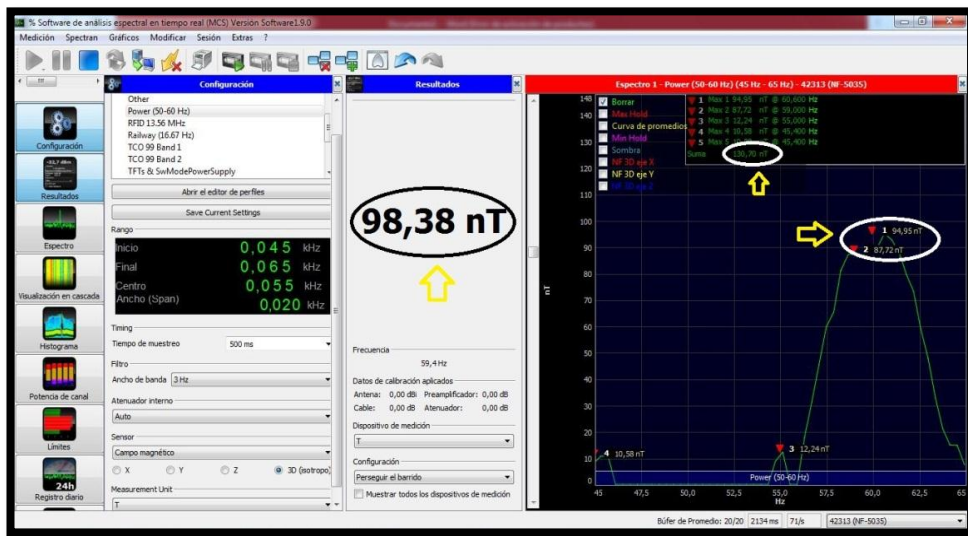


Figura No 23 Medición en tiempo real
Fuente: Diseño de Tesis

3.1.3 Recolección de información

Las primeras mediciones que hay que realizarán, es la de Oxigenación de la Sangre y Frecuencia Cardíaca, estos datos se los recolectará antes de poner en contacto con el computador, a las personas que nos ayudan en las mediciones. Esta medición se la realizó el (02/Julio/2015) en el laboratorio 4 de la UPSE, desde las 10:00 hasta las 11:00, se tomó en cuenta que los participantes no hayan untado cremas en las manos.

Estudiantes	Oxigenación Sanguínea Inicial	Frecuencia Cardiaca Inicial
1	98	74
2	99	88
3	97	70
4	99	86
5	98	70
6	100	100
7	99	74
8	98	72
9	98	82
10	98	64
11	97	93
12	99	88
13	98	80
14	99	62
15	96	84
16	98	70
17	98	73
18	98	60
19	98	74
20	98	61
21	98	55
22	99	60
23	99	60
24	97	67

Tabla 13: Recolección de Información de Oxigenación Cardiaca
Fuente: *Diseño de Tesis*

La segunda medición que hay que realizar será la de los Campos Electromagnéticos emitidos por el computador, estos datos se los recolectará al momento en que la PC se encienda, y empiece a emitir Radiaciones no Ionizantes. Dicha medición se realizó el (02/Julio/2015) en el laboratorio 4 de la UPSE, desde las 11:00 hasta las 12:30

Estudiantes	Campo Electromagnético
1	70
2	75
3	62
4	76
5	77
6	77
7	55
8	55
9	60
10	55
11	60
12	70
13	60
14	60
15	62
16	77
17	64
18	70
19	63
20	75
21	75
22	63
23	70
24	70

Tabla 14:Campos Electromagnéticos recibidos por el computador
Fuente: *Diseño de Tesis*

La tercera medición que hay que realizar, es sobre los valores de la Oxigenación de la Sangre y la Frecuencia Cardiaca, estos datos se recolectaran justo al momento de que cada uno de los colaboradores termina de trabajar durante el tiempo de 6 minutos frente

al computador. Dicha medición se realizó el (02/Julio/2015) en el laboratorio 4 de la UPSE en el intervalo de tiempo desde las 11:30 hasta las 12:30.

Estudiantes	Oxigenación Sanguínea Final	Frecuencia Cardíaca Final
1	98	93
2	99	106
3	97	70
4	99	82
5	98	76
6	94	131
7	98	91
8	98	70
9	98	97
10	96	70
11	98	100
12	98	70
13	98	76
14	98	72
15	98	84
16	98	71
17	98	74
18	98	64
19	98	77
20	98	61
21	98	65
22	99	55
23	98	61
24	98	71

Tabla 15: Valores de oxigenación de la sangre y frecuencia cardíaca
Fuente: Diseño de Tesis

3.1.4 Análisis de resultados

Una vez recolectados los datos y valores necesarios en las mediciones realizadas por diversos tipos de instrumentos de recolección, se podrá realizar los diversos cálculos estadísticos y matemáticos.

3.2 Identificación y Requerimientos

En esta etapa de la investigación se mencionará los elementos necesarios para medir los campos electromagnéticos de baja frecuencia emitidos por la PC, y los de alta frecuencia que estén presentes en el laboratorio de Informática, además del equipo que evaluará la oxigenación de la sangre y la frecuencia cardíaca, esto en lo que tiene que ver con hardware, y con respecto al software a utilizar se va a trabajar en un programa el cual dará los resultados estadístico para posteriormente realizar los cálculos matemáticos.

Los elementos que se utilizan para el desarrollo de este proyecto son los siguientes:

- Analizador de Espectros Portátil Aaronia Spectran NF 50-35, rango de frecuencia de 1HZ a 1MHZ (30MHZ).
- Analizador de Espectros Portátil Narda Safety Test Solutions SRM-3006, con antena de tres ejes con rango de frecuencia de 420MHZ a 6GHZ.
- Oxímetro de Pulso VitaCarry STRGRY
- Termo-Higrómetro digital Minipa MT-240
- BioStat 2009 Professional V5
- Cable USB para computador
- Software de análisis espectral de tiempo real "MCS" de Aaronia
- Computador
- Trípodes

3.2.1 Analizador de Espectros Portátil Aaronia Spectran NF 50-35

El Analizador de espectro NF-5035 se lo recomienda por ser uno de los más útiles en este tipo de investigaciones, puesto que logra detectar ondas de baja frecuencia, acorde para medir la frecuencia máxima de hasta 30MHz, lo cual es una solución factible en la medición de campos eléctricos y magnéticos, equipado con el AaroniaREAL 3D(isotrópico) consta de un sensor magnético y un sensor de placa de campo para medir campos eléctricos, siendo así que el tiempo muestra la fuerza y la frecuencia de la señal, lo cual va a permitir la detección de fuentes de interferencia, define la frecuencia y la intensidad de las fuentes de señal, mide límites y aumenta la funcionalidad mediante la utilización de un software de PC de gama alta, el cual dispone de una interfaz USB que incluye un control remoto en tiempo real para una PC o MAC.

Los SPECTRAN son fabricados independientemente y calibrado en Alemania en Aaronia, lo cual garantiza la calidad del servicio que se ofrece lo que permite otorgar 10 años de garantía por cada analizador de espectro SPECTRAN y todas antenas EMC.

Cada SPECTRAN NF tiene un sensor 3D isótropo galardonado para las mediciones de campos magnéticos así como un sensor para medir campos eléctricos. Ambos cubren todo el rango de frecuencias del SPECTRAN NF.

Características técnicas:

- Rango de frecuencias: de 10Hz hasta 400kHz.
- Campo magnético (Tesla): de 1pT hasta 100μT (tip.)
- Campo magnético (Gauss): 10μG - 1G (tip.)
- Campo eléctrico: de 1V/m a 5.000 V/m (tip.)
- Entrada analógica: de 2 μV hasta 200mV (tip.)
- ¡Opción 005 incl. (filtro DDC de 12Bit)!
- Anchos de banda de resolución (RBW): de 1Hz hasta 100kHz (intervalos 1-3-10).
- Unidades: V/m, T, G, A/m.
- Detector: RMS.

- Demodulación: AM.
- Entrada: alta impedancia SMA (f).
- Audio: altavoz interno con regulador altavoz y conector hembra 2,5 mm.
- Exactitud: 5% (tip.)
- Interfaz: USB 2.0/1.1
- Peso: 420g.
- Garantía: 10 años.

INSTALACIONES MEDIBLES, con cobertura de frecuencia (10 Hz - 400 kHz):

- Corriente de tracción.
- Líneas de alta tensión.
- Transformadores eléctricos.
- Fuentes de alimentación.
- Bombillas de bajo consumo.
- Fuentes de alimentación conmutables.
- TFT, monitores LCD Monitor y TV.
- 135kHz RFID.
- Diversos aparatos electrodomésticos, industriales y de oficina

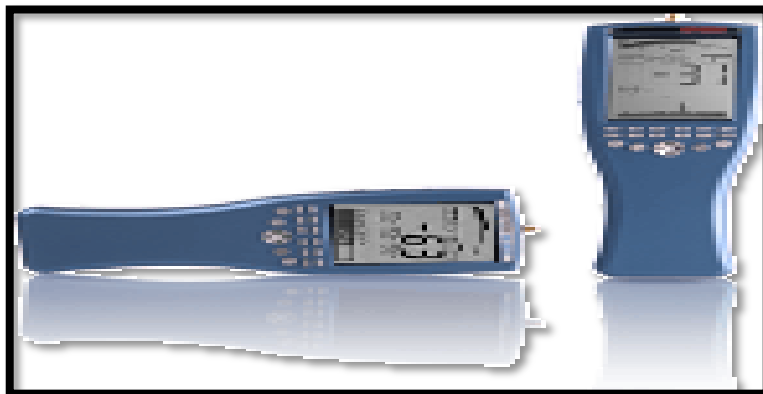


Figura No 24 Analizador de Espectros Portátil Narda Safety
Fuente: Diseño de Tesis

3.2.2 Analizador de Espectros Portátil Nada Safety Test Solutions SRM-3006, con antena de tres ejes con rango de frecuencia de 420MHZ a 6GHZ.

Este equipo se encuentra diseñado para la medición de campos electromagnéticos en aplicaciones medioambientales y de seguridad. Donde se utilizan las antenas de medida isotrópicas, cubre el rango de frecuencias comprendido entre 9 kHz y 6 GHz, lo que es efectivo para las tareas múltiples que se realizan el cual se basa en el análisis de la región de campo cercano de transmisores de onda larga, hasta las medidas en emisoras de radio y TV o en los servicios de comunicaciones.

Dentro de la segunda generación tenemos el medidor de radiación selectivo de mano TEM (SRM-3006) el cual va a permitir realizar un estudio de banda estrecha de los campos electromagnéticos. A diferencia de nuestro NBM series el SRM-3006 el cual es capaz de emitir resultados de individuo emisores ya su vez generar un total de todos los emisores. El SRM-3006 le permite verificar la mayor precisión en campos muy por debajo las normas establecidas. El SRM-3006 también tiene la capacidad de medir campos con mayor precisión que los equipos de banda ancha y tal vez más importante, debido a que es capaz de dar más información que sólo el total, pues muestra exactamente lo que el emisor está generando.

Narda Safety Test Solutions ha añadido la opción LTE al medidor de radiación SRM-3006, el instrumento mide los campos electromagnéticos que se generan en las estaciones de comunicaciones móviles LTE, mostrando tanto el valor total como el valor independiente de cada una de las antenas.

Características técnicas:

- Solución completa para la medición selectiva de RF y Microondas campos electromagnéticos
- Isotrópicas y Single-Axis Mediciones de 9 kHz a 6 GHz.
- Excelente inmunidad para operar en Fortalezas de Alto Campo.
- antena automática y detección de cable.
- Los resultados en V / m, A / m, densidad de potencia, o Porcentaje de Límite Permisible.

- Mide la fuerza de emisores individuales en múltiples entornos emisor.
- Ultra Wide Dynamic Range de 50 mV / ma200 V / m (E-Field).
- Determina 5% Límites de FCC Conformidad.
- Resolución anchos de banda (RBWs) hasta 20MHz para UMTS y W-CDMA, 32 MHz (Nivell Grabador y alcance los modos).
- Diseñado para uso al aire libre: robusto, splash diseño ergonómico prueba. Equipado con GPS y grabadora de voz para simplificar los informes de la encuesta.
- Opcionales ÁMBITO DE APLICACIÓN, UMTS y LTE Modos.



Figura No 25 Narda Safety Test Solutions
Fuente: Diseño de Tesis

3.2.3 Oxímetro de Pulso VitaCarry STRGRY

Este elemento fue diseñado para medir los dos parámetros principales que son el oxígeno presente en la sangre (SpO2) y la frecuencia cardíaca (BPM). El pequeño tamaño y peso ligero (52 gramos con baterías) lo hacen práctico. Muy fácil de usar solo con insertar el dedo en la ranura y presionar el botón principal la pantalla OLED tiene varias opciones de visualización, a su vez se muestra el de representación gráfica de la onda de pulso. Incluye además la función de apagado automático.

Características técnicas:

- Pantalla OLED de color ajustable con la imagen en las 4 direcciones.

- El control de la saturación de SpO2 y de la onda del pulso con la representación gráfica.
- Bajo consumo de energía, hasta 50 horas de uso continuo.
- El tamaño y el peso ligero hacen que sea conveniente para llevar con usted todos los días.

Especificaciones técnicas

Marca	vitacarry
Modelo	STRGRY
Peso del producto	27 g
Dimensiones del producto	5,8 x 3,7 x 3,2 cm
Número de modelo del producto	STRGRY
Número de producto	STRGRY



Figura No 26 Oxímetro de Pulso VitaCarry STRGRY
Fuente: Diseño de Tesis

3.2.4 Termo-Higrómetro digital Minipa MT-240

Este tipo de equipos son utilizados en entornos de vigilancia, es decir en aquellos que es necesario controlar la temperatura y la humedad de determinados productos.

Características técnicas:

- Pantalla: Triple
- Indicación simultánea interna de temperatura, humedad y externa
- Reloj integrado
- Temperatura en ° C o ° F
- Lectura Actualización Temperatura: 16s
- Reloj para visualizar el formato de 12h o 24h
- Termómetro con indicación MAX / MIN
- Entorno de funcionamiento: 0 ° C ~ 60 ° C (miden Otras condiciones sólo se aplican al sensor externo)
- Fuente de alimentación: 1 batería de 1.5V AAA
- Cable Sensor externo: Aprox. 3m
- Duración de la batería: Aprox. 2000 horas
- Dimensiones: 135 (H) x 72 (L) x 20 (D) mm
- Peso: Aprox. 111g (con batería)

Temperatura interna

- Rango: 0 ~ 60 ° C (32 ° F ~ 140 ° F)
- Precisión: 0 ° C ~ 40 ° C (32 ° F ~ 104 ° F) ± 1 ° C; 40 ° C ~ 60 ° C (104 ° F ~ 140 ° F) ± 2 ° C
- Resolución: 0.1 ° C / 0.1 ° C

Temperatura externa

- Rango: -50 ° C ~ 70 ° C (-58 ° F ~ 158 ° F)
- Precisión: 0 ° C ~ 40 ° C (32 ° F ~ 104 ° F) ± 1 ° C
- Otras pistas: ± 2 ° C

- Resolución: 0.1 ° C / 0.1 ° C

Humedad interna

- Rango: 20% ~ 90% - Precisión: 20% ~ 90% ± 10%; * 40% ± 5% ~ 70%
- Resolución: 1%

Nota: la precisión especificada para la temperatura a 20 ° C ~ 30 ° C



Figura No 27 Termo-Higrómetro digital Minipa MT-240
Fuente: Diseño de Tesis

3.2.5 BioStat 2009 Profesional V5

La adquisición de varias herramientas estadísticas y métodos de análisis gráfico de fácil acceso a través de una interfaz de usuario directa y sencilla, es lo que ofrece BioStat v5 ya que es una herramienta de análisis estadístico profesional orientado hacia biología y medicina, la interfaz es tan sencilla que personas sin conocimientos básicos de estadística serán capaces de procesar datos, siempre que sepan utilizar un ordenador y tengan instrucciones claras.

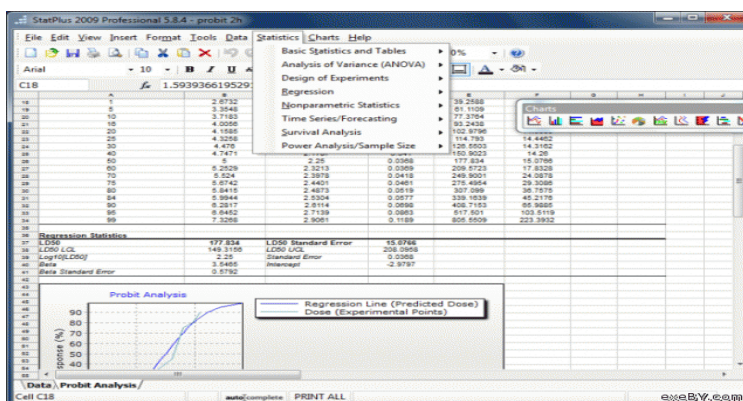


Figura No 28 BioStat 2009 Profesional V5
Fuente: Diseño de Tesis

3.2.6 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.



Figura No 29Cable USB para PC

Fuente: Diseño de Tesis

3.2.7 Software de análisis espectral de tiempo real “MCS” de Aaronia

Este software permite visualizar en el computador los parámetros y las mediciones que se hacen desde el Spectran NF 50-35.

SPECTRAN es una solución firme y multifuncional para todas las mediciones EMC. El software incluye entre otras funciones de grabación y de reproducción, visualización simultánea de varios espectros, de valores límite, en cascada, función de histograma, número de marcadores ilimitado. Entre sus características principales tenemos:

- Histograma
- Potencia de canal
- Visualización en cascada
- Marco de tiempo
- Variedad de límites de exposición(ICNIRP)
- Marcadores de puntos máx, min, delta, AVG

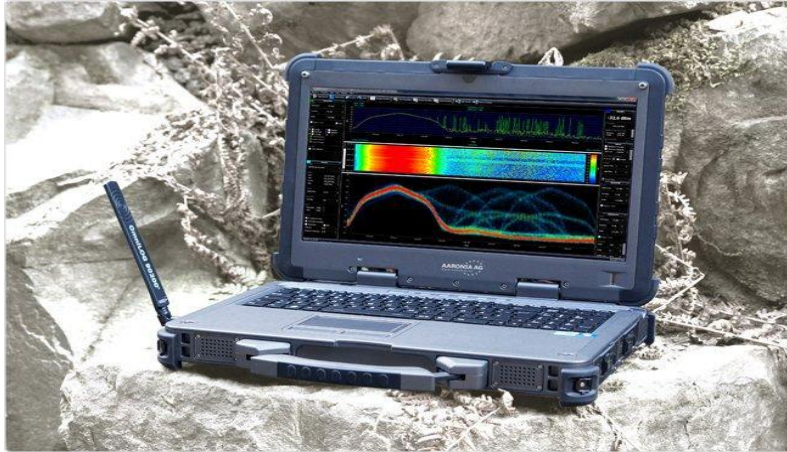


Figura
Software
espectral
“MCS”

No 30
de análisis
de tiempo real
de Aaronia

Fuente: Diseño de Tesis

3.2.8 Computadora

La computadora, es una máquina electrónica que recibe y procesa datos para convertirlos en información conveniente y útil. Una computadora está formada, físicamente, por numerosos circuitos integrados y otros muchos componentes de apoyo, extensión y accesorios, que en conjunto pueden ejecutar tareas diversas con suma rapidez y bajo el control de un programa.

3.2.9 Trípode

El trípode es un equipo de tres patas y parte superior circular o triangular, que permite estabilizar un objeto y evitar el movimiento propio de este. La palabra se deriva de *tripous*, palabra griega que significa ‘tres pies’.



Figura No 31 Trípode
Fuente: Diseño de Tesis

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS DE RESULTADOS

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para el desarrollo del capítulo 4 se realizará un análisis específico de los resultados que se obtuvieron al realizar las diferentes mediciones de campo, en el Laboratorio #4 de la UPSE; con los parámetros antes citados en el capítulo 3, se realizará comparaciones con los niveles y valores asignados a nivel nacional e internacional, también se describirá el estudio realizado para encontrar cada valor importante para realizar el trabajo estadístico, matemático.

Las mediciones se realizaron en condiciones reales de trabajo con el PC para cortas exposiciones de 6 minutos. Este tiempo mínimo de exposición llamada aguda, corresponde a los tiempos de mediciones recomendados en las normativas nacionales e internacionales de la ICRNIP.

4.1 Comparativa entre parámetros

Para realizar el respectivo análisis de comparación, se observará y revisará que los datos recolectados en diferentes situaciones y tomando en cuenta también diferentes parámetros, se rijan a las normas impuestas por los organismos nacionales que regulan el CEM, los datos han sido extraídos en diferentes campos electromagnéticos.

4.1.1 Análisis de mediciones en el parámetro 1

A continuación se consideran los puntos medidos con respecto al parámetro variable 1, con respecto a la Oxigenación de la Sangre antes y después de estar frente a un Computador.

Estudiantes	Oxigenación Sanguínea Inicial	Oxigenación Sanguínea Final
1	98	98
2	99	99
3	97	97
4	99	99
5	98	98
6	100	94
7	99	98
8	98	98
9	98	98
10	98	96
11	97	98
12	99	98
13	98	98
14	99	98
15	96	98
16	98	98
17	98	98
18	98	98
19	98	98
20	98	98
21	98	98
22	99	99
23	99	98
24	97	98

Tabla 16 Análisis de mediciones de oxigenación antes y después de uso del PC

Fuente: Diseño de Tesis

Se obtienen los datos de las mediciones realizadas con respecto al parámetro 1, se puede observar que la Oxigenación de la Sangre tanto antes como después de trabajar frente a un Computador, no varía en mucho, ya que están entre 94% y 100% de Oxigenación,

pero si se puede observar que en unos individuos la Oxigenación se mantiene igual, en otros la Oxigenación es menor a la que tenían al ponerse frente al computador, y en otras la oxigenación es mayor a la que tenían en un principio. Por lo tanto la media que se obtiene es un aproximado a lo que observamos, así como la desviación estándar. Esto nos permite visualizar que no existe mucha diferencia en el parámetro estudiado.

Teste/ Media, Desvío Estándar	SpO2 % (antes de exposición al PC)	SpO2 % (después de exposición al PC)
M±SD	98.20±0.8	97.80±1.00

Tabla 17 Comparativa de mediciones de oxigenación

Fuente: Diseño de Tesis

El porcentaje de SpO2 en la sangre de los operadores no varió significativamente para una exposición de 6 minutos ante las radiaciones de baja frecuencia 60Hz emitidas por el PC. Este hecho permite preliminarmente afirmar que para una exposición aguda cualquier alteración del SpO2 % es compensada por la llamada homeostasis o tendencia al equilibrio fisiológico del organismo humano.

4.1.2 Análisis de mediciones en el parámetro 2

Se consideran los siguientes puntos medidos con respecto al parámetro variable 2, con respecto a la Frecuencia Cardíaca antes y después de estar en contacto con un Computador.

Estudiantes	Frecuencia Cardíaca Inicial	Frecuencia Cardíaca Final
1	74	93
2	88	106
3	70	70
4	86	82
5	70	76
6	100	131

7	74	91
8	72	70
9	82	97
10	64	70
11	93	100
12	88	70
13	80	76
14	62	72
15	84	84
16	70	71
17	73	74
18	60	64
19	74	77
20	61	61
21	55	65
22	60	55
23	60	61
24	67	71

Tabla 18 Análisis de mediciones parámetro 2

Fuente: Diseño de Tesis

Se obtienen los datos de las mediciones realizadas con respecto al parámetro 2, se puede observar que la Frecuencia Cardiaca tanto antes como después de trabajar frente a un Computador, sí se observa que los latidos del corazón han acelerado su frecuencia en la mayoría de los casos, pero no es un aumento considerable, pero sí para tomar en cuenta si la persona sufre de enfermedades cardiacas, los valores están entre los 55 y 131 latidos por minuto, pero si se puede observar que en unos individuos la Frecuencia Cardiaca se mantiene igual, en otros la Frecuencia es menor a la que tenían al ponerse frente al computador, y en otras la Frecuencia es mayor a la que tenían en un principio.

Por lo tanto, la media que se obtiene es un aproximado a lo que se observa, así como la desviación estándar.

Esto permite visualizar que no existe mucha diferencia en el parámetro estudiado.

Teste/ Media, Desvío Estándar	Frecuencia Cardiaca (antes de exposición al PC)	Frecuencia Cardiaca (después de exposición al PC)
M±SD	73.60±11.85	78.60±17.15

Tabla 19 Análisis de mediciones frecuencia cardiaca

Fuente: Diseño de Tesis

El número de Batimientos Cardíacos de los operadores tuvieron una pequeña notable diferencia, pero no significativa para una exposición de 6 minutos ante las radiaciones de baja frecuencia 60Hz emitidas por el PC. Este factor permite preliminarmente afirmar que para una exposición aguda cualquier alteración del ritmo cardiaco es compensada, pero sí produce un nivel de estrés el cual se hace presente en el equilibrio fisiológico del organismo humano.

4.1.3 Análisis de mediciones en el parámetro 3

A continuación se consideran los puntos medidos con respecto al parámetro variable 3, con respecto a la intensidad del Campo Electromagnético emitido al momento de estar frente a un Computador.

1	70
2	75
3	62
4	76
5	77
6	77
7	55
8	55
9	60
10	55
11	60

12	70
13	60
14	60
15	62
16	77
17	64
18	70
19	63
20	75
21	75
22	63
23	70
24	70

Tabla 20 Análisis de mediciones parámetro 3
Fuente: Diseño de Tesis

Se obtienen los datos de las mediciones realizadas con respecto al parámetro 3, se puede observar que el campo electromagnético varía su intensidad al momento de realizar la medición a cada uno de los colaboradores, los cambios varían entre valores de 55nT (menor) y 77nT (mayor), se puede observar así también que cada uno de estos valores no son perjudiciales para las personas. Por lo tanto la media que se obtiene es de 70. Es un aproximado a lo que se observa, así como la desviación estándar de 12. Esto permite visualizar que no existe mucha diferencia en el parámetro estudiado.

Teste/ Media, Desvío Estándar	Campo Magnético (nT, 60 Hz) (medidos junto al operador)
M±SD	78.60±12.00

Tabla 21 Medición de Campo Magnético
Fuente: Diseño de Tesis

4.1.4 Análisis de mediciones en el parámetro 4

Se obtienen los datos considerando unos puntos medidos con respecto al parámetro no variable 4, con respecto a la Humedad y Temperatura que existe en el laboratorio 4 de la UPSE, donde se están realizando las pruebas de medición de campo. La temperatura y humedad fueron de 25 °C y 60 %, respectivamente.

Los datos que se obtienen de las mediciones realizadas con respecto al parámetro 4, se puede observar que la Humedad y Temperatura es la misma en todo el lugar. Puesto que es un lugar completamente cerrado y acondicionado para trabajar con Computadores.

4.1.5 Análisis de mediciones en general

Fueron medidas con el Oxímetro los valores del SpO2 en la sangre y de la Frecuencia cardiaca del operador del PC para una exposición aguda de 6 minutos cuyos resultados están mostrados en la Tabla 21.

El tratamiento de datos por el test de Wilcoxon muestra una diferencia significativa (aumento) de la frecuencia cardiaca después de la exposición aguda al PC.

Teste/ Media, Desvío Estándar	SpO2 % (antes de exposición al PC)	SpO2 % (después de exposición al PC)	Frecuencia cardiaca (antes de exposición al PC)	Frecuencia cardiaca (después de exposición al PC)
M±SD	98.20±0.8	97.80±1.00	73.60±11.85	78.60±17.15

Tabla 22 Análisis de mediciones en general

Fuente: Diseño de Tesis

Los resultados de las mediciones del ambiente electromagnético en la sala de informática junto al operador durante los testes biofísicos están expuestos en la tabla 22.

Se observa que las intensidades de los campos electromagnéticos en bajas y altas frecuencias están muy por debajo a los límites de exposición recomendados por la ICRNIP y que son base de las normativas nacionales. Esto a su vez muestra que los niveles de exposición agudas a los que está sometido el operador de PC cumple la referida normativa nacional.

Campo Magnético (nT, 60 Hz) (medidos junto al operador)	Altas frecuencias, HF (mV/m, 9 kHz-6Ghz) (medidos junto al operador)
78.60±12.00	82±10

Tabla 23 Testes biofísicos
Fuente: Diseño de Tesis

4.2 Comparativa con Normas Nacionales

Se indica de manera detallada y de forma general los valores obtenidos de nuestras mediciones, y así poder compararlos con los valores permitidos por la entidad que regula las exposiciones de RNI en el país.

Tenemos las mediciones de CEM emitida por la Pc, al momento de que cada estudiante que colabore en la medición, durante los 6 minutos que estuvo trabajando frente al Computador. Se pudo observar que los valores de campo electromagnético recolectados con nuestros elementos, son en algunos casos mayores que otros. Sin embargo todos los valores que se obtuvieron en la medición están dentro del nivel de exposición permitido por el Ministerio del Ambiente de Ecuador, ya que las normas para radiaciones no ionizantes poblacional en el Ecuador es de 83 μ T, entre los valores se observa que no hay mucha diferencia entre ellos y a nivel general la media total es de.

Estudiantes	CAMPO ELECTROMAGNÉTICO	MINISTERIO AMBIENTAL
1	70nT	83 uT
2	75nT	83 uT
3	62nT	83 uT
4	76nT	83 uT
5	77nT	83 uT
6	77nT	83 uT
7	55nT	83 uT
8	55nT	83 uT
9	60nT	83 uT
10	55nT	83 uT
11	60nT	83 uT
12	70nT	83 uT
13	60nT	83 uT
14	60nT	83 uT
15	62nT	83 uT
16	77nT	83 uT
17	64nT	83 uT
18	70nT	83 uT
19	63nT	83 uT
20	75nT	83 uT
21	75nT	83 uT
22	63nT	83 uT
23	70nT	83 uT
24	70nT	83 uT

Tabla 24 Comparativas con Normas Nacionales

Fuente: Diseño de Tesis

4.3 Comparativa con Normas Internacionales

El análisis de los datos de los valores obtenidos, con respecto a la relación con las normas internacionales, son un punto muy interesante en nuestro trabajo ya que podremos realizar las comparaciones respectivas con entidades que rigen los valores límites de la exposición a la RNI. Como por ejemplo, el ICNIRP, y también comparar con otros países, donde los límites de la exposición son menos permisibles en comparación con las dos entidades anteriores, posteriormente se dará un análisis exhaustivo sobre los resultados y así poder dar recomendaciones de seguridad al momento de exponerse directamente a campos electromagnéticos.

Estudiantes	CAMPO ELECTROMAGNÉTICO	ICNIRP
1	70nT	83 uT
2	75nT	83 uT
3	62nT	83 uT
4	76nT	83 uT
5	77nT	83 uT
6	77nT	83 uT
7	55nT	83 uT
8	55nT	83 uT
9	60nT	83 uT
10	55nT	83 uT
11	60nT	83 uT
12	70nT	83 uT
13	60nT	83 uT
14	60nT	83 uT
15	62nT	83 uT
16	77nT	83 uT
17	64nT	83 uT
18	70nT	83 uT
19	63nT	83 uT
20	75nT	83 uT
21	75nT	83 uT

22	63nT	83 uT
23	70nT	83 uT
24	70nT	83 uT

Tabla 25 Comparativas con Normas Internacionales

Fuente: Diseño de Tesis

Tenemos las mediciones de campo electromagnético emitidas por el computador, todos los valores recolectados respetan el nivel máximo permitido del Ministerio del Ambiente del Ecuador y la ICNIRP cuyo valor de exposición de RNI es de 83 μ T. Sin embargo se puede observar que existen otros valores de límites en otros países que son más estrictos al momento de la exposición, por ejemplo Suiza tiene el nivel máximo permitido de 1 μ T, y Rusia tiene el nivel máximo permitido de 10 μ T, estos niveles asignados son para el ambiente, en nuestro caso y con los valores que recolectamos se respetan los niveles locales e internacionales, tanto así que también respetamos el nivel de los países menos permisivos en sus niveles, aunque no estaría de más siempre estar monitoreando y tratar de controlar las emisiones de RNI expuestas por el Computador.

Estudiantes	CAMPO ELECTROMAGNÉTICO	RUSIA	SUIZA
1	70nT	10 ut	1 ut
2	75nT	10 ut	1 ut
3	62nT	10 ut	1 ut
4	76nT	10 ut	1 ut
5	77nT	10 ut	1 ut
6	77nT	10 ut	1 ut
7	55nT	10 ut	1 ut
8	55nT	10 ut	1 ut
9	60nT	10 ut	1 ut
10	55nT	10 ut	1 ut
11	60nT	10 ut	1 ut
12	70nT	10 ut	1 ut

13	60nT	10 ut	1 ut
14	60nT	10 ut	1 ut
15	62nT	10 ut	1 ut
16	77nT	10 ut	1 ut
17	64nT	10 ut	1 ut
18	70nT	10 ut	1 ut
19	63nT	10 ut	1 ut
20	75nT	10 ut	1 ut
21	75nT	10 ut	1 ut
22	63nT	10 ut	1 ut
23	70nT	10 ut	1 ut
24	70nT	10 ut	1 ut

Tabla 26 Mediciones de Campos Magnéticos emitidos por el computador

Fuente: Diseño de Tesis

4.4 Análisis estadístico de mediciones

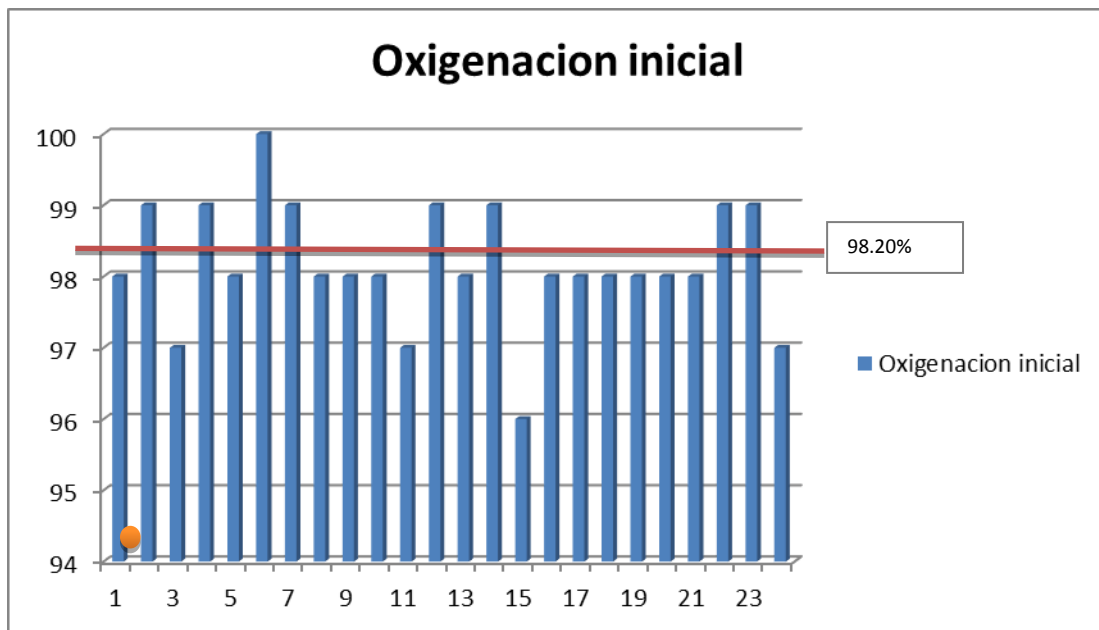


Figura 32 Análisis Estadístico de Oxigenación Inicial
Fuente: Diseño de Tesis

La representación en la figura 32 demuestra cada una de las mediciones de SpO₂ (antes de la exposición ante el PC), en el cual sobresale el valor de 100% como valor máximo y 96% como valor mínimo, sin embargo la media es de 98.20%, y la desviación estándar es 0.8%. Todos estos valores fueron recolectados a los operadores luego de que interactuaran con el computador durante una medición aguda, la cual sirve de una gran manera para saber si el computador es un agente estresante para el organismo del ser humano que ópera dicho artefacto.

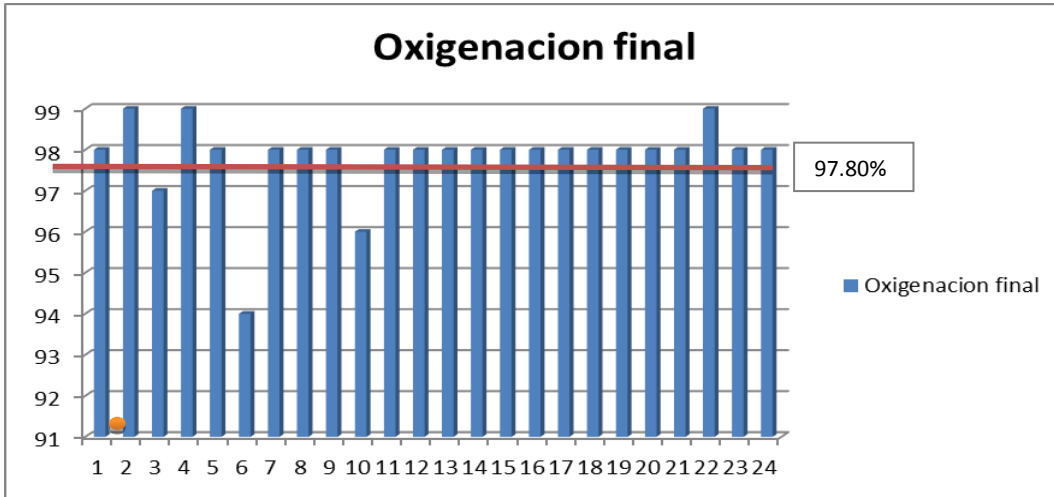


Figura 33 Análisis Estadístico de Oxigenación Final
Fuente: Diseño de Tesis

La representación en la figura 33 demuestra cada una de las medidas de SpO2 (después de la exposición ante el PC), en el cual sobresale el valor de 99% como valor máximo y 94% como valor mínimo, sin embargo la media es de 97.80%, y la desviación estándar es 1.0%. Todos estos valores fueron recolectados a los operadores luego de que interactuaran con el computador durante una medición aguda, la cual sirve de una gran manera para saber si el computador es un agente estresante para el organismo del ser humano que ópera dicho artefacto.

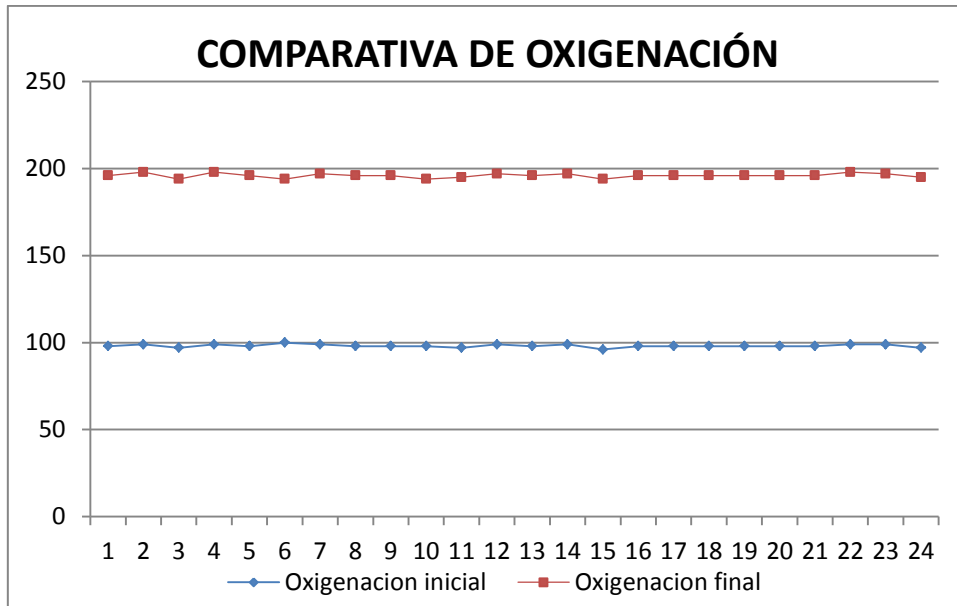


Figura 34 Análisis Estadístico de Oxigenación Total
Fuente: Diseño de Tesis

La representación en la figura 34 demuestra la comparación entre cada una de las mediciones de Oxigenación de la Sangre (antes y después de la exposición ante el PC), en este caso se puede asegurar que la oxigenación sanguínea, que emite cada operador después del contacto con el Computador, en la mayoría se puede observar que el nivel de oxigenación aumentan no significativamente y no es notable la diferencia con respecto a las mediciones realizadas antes de la exposición a la PC.

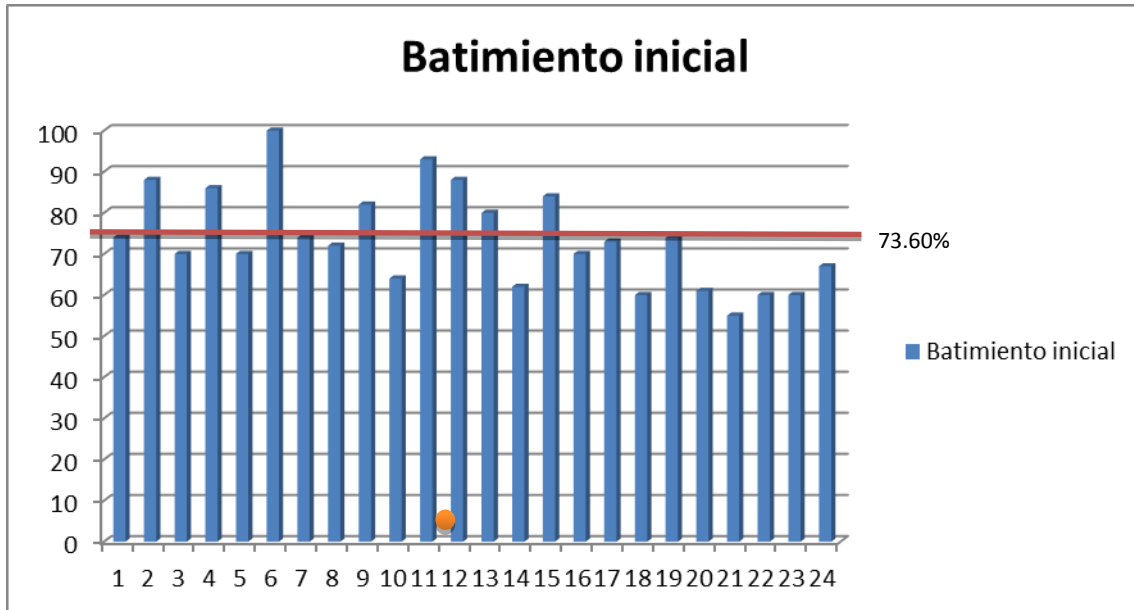


Figura 35 Análisis Estadístico de Batimiento Inicial
Fuente: Diseño de Tesis

La representación en la figura **35** demuestra cada una de las mediciones de Batimiento Cardíaco (antes de la exposición ante el PC), en el cual sobresale el valor de 100 como valor máximo y 55 como valor mínimo, sin embargo la media es de 73.60 y la desviación estándar es 11.85. Todos estos valores fueron recolectados a los operadores luego de que interactuaran con el computador durante una medición aguda, la cual sirve de una gran manera para saber si el computador es un agente estresante para el organismo del ser humano que ópera dicho artefacto.

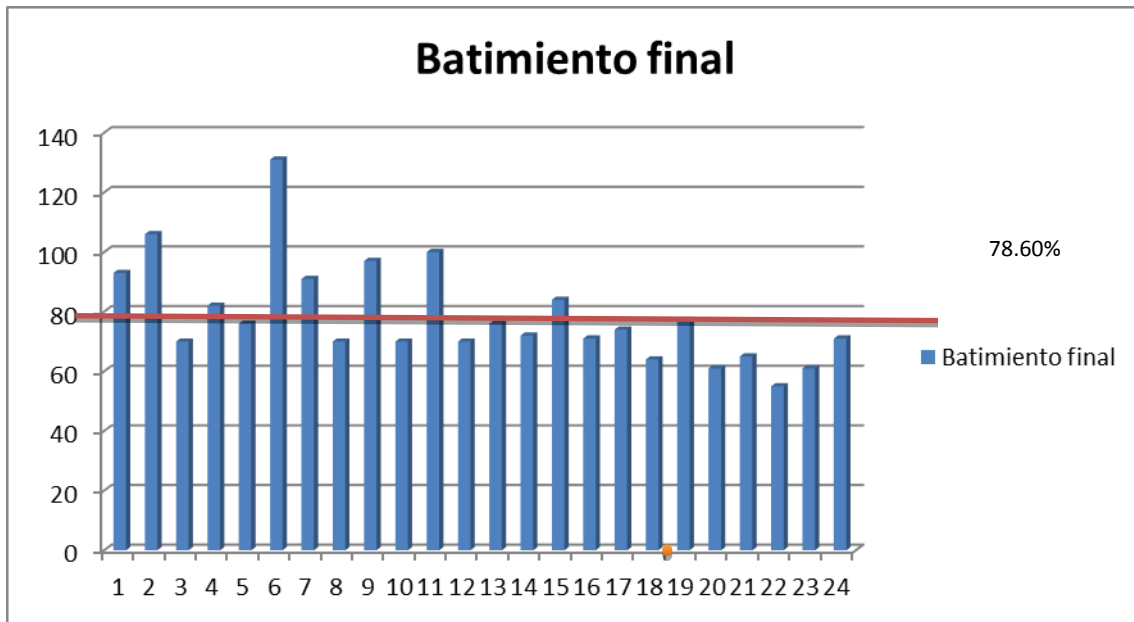


Figura 36 Análisis Estadístico de Batimiento Final
Fuente: Diseño de Tesis

La representación en la figura **36** demuestra cada una de las mediciones de Batimiento Cardíaco (después de la exposición ante el PC), en el cual sobresale el valor de 131, como valor máximo y 55 como valor mínimo, sin embargo la media es de 78.60 y la desviación estándar es 17,15. Todos estos valores fueron recolectados a los operadores luego de que interactuaran con el computador durante una medición aguda, la cual sirve de una gran manera para saber si el computador es un agente estresante para el organismo del ser humano que ópera dicho artefacto.

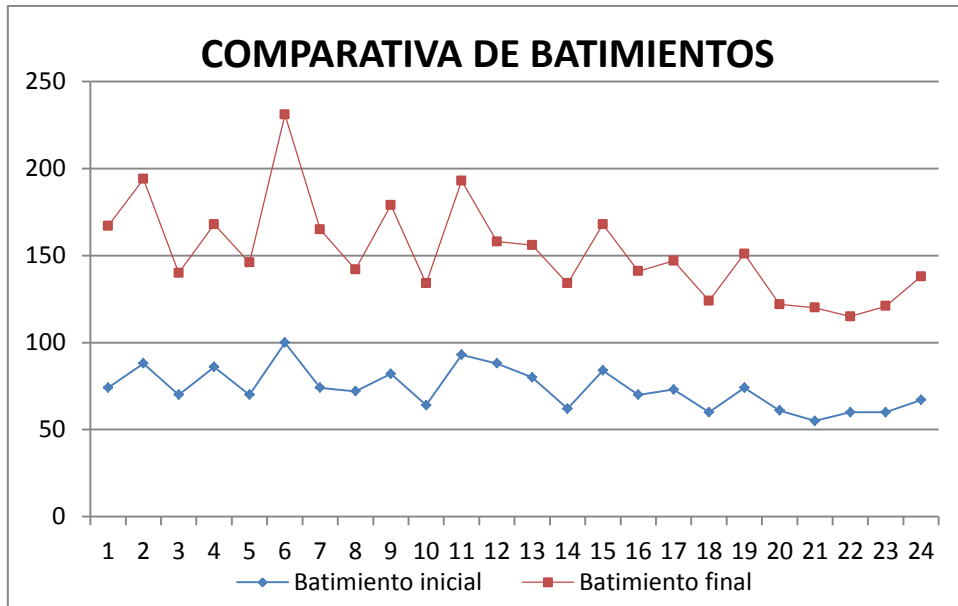


Figura 37 Análisis Estadístico de Batimiento Total
Fuente: Diseño de Tesis

La representación en la figura 37 demuestra la comparación entre cada una de las mediciones de Batimiento Cardíaco (antes y después de la exposición ante el PC), en este caso se puede asegurar que los batimientos cardíacos, que emite cada operador después del contacto con el Computador, en la mayoría se puede observar que los batimientos aumentan no significativamente pero si es notable la diferencia con respecto a las mediciones realizadas antes de la exposición a la PC.

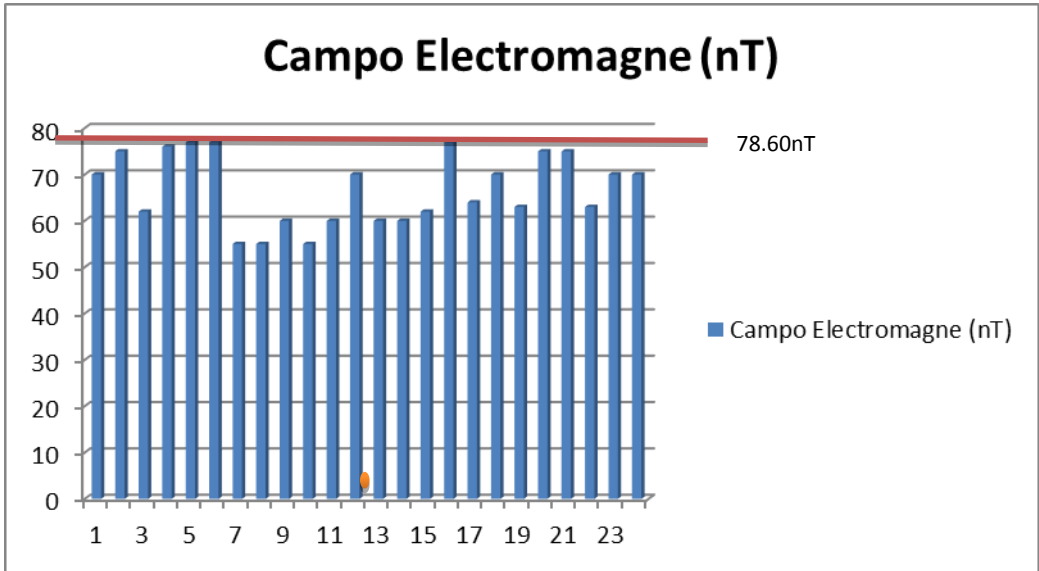


Figura 38 Análisis Estadístico del Campo Electromagnético
Fuente: Diseño de Tesis

La representación en la figura **38** demuestra cada una de las mediciones de Campo Electromagnético(al momento de la exposición ante el PC), en el cual sobresale el valor de 77nT como valor máximo y 55nT como valor mínimo, sin embargo la media es de 78.60 y la desviación estándar es 12.0.

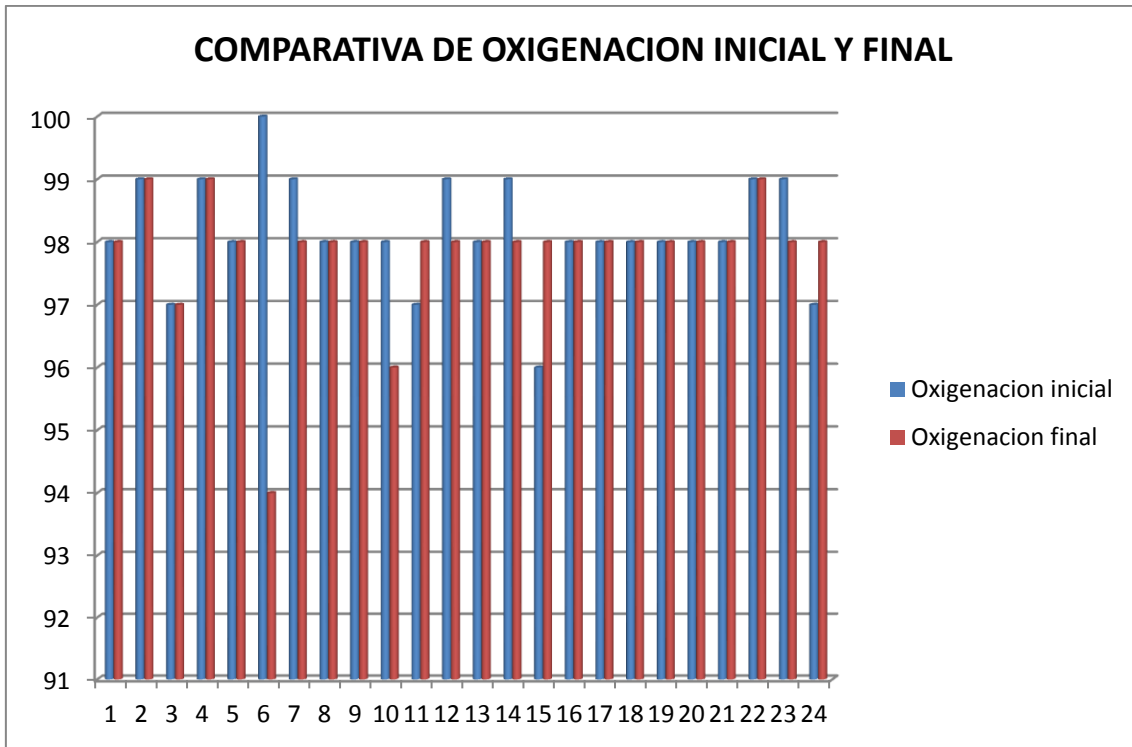


Figura 39 Análisis Comparativo de l Oxigenación Inicial y Final
Fuente: Diseño de Tesis

La representación en la figura **39** demuestra una breve comparación entre los valores de la SpO₂(antes y después de la exposición ante el PC), como se puede observar existe una ligera disminución, con respecto del primero al segundo, lo mismo indica el valor de la media encontrado en ambos casos, las cuales son 98.20% y 97.60%, existe una disminución de 0.60% en la oxigenación sanguínea. La cual no es considerable ante la exposición aguda a la cual fueron sometidos los alumnos, ya que el organismo compensa.

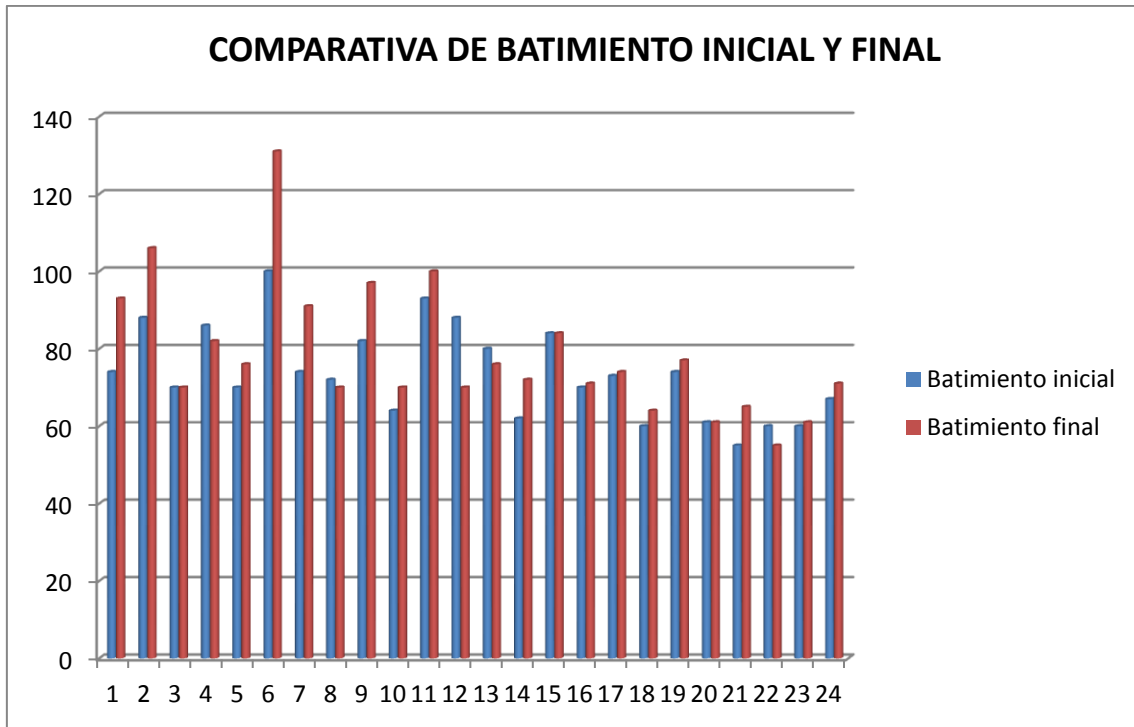


Figura 40 Análisis Comparativo del Batimiento Inicial y Final
Fuente: Diseño de Tesis

La representación en la figura **40** demuestra una breve comparación entre los valores de la Batimiento Cardíaco (antes y después de la exposición ante el PC), como se puede observar existe un ligero aumento, con respecto del primero al segundo, lo mismo indica el valor de la media encontrado en ambos casos, las cuales son 73.60 y 78.60, existe un aumento de 5 puntos en los batimientos cardíacos. La cual es una notable diferencia pero no es considerable ante la exposición aguda a la cual fueron sometidos los alumnos, se podría considerar que al someterse a esta exposición aguda, existe estrés el cual hace que obtengamos estos valores.

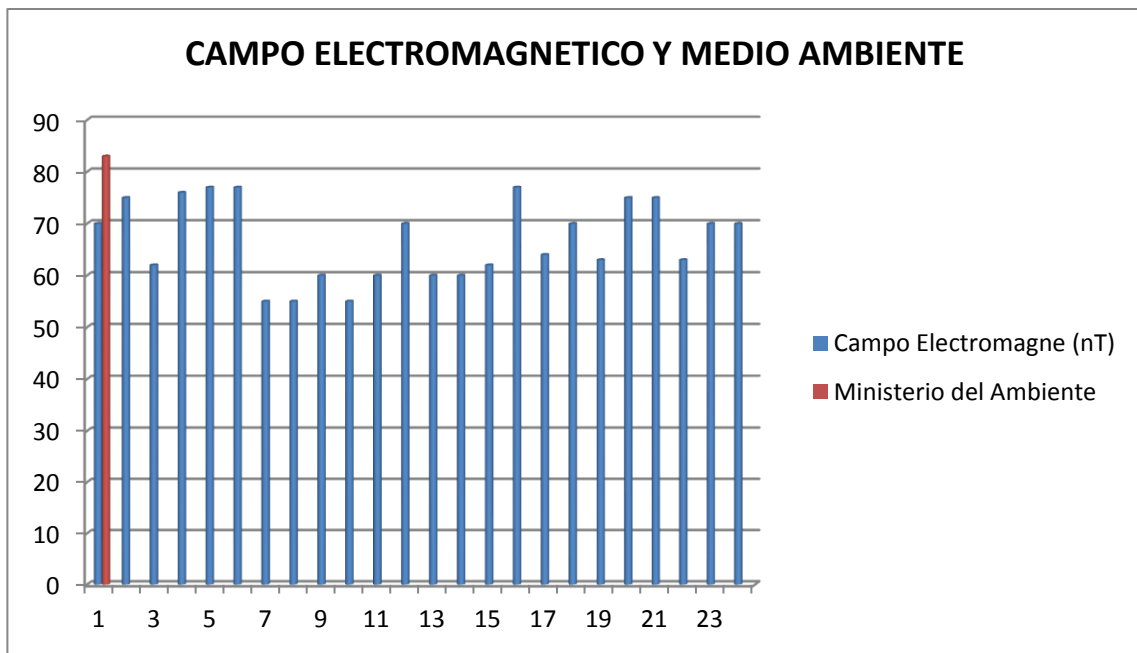


Figura 41 Análisis Comparativo entre el Campo Magnético y Medio Ambiente
Fuente: Diseño de Tesis

La representación en la figura **41** demuestra una breve comparación entre los valores que se recolectaron en las mediciones de Campo Electromagnético(al momento de la exposición ante el PC), y el nivel permitido por el Ministerio del Ambiente. Cabe recalcar que las mediciones recolectadas de los campos electromagnéticos emitidos por el computador están dadas en nt, la cual las hace muy por debajo del nivel permitido por la organización reguladora de nuestro país, cuyo valor es 83uT.

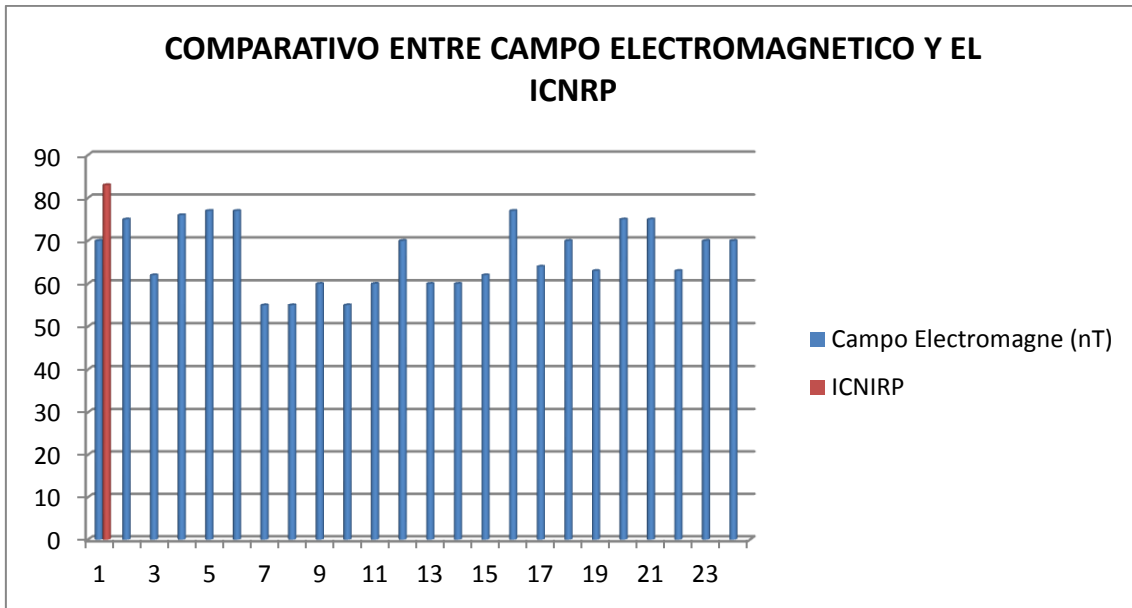


Figura 42 Análisis Comparativo entre el Campo Magnético y el ICNRP
Fuente: Diseño de Tesis

La representación en la figura 42 demuestra una breve comparación entre los valores que se recolectaron en las mediciones de Campo Electromagnético(al momento de la exposición ante el PC), y el nivel permitido por la ICNIRP. Cabe recalcar que las mediciones recolectadas de los campos electromagnéticos emitidos por el computador están dadas en nT, la cual las hace muy por debajo del nivel permitido por la organización reguladora a nivel internacional, cuyo valor es 83uT.

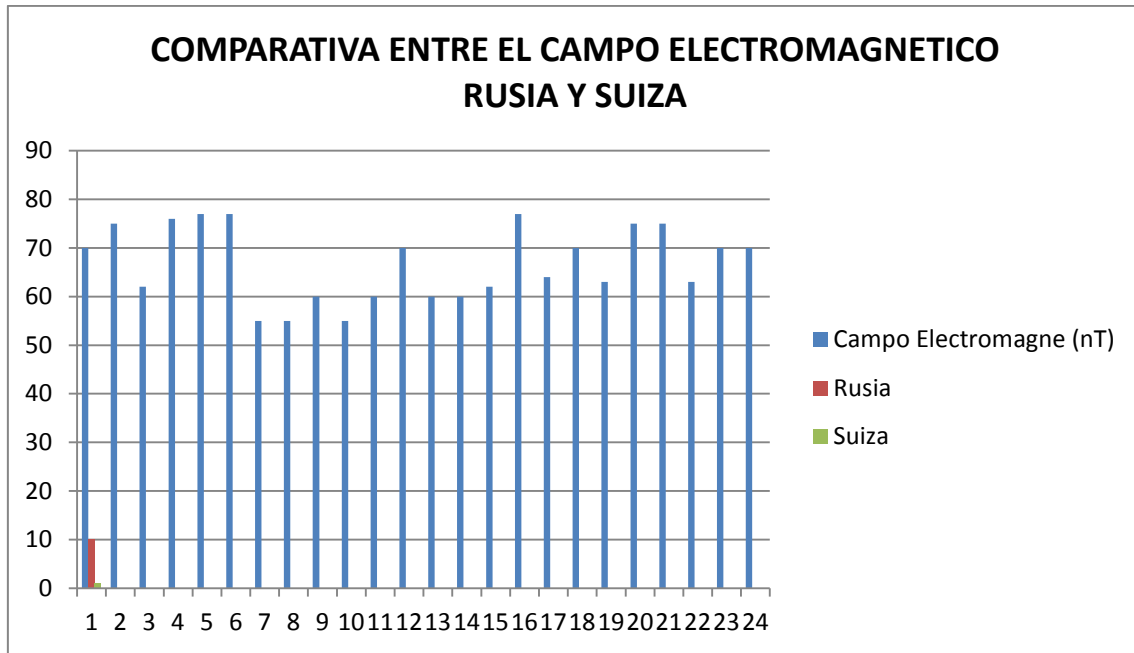


Figura 43 Análisis Comparativo entre el Campo Magnético, Rusia y Suiza
Fuente: Diseño de Tesis

La representación en la figura 43 demuestra una breve comparación entre los valores que se recolectaron en las mediciones de Campo Electromagnético (al momento de la exposición ante el PC), y el nivel permitido en los países de Rusia y Suiza respectivamente. Cabe recalcar que las mediciones recolectadas de los campos electromagnéticos emitidos por el computador están dadas en nT, la cual las hace muy por debajo del nivel permitido por la organización reguladora en Rusia, cuyo valor es 10 μ T y en Suiza, cuyo valor es 1 μ T.

CONCLUSIONES:

La cantidad de oxígeno parcial en el operador, no difiere significativamente de la media encontrada en nuestras mediciones, para el caso de radiación de baja frecuencia emitida por un PC.

El resultado obtenido sobre los valores de la cantidad de oxígeno, para el tiempo de exposición de 6 minutos, indicaría que el tiempo de exposición escogido, no tendría un impacto en la cantidad de oxígeno parcial del operador, (o para exposiciones agudas).

En el número de batidas cardíacas por minuto, existe una variación de aumento cuando el operador está expuesto a campos electromagnéticos de baja frecuencia, para una exposición aguda de 6 minutos.

La exposición electromagnética a la cual es sometido el operador de la PC, cumple con la legislación nacional e internacional, para un intervalo de tiempo mínimo de 6 minutos.

Las variaciones encontradas en el batimiento cardíaco, no implicarían un impacto de consideración en la salud del operador, porque los máximos encontrados, están dentro de la fisiología normal del organismo humano.

RECOMENDACIONES:

Adquirir equipos de medición de Campos Electromagnéticos, para que los alumnos de la carrera de Electrónica y Telecomunicaciones de la UPSE, puedan realizar proyectos y ellos mismos se encarguen de medir el Espectro Electromagnético en el campus.

Realizar periódicamente mediciones de Campo Electromagnético, en los laboratorios informáticos de la UPSE, que es uno de los lugares donde existen más Radiaciones no Ionizantes. Para que los alumnos trabajen en un ambiente que no perjudique la biología de su organismo.

Adquirir dispositivos de medición de altas y bajas frecuencias que permitan realizar mejores estudios sobre las consecuencias de exposición directa a los Campos Electromagnéticos

Efectuar mediciones periódicas del espectro electromagnético en toda la universidad, ya que los campos electromagnéticos están presentes en todos los lugares, pero en diferente magnitud.

BIBLIOGRAFÍAS:

- Abernathy CO, Roberts WC. (2010). *Environmental Protection Agency*. Salamanca: Hazar Mater.
- Aguilar G, G. (2001). *Bioelectromagnetismo: campos eléctricos y magnéticos y seres vivos*. Madrid: Editorial CSIC - CSIC Press.
- Becker R, R. O. (1998). *Electromagnetismo*. New York: The Body Electric.
- Becker, R. O. ((1998).). *Electromagnetismo*. New York: The Body Electric.
- Bueno M, M. (2010). La Contaminación Electromagnética. *Asociación Española de Medicina*.
- Center B, B. W. (2010). Campos electromagnéticos. *Terapia del Campo Electromagnético*.
- García S, D. (2005). *La Salud Humana y los Campos Electromagnéticos de Frecuencia Extremadamente Bajos*. Argentina.
- García S, S. (2005). *La salud humana y los campos electromagnéticos de frecuencia extremadamente baja*. Argentina: cen asociacion Toxicológica.
- GIL P - LOYZAGA. (2009). *ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS Y SALUD*. CHILE.
- Lövsund, P. K. (s.f.). Estocolmo: Consejo de Salud y Seguridad en el Trabajo de.
- Lövsund, P. K. (2005). *Low Frequency Electromagnetic Field Near Some Induction Heaters*. Estocolmo.
- Mercola R, D. R. (January 2012). Environmental and Occupational Health. *Salud Natural #1 del Mundo*.
- Olmedo, B. G. (2005). *Fundamentos de Electromagnetismo*.
- OMS. (2005). *Campos electromagnéticos & salud pública*. Peru: Instituto Nacional de Investigación y Capacitación de Telecomunicaciones.
- Purcell E, M.-H. (1963). *Electricity and Magnetism*.
- Solano, V. &. (2014). *CONCEPTOS BÁSICOS DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS DE BAJA FRECUENCIA*. CANTABRIA: Grupo de Electromagnetismo.
- Stuchly, M. D. (1985). *Induction heating and operator exposure to electromagnetic fields*.
- SUPERTEL. ((2011, Noviembre 14)). *Radiones No Ionizantes*.
- Szmigielski, S. M. (2006). *Immunologic and cancer related aspects of exposure to low-level microwave and radiofrequency*.
- Úbeda, F. V. (2001). *CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS Y SALUD PÚBLICA*. España.
- Úbeda, F., & Vargas, A. (2001). *Campos electromagnéticos y salud pública*. España.
- Wagner A, A. D. (2008). *Efectos agudos y crónicos de la exposición ante campos magnéticos*. Salamanca.

ANEXOS

ANEXO No 1

CERTIFICACIÓN GRAMATICAL Y ORTOGRAFICA

En mi calidad de Licenciado en la especialidad de Lengua y Literatura, luego de haber revisado y corregido la tesis “ Estudio experimental mediante un oxímetro de pulso, sobre la interacción de los campos electromagnéticos emitidos por un PC y los niveles de oxigenación del organismo del operador“, previo a la obtención del Título de INGENIERO EN ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES, 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, HERRERA BANCHON EDISON JANIO, certifico que está habilitada con el correcto manejo del lenguaje, claridad en la expresión, coherencia en los conceptos, adecuado empleo de la sinonimia, corrección ortográfica y gramatical.

Es cuanto puedo decir en honor a la verdad.

La Libertad, 07 de agosto del 2015

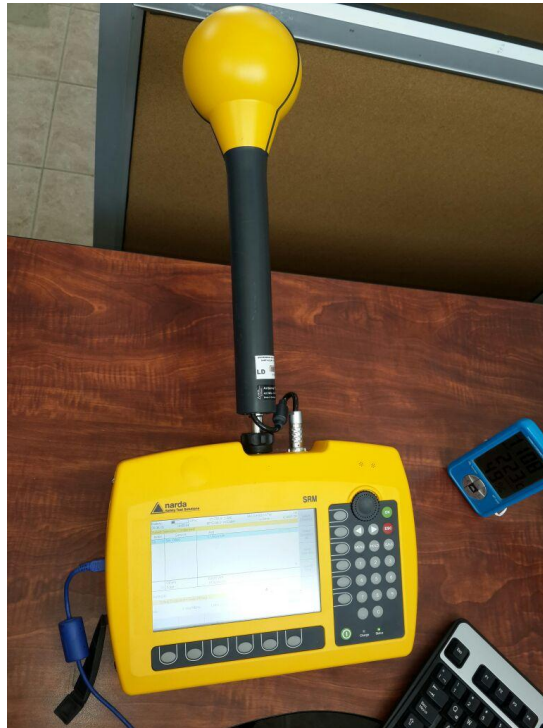
Lcd.

.....

LICENCIADA EN LITERATURA Y PEDAGOGIA

Anexo No 2

ANALIZADOR DE ESPECTROS PORTATIL Aaronia SPECTRAN NF50-35



Medidor de campos electromagnéticos de muy baja frecuencia (ELF), es utilizado para medir los campos electromagnéticos producidos por las radiaciones no ionizantes las cuales son producidas por diversos artefactos, cargados eléctricamente y magnéticamente, trabaja hasta frecuencias de 30Hz

ANEXO No 3

ANALIZADOR DE ESPECTROS PORTATIL NARDA SAFETY TEST SOLUTIONS SRM -3006



Medidor de campos electromagnéticos de alta frecuencia (MF), es utilizado para medir los campos electromagnéticos producidos por diferentes factores como por ejemplo, las líneas de alta tensión que se encuentran en todo lugar, trabaja en el rango de frecuencia de 1MHz hasta 9.4GHz

ANEXO No 4
ANTENA DEL ANALIZADOR DE ESPECTROS DE NARDA DE 3 EJES.



Antena que se encarga de expandir el alcance de las mediciones, ya que está compuesta de tres ejes, lo que permite que la recepción de las ondas electromagnéticas sea en todos los sentidos y aumente la cobertura del lugar de las mediciones.

ANEXO No 6
ANALIZADOR DE ESPECTROS NARDA CON SU RESPECTIVO TRIPODE



Aquí vemos el momento en el que se medían los campos electromagnéticos de alta frecuencia en el laboratorio #4 de Informática de la UPSE, esto se realizó tomando las debidas medidas de precaución y revisando que existan las mejores condiciones para realizar las mediciones.

ANEXO No 7
TERMO – HIGOMETRO DIGITAL MINIPA MT – 240



Se encarga de medir la temperatura y humedad del laboratorio. En el cual se realizaran las respectivas mediciones para llevar a cabo el proyecto, y así poder trabajar en un ambiente acondicionado para poder trabajar de muy buena manera.

ANEXO No 8
LABORATORIO DONDE SE REALIZO LA MEDIACION.



Grupo de estudiantes a los que se les realizo las respectivas mediaciones y el lugar donde se realizaron las mediciones de campo electromagnético y la respectiva oxigenación de la sangre y los batimientos cardiacos a cada uno de los operadores.