



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA “GESTIÓN AMBIENTAL”

TESIS DE GRADO
PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL

TEMA:
EVALUACIÓN DE NIVELES DE RADIACIÓN NO
IONIZANTE PRODUCIDA POR LAS LÍNEAS DE
TRANSMISIÓN DE 230 kV EN LA ZONA DE QUEVEDO

AUTOR:
ROY ALFREDO CASANOVA PÁRRAGA

DIRECTOR:
ING. JORGE NEIRA MOSQUERA

QUEVEDO - LOS RÍOS - ECUADOR

2012



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA “GESTIÓN AMBIENTAL”

Tesis presentada al Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias Ambientales como requisito previo para la obtención del Título de:

INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL

TEMA:

**EVALUACIÓN DE NIVELES DE RADIACIÓN NO IONIZANTE
PRODUCIDA POR LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN DE 230 kV
EN LA ZONA DE QUEVEDO**

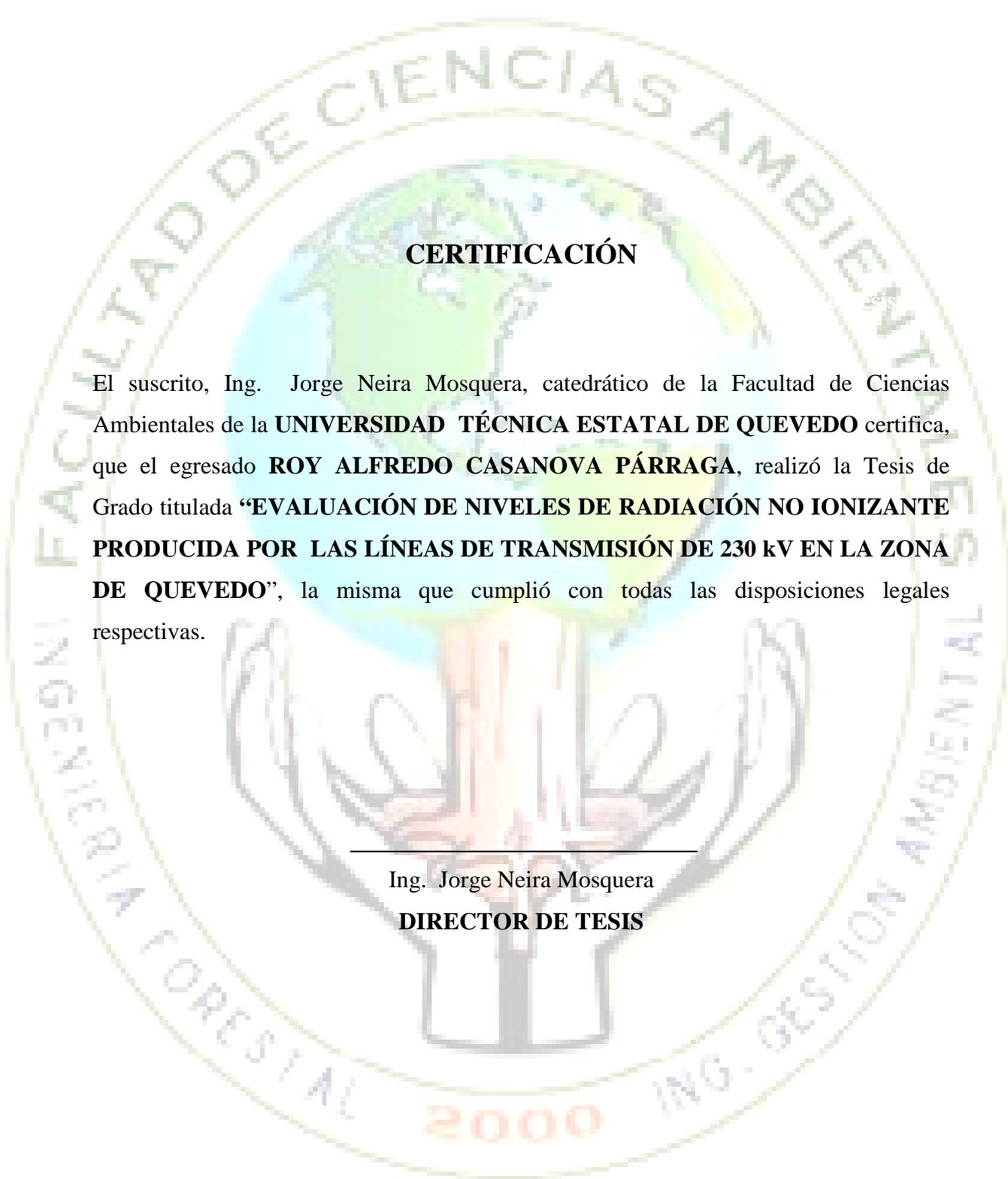
APROBADO POR:

Ing. Jorge Neira Mosquera
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Luis Males Rivera
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Rafael Garcés Estrella
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Agustín Leiva Pérez
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



CERTIFICACIÓN

El suscrito, Ing. Jorge Neira Mosquera, catedrático de la Facultad de Ciencias Ambientales de la **UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO** certifica, que el egresado **ROY ALFREDO CASANOVA PÁRRAGA**, realizó la Tesis de Grado titulada “**EVALUACIÓN DE NIVELES DE RADIACIÓN NO IONIZANTE PRODUCIDA POR LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN DE 230 kV EN LA ZONA DE QUEVEDO**”, la misma que cumplió con todas las disposiciones legales respectivas.

Ing. Jorge Neira Mosquera
DIRECTOR DE TESIS



AUTORÍA

Los resultados, conclusiones y recomendaciones en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad del autor.

Roy Alfredo Casanova Párraga

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la vida, salud, fortaleza, y guía para lograr mi meta con éxito.

Al Ing. For. Antonio Véliz Mendoza, Decano de la Facultad de Ciencias Ambientales.

Al Ing. For. Gary Ramírez Huila, Subdecano de la Facultad de Ciencias Ambientales.

Al Ing. Jorge Neira por haber sido un excelente Director de Tesis, coordinador de carrera de Gestión Ambiental, y por el invaluable apoyo brindado de su tiempo durante el periodo de la realización de este estudio.

Al Ing. Pedro Suatunce Cunúñay en su valiosa asesoría en el análisis del diseño experimental e interpretación de los resultados de la investigación.

Al Ing. Luis Males Rivera, Presidente del Miembro del Tribunal de Tesis

Al Ing. Rafael Garcés Estrella, Miembro del Tribunal de Tesis.

Al Dr. Agustín Leiva por sus valiosas cátedras y asesoría en la redacción técnica del documento, y Miembro del Tribunal de Tesis.

A los ingenieros Jimmy Briones, Guillermo Law, Rodrigo Montenegro, Darwin Salvatierra, Elías Cuásquer, Luis Males Rivera, Rafael Garcés Estrella y demás docentes de la Facultad de Ciencias Ambientales por guiarnos en nuestra preparación como futuros profesionales.

A Verónica Rizo por tu sinceridad y por llegar a formar parte de mi vida.

A mi abuelita Idilia⁺, padres, hermano, tíos y demás familiares por haberme apoyado incondicionalmente en los buenos y malos momentos.

A mis compañeros, Simón Muñoz, Leandro Espinosa, Fabricio Franco, Fernando Nupia, Rafael Rivera, y Briggittys Ruiz quienes supieron compartir y brindar su amistad en estos cinco años.

Finalmente reitero mis sinceros agradecimientos a todas las personas que de alguna forma colaboraron a la culminación de la presente investigación.

DEDICATORIA

A Dios por que todo lo que soy se lo debo a el.

A Idilia Molina, mí abuelita, quien es mi mejor recuerdo por haber sido la persona dulce, caritativa, solidaria del mundo y sé que tienes ganado el cielo y te lo mereces.

A Letty y Roy, mis padres por brindarme su apoyo incondicional en todo momento sin pedirme nada estar siempre a mi lado.

A mi querido hermano Ronnie que es lo más valioso que Dios me ha dado.

A Godfrey, Edith, Oswaldo y demás tíos por recibir siempre sus ayudas, consejos y sabidurías.

A Verónica por ser mi apoyo y confianza en los buenos y malos momentos.

A mis amigos, por haber compartido buenas y malas experiencias vividas.

Roy Alfredo Casanova Párraga.

TABLA DE CONTENIDOS

Portada	i
Aprobación del Tribunal de Grado	ii
Certificación del Director de Tesis	iii
Autoría	iv
Agradecimientos	v
Dedicatoria.....	vi
Tabla de Contenidos	vii
Índice de Tablas	xi
Índice de Figuras.....	xiii
(Dublin Core) Esquemas de Codificación	xv
I. INTRODUCCIÓN	17
A. Justificación.....	19
B. Objetivos	20
1. Objetivos Generales.....	20
2. Objetivos Específicos	20
C. Hipótesis.....	20
II. REVISIÓN DE LITERATURA	21
A. Marco Legal	21
1. International Commission on Non Ionizing Radiation Protection	21
2. Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE).....	22
3. Consejo de la Unión Europea. Recomendación relativa a la exposición del público en general a campos electromagnéticos (0 Hz a 300 GHz)	22
4. Constitución de la Republica del Ecuador.....	23

5.	Ministerio del Ambiente del Ecuador, Leyes y Políticas Ambientales.....	26
B.	Definición de Términos.....	27
C.	Antecedentes de investigaciones en contaminación electromagnética	32
D.	Contaminación Electromagnética	33
E.	Espectro Electromagnético.....	34
1.	Radiaciones Ionizantes RI	35
2.	Radiaciones No Ionizantes RNI	35
3.	Radiofrecuencia.....	37
F.	Campos Electromagnéticos.....	40
1.	Campo Eléctrico E.....	40
2.	Campo Magnético B.....	41
3.	Líneas de Transmisión.....	42
4.	Indicadores	43
5.	Unidades básicas utilizadas en la medición de campos electromagnéticos..	44
6.	Medidor de campos electromagnéticos	45
7.	Exposición	47
8.	Valoraciones de riesgo	48
9.	Posibles efectos biológicos sobre la salud.....	49
10.	Posibles efectos de los campos eléctricos	50
11.	Posibles efectos de los campos magnéticos.....	51
12.	Estudios Epidemiológicos y Biofísicos	51
13.	Efectos a largo plazo y efectos agudos.....	54
14.	Normas, prevención y normas sobre exposición.....	56
15.	Justificación general de los factores de seguridad.....	58
G.	Sistemas de Información Geográfica	61

1.	Qué es un SIG.....	61
2.	Sistemas que componen el SIG	61
3.	Tipos de SIG.....	61
4.	Geoprocesamiento	62
5.	Extracción de datos.....	62
H.	Mapa.....	64
1.	Tipos de Mapas.....	64
I.	Sistema de Posicionamiento Global	65
1.	Descripción del Sistema de Posicionamiento Global (GPS).....	66
J.	Educación Ambiental.....	68
1.	Objetivos de la educación Ambiental.....	69
2.	Estrategias de la Educación Ambiental	70
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	72
A.	Localización del Proyecto	72
B.	Materiales	74
1.	Materiales de oficina	74
2.	Materiales de campo.....	74
C.	Métodos.....	75
1.	Monitoreo de la intensidad de radiación electromagnética producida por las Líneas de Transmisión Eléctrica.....	75
2.	Diseño del cuestionario tipo Likert para efectos causados por los campos electromagnéticos	79
3.	Mapa Temático de campos electromagnéticos.....	82
4.	Desarrollo de propuesta de acuerdo a los resultados obtenidos en la medición de radiaciones no ionizantes y la encuesta tipo Likert.....	82

IV. RESULTADOS	83
A. Monitoreo de la cantidad de radiación electromagnética producidas por las Líneas de Transmisión Eléctrica.....	83
B. Análisis estadístico del cuestionario tipo Likert para los efectos causados por los campos electromagnéticos en la salud de las personas.	87
C. Interpretación de resultados del cuestionario en la evaluación de la percepción ciudadana sobre los efectos que causa la exposición a las líneas de transmisión en función del bienestar de la población.	90
D. Mapas Temáticos de Campos Electromagnéticos.....	97
E. Desarrollo de propuesta de acuerdo a los resultados obtenidos en la medición de radiaciones no ionizantes	101
F. Verificación de la Hipótesis.....	101
V. DISCUSIÓN	102
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	104
A. Conclusiones	104
B. Recomendaciones.....	106
VII. RESUMEN	108
VIII.SUMMARY.....	110
IX. BIBLIOGRAFÍA	112
ANEXOS	116

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de las Radiofrecuencias	37
Tabla 2. Niveles de Referencia para la Exposición a Campos Eléctricos y Magnéticos de 60 Hz.....	44
Tabla 3. Niveles de Referencia para limitar la Exposición a Campos Eléctricos y Magnéticos de 60 Hz para líneas de alta tensión medidos en el límite fuera de su franja de servidumbre.....	44
Tabla 4. Unidades más utilizadas y factores de conversión entre ellas	45
Tabla 5. Efectos biológicos supuestos o reconocidos de los Campos Eléctricos y Magnéticos.....	54
Tabla 6. Niveles de referencia para Exposición Ocupacional a Campos Eléctricos y Magnéticos (valores rms no perturbados).....	60
Tabla 7. Niveles de referencia para Exposición Poblacional a Campos Eléctricos y Magnéticos (valores rms no perturbados).....	60
Tabla 8. Características climatológicas y edafológicas de la zona de Quevedo.....	73
Tabla 9. Coordenadas del tramo de estudio de las torres de líneas de transmisión	73
Tabla 10. Identificación de los Tratamientos y Puntos Medios entre Torres	78
Tabla 11. Modelo para la tabulación del diseño experimental	78
Tabla 12. Tabla de alternativas o puntos en la escala de Likert	80
Tabla 13. Escala de Valoración Likert.....	80
Tabla 14. Puntuaciones según escala de Likert	81
Tabla 15. Tabla de Selección de Ítems	81
Tabla 16. Análisis de varianza de Campos Eléctricos	83
Tabla 17. Análisis de varianza de Campos Magnéticos	84

Tabla 18. Análisis de varianza de la Densidad de Flujo Magnético.....	86
Tabla 19. Cuestionario utilizado en la encuesta	87
Tabla 20. Matriz de valoración	88
Tabla 21. Valores absolutos de frecuencias.....	89
Tabla 22. Valores “t” del resultado de la comparación T máx - T min	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Espectro Electromagnético.....	34
Figura 2. Espectro Electromagnético y su Clasificación	36
Figura 3. Diferencia de tensión que existe entre un punto y otro	41
Figura 4. Tipos de líneas eléctricas de alta tensión o líneas de transmisión.....	43
Figura 5. Medidor de campos electromagnéticos Lutron EMF-839.....	46
Figura 6. Inducción de campos magnéticos (a), y eléctricos (b), en el cuerpo humano .	49
Figura 7. Camino que lleva de la exposición a la enfermedad: A: Estudios invitro, B: Estudios in vivo y C epidemiología.....	52
Figura 8. Uso del SIG en la obtención de mapas temáticos	61
Figura 9. Operación de recorte en una capa base	63
Figura 10. Herramientas de entrada y salida del geoprociamiento.....	63
Figura 11. Mapa de Ubicación del Proyecto.....	72
Figura 12. Medición perfil lateral. Configuración típica con alturas de objetos permanentes	76
Figura 13. Diferenciación de Medias entre Tratamientos de los Campos Eléctricos	84
Figura 14. Diferenciación de Medias entre Tratamientos de los Campos Magnéticos ..	85
Figura 15. Diferenciación de Medias entre Tratamientos de los Densidades de F. M. ..	87
Figura 16. Consideración de criterios sobre los posibles efectos en la salud.	90
Figura 17. Criterios sobre el origen de producir enfermedades y afectar a la reproducción.	91
Figura 18. Criterios sobre cambios biológicos debido a la exposición	92
Figura 19. Criterios de afectación al sistema cardiovascular.....	92
Figura 20. Criterios de afectación al sistema nervioso	93

Figura 21. Criterios por la exposición en circunstancias de trabajo	94
Figura 22. Criterios por la exposición prolongados a campos electromagnéticos.....	95
Figura 23. Criterios variados sobre síntomas alérgicos que produce la exposición	95
Figura 24. Criterios acerca de personas que tenían cáncer por vivir cerca de las líneas de transmisión.....	96
Figura 25. Criterios variados para la promoción de la salud y control de riesgos.....	97
Figura 26. Mapa de Campos Eléctricos	98
Figura 27. Mapa de Campos Magnéticos	99
Figura 28. Mapa de Densidades de Flujos Magnéticos	100
Figura 29. Materiales y equipos utilizados.	121
Figura 30. Medición a campo abierto en las líneas de transmisión.	121
Figura 31. Toma de coordenadas de posición de las torres.	122
Figura 32. Toma de datos de campos electromagnéticos.	122
Figura 33. Toma de Datos en diferentes puntos de las líneas de transmisión	123
Figura 34. Diferentes escenarios de las mediciones	123

(DUBLIN CORE) ESQUEMAS DE CODIFICACION			
1.	Título /Title	M	Evaluación de Niveles de Radiación No Ionizante Producida por las Líneas de Transmisión de 230 kV en la Zona de Quevedo
2.	Creador /Creator	M	Casanova R; Universidad Técnica Estatal de Quevedo
3.	Materia /Subject	M	Ciencias Ambientales; Radiaciones No Ionizantes; Sector Eléctrico
4.	Descripción /Description	M	<p>La presente investigación se realizó en el cantón Quevedo, provincia Los Ríos, el objetivo principal de la misma consistió en medir los niveles de radiación no ionizante producidos por las líneas de transmisión (alta tensión), el objetivo principal fue: Evaluar los niveles de radiación no ionizante producida por las líneas de transmisión eléctrica de 230 kV en la zona de Quevedo.</p> <p>Se concluye en que los propietarios de predios rústicos y urbanos no respetan el ancho de la franja de servidumbre (30 metros hacia los costados de la línea de transmisión), las plantaciones bananeras que se encuentran bajo la línea de transmisión como la Hacienda El Porvenir, exponen tanto los cultivos como a los trabajadores agrícolas a radiaciones electromagnéticas.</p>
5.	Editor /Publisher	M	FACAMB; Carrera Gestión Ambiental; Casanova R
6.	Colaborador /Contributor	O	Ninguno
7.	Fecha /Date	M	13-03-2012
8.	Tipo /Type	M	Tesis de Grado; Artículo
9.	Formato /Format	R	.doc MS Word 97; .pdf.

10.	Identificador /Identifier	M	http://biblioteca.uteq.edu.ec
11.	Fuente /Source	O	Investigación Ambiental. Contaminación Electromagnética; (2012)
12.	Lenguaje /Languaje	M	Español
13.	Relación /Relation	O	Ninguno
14.	Cobertura /Coverage	O	Localización geoespacial electromagnética
15.	Derechos /Rights	M	Ninguno
16.	Audiencia /Audience	O	Tesis de Pregrado/ Bachelor Thesis

I. INTRODUCCIÓN

El mundo actual tiene la tecnología e información cada vez más al alcance de las personas, esto es muy bueno, pero en cierta medida los sistemas electrónicos generan radiación, y la mayoría de estos aparatos emiten radiación no ionizante (RNI) que es menos perjudicial que la radiación ionizante pero no por eso hay que dejar de lado los posibles efectos que puedan ocasionar las radiaciones que están llegando a cada instante. (Romero, et al. 2006)

Cuando referimos a contaminación electromagnética o electropolución, hablamos de la contaminación producida por los campos eléctricos y electromagnéticos como consecuencia de la multiplicidad de aparatos eléctricos y electrónicos que rodean por todas partes, tanto en el hogar y trabajo, la población general se encuentra expuesta de forma cotidiana y continua a un ambiente laboral y doméstico producida como consecuencia por el modo de vida. (Castillo, et al. 2001)

El impacto sobre la salud de los campos electromagnéticos (CEM) que recae dentro del mandato de la Organización Mundial de la Salud (OMS), en el área de salud ambiental define el propósito del Proyecto CEM para promover el establecimiento de los límites de exposición y otras medidas de control que proporcionen el mismo o similar nivel de protección de la salud para todas las personas. (OMS, 2006).

En la presente investigación se proporcionará información sobre los impactos que causan las radiaciones no ionizantes en la salud humana, ya que implica la realización de monitoreo, establecimiento de cartografía temática, y efectos a los organismos vivos, utilizando las restricciones básicas y límites permisibles para exposiciones de campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos en el área de influencia de las líneas de transmisión eléctrica en el cantón Quevedo.

En los últimos cincuenta años, el consumo de energía eléctrica no ha dejado de crecer en el mundo industrializado. Las líneas de transporte y distribución de electricidad se han extendido. La utilización de aparatos eléctricos de todo tipo como radio, televisión, aparatos domésticos, hornos a microondas, computadoras personales, etc.

A pesar de que la electricidad se ha convertido en esencial para nuestra calidad de vida, la sociedad ha comenzado a preguntarse sobre los efectos potenciales vinculados a su presencia en nuestro medio ambiente. En efecto, siempre que se utilice la electricidad, se crean campos eléctricos y magnéticos alrededor de los aparatos, de los cables y de las líneas.

Conocer cómo estos campos interactúan con los sistemas que se encuentran en su medio ambiente inmediato, es uno de los objetivos que persigue desde hace más de veinte años la comunidad científica internacional con el propósito de conocer mejor sus posibles efectos sobre la salud humana y animal.

A. Justificación

La Comisión Internacional para la Protección contra las Radiaciones No Ionizantes (International Commission on Non Ionizing Radiation Protection “ICNIRP¹”), el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (Institute of Electrical and Electronic Engineers “IEEE²”), junto a la Organización Mundial de la Salud “OMS³”, se han visto obligados a poner énfasis en el desarrollo de restricciones y límites de exposición de las radiaciones no ionizantes, para mitigar los posibles efectos sobre la salud humana.

Hoy en día existen una serie de Normas Técnicas sobre límites de exposición y métodos de medición de campos eléctricos y magnéticos, que han sido elaboradas por organismos competentes, con un adecuado soporte científico, aplicables tanto a la industria, líneas de media y alta tensión, terminales de radiofrecuencia etc.

El desarrollo de este estudio proporcionará información teórica, de cómo está formado el espectro electromagnético, las radiaciones ionizantes y no ionizantes, límites de exposición, los procedimientos metodológicos y prácticos para el monitoreo en las líneas de transmisión eléctrica que son administradas por Transelectric⁴ y ver como se siente afectada la población de la zona y dar a conocer a qué están expuestos.

Los principales efectos de las radiaciones no ionizantes sobre la salud humana analizados en las investigaciones realizados por la OMS, ICNIRP, y la Unión Europea para un individuo afectado por exposición constante durante aproximadamente 30 minutos a campos eléctricos, magnéticos, y electromagnéticos producidos por antena de telefonía celular o los transformadores eléctricos de potencia son: efectos cardiovasculares y sobre el sistema nervioso central, choques eléctricos, quemaduras de piel, sobrecalentamiento de los tejidos nerviosos, pérdidas auditivas por las microondas o vibraciones de la fuente, cargas eléctricas superficiales y estimulación nerviosa y muscular.

¹ICNIRP International Commission on Non Ionizing Radiation Protection

²IEEE Institute of Electrical and Electronic Engineers

³OMS Organización Mundial de la Salud

⁴TRANSELECTRIC Compañía Nacional de Transmisión de Eléctrica

B. Objetivos

1. Objetivos Generales

Evaluar los niveles de radiación no ionizante producida por las líneas de transmisión eléctrica de 230kV en la zona de Quevedo.

2. Objetivos Específicos

- Monitorear la cantidad de radiación electromagnética producida por las líneas de transmisión eléctrica en el tramo Quevedo – Cuatro Mangas;
- Determinar los efectos causados por los campos electromagnéticos en personas expuestas a este tipo de radiación;
- Obtener un mapa temático con los resultados del monitoreo; y,
- Elaborar una propuesta de Educación Ambiental que contribuya a disminuir los efectos de este tipo de radiación, si es que los hubiera.

C. Hipótesis

Los niveles de radiación no ionizante producidas por líneas de transmisión eléctrica no exceden la norma propuesta por la Comisión Internacional para la Protección contra las Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP).

II. REVISIÓN DE LITERATURA

A. Marco Legal

Hoy en día existen una serie de normas técnicas sobre límites de exposición y métodos de medición de campos eléctricos y magnéticos que han sido elaboradas por organismos competentes, con un adecuado soporte científico, aplicables tanto a la industria como a líneas de media y alta tensión, terminales de radiofrecuencia, etc. Dentro de las principales agencias internacionales que han promulgado las normativas de exposición a campos eléctricos y magnéticos están: la ICNIRP, OMS, IEEE.

1. International Commission on Non Ionizing Radiation Protection (ICNIRP)

La Comisión Internacional para la Protección contra las Radiaciones No- Ionizantes (ICNIRP), es un organismo vinculado a la Organización Mundial de la Salud, cuya función es la de investigar los peligros que pueden asociar con las diferentes formas de radiaciones no ionizantes (RNI) y así proporcionar protección contra efectos adversos a la salud conocidos, mediante la publicación de recomendaciones internacionales para limitar la exposición a campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (CEM) en el rango de 0 a 300 GHz.

Para la emisión de las recomendaciones o guías ICNIRP en 1998 se discutieron resultados de laboratorio y epidemiológicos, criterios básicos de exposición y niveles de referencia para evaluación práctica del peligro y las recomendaciones presentadas se aplican a la exposición ocupacional y las restricciones en estas recomendaciones se basan en datos científicos, el conocimiento disponible a la fecha, proporcionando una adecuada protección a la exposición de campos electromagnéticos variables en el tiempo⁵. Además producto de su evaluación crítica y profundo análisis literario sobre campos electromagnéticos, se concluye que no existe evidencia científica convincente acerca de los campos electromagnéticos sean iniciadores de cáncer. (ICNIRP),

⁵ El grupo de expertos de ICNIRP evaluó la credibilidad de los datos publicados en diferentes estudios, dónde se tomó en cuenta únicamente aquellos efectos calificados como “bien establecidos” concretamente efectos inmediatos sobre la salud, la potencial inducción de enfermedades por exposición crónica a campos electromagnéticos no fue considerada.

Los principales efectos de las radiaciones ionizantes sobre la salud humana analizados en las investigaciones realizadas por la Organización Mundial de la Salud (OMS), “ICNIRP”, y la unión Europea para un individuo afectado por exposición constante durante aproximadamente 30 minutos a campos eléctricos, magnéticos, y electromagnéticos producidos por antenas de telefonía celular o los transformadores eléctricos de potencia son: efectos cardiovasculares y sobre el sistema nervioso central, choques eléctricos, quemaduras de piel, sobrecalentamiento de tejidos nerviosos, pérdidas auditivas por las microondas o vibraciones de la fuente, cargas eléctricas superficiales, y estimulación nerviosa muscular.

2. Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE)

El Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos de EE.UU. es una de las asociaciones técnicas que se han ocupado de establecer normas y métodos de medición de campos electromagnéticos como la norma IEEE Standard 644-1994 “*IEEE Standard Procedure for Measurement of Power Frequency Electric and Magnetic Fields from AC Power Lines*” (Estándar de Procedimientos para Medición de Campos Eléctricos y Magnéticos desde líneas de Transmisión de Corriente Alterna),

Tiene el propósito de aplicar procedimientos uniformes para la medición de campos eléctricos y magnéticos de corriente alterna sobre líneas de potencia y para la calibración de los medidores usados en estas mediciones, que además constituyen un prerequisite para la comparación de campos eléctricos y magnéticos de diversas líneas de potencia. Estos procedimientos también pueden aplicarse a mediciones de campo eléctrico en las cercanías de otros conductores energizados.

3. Consejo de la Unión Europea. Recomendación relativa a la exposición del público en general a campos electromagnéticos (0 Hz a 300 GHz)

Existen exigencias mínimas comunitarias para la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores en relación con los campos electromagnéticos, en lo que se refiere al trabajo con equipos con pantallas de visualización; se introdujeron medidas comunitarias para promover la mejora de la seguridad y de la salud en el trabajo de la

trabajadora embarazada, de la que haya dado a luz recientemente o esté en período de lactancia, que establecen, entre otras, la obligación de que los empresarios evalúen las actividades que implican un riesgo específico de exposición a radiaciones no ionizantes; se han propuesto exigencias mínimas para proteger a los trabajadores de los agentes físicos, incluidas medidas contra la radiación no ionizante; en consecuencia, la presente Recomendación no trata de la protección de los trabajadores contra la exposición a los campos electromagnéticos en el lugar de trabajo⁶.

4. Constitución de la Republica del Ecuador

La Nueva Constitución de la República del Ecuador garantiza la protección de los recursos naturales y la prevención de la contaminación. El marco legal contiene una serie de leyes, reglamentos, decretos, acuerdos ministeriales y otros tipos de leyes complementarias, por las que el Estado ecuatoriano garantiza el cumplimiento de éstas a través de sus diferentes instituciones públicas especializadas, así como por medio de la participación ciudadana a través de instituciones organizadas, ONG's, entre otras.

- **Derecho a un ambiente sano**

En la Nueva Constitución de la República del Ecuador, en el Título II Derechos, capítulo segundo Derechos del Buen Vivir, sección segunda Ambiente Sano establece:

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*.

Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

Art. 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto.

⁶ Diario Oficial de las Comunidades Europeas. Consejo del 12 de Julio de 1999.

La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.

Se prohíbe el desarrollo, producción, tenencia, comercialización, importación, transporte, almacenamiento y uso de armas químicas, biológicas y nucleares, de contaminantes orgánico persistentes altamente tóxicos, agroquímicos internacionalmente prohibidos, y las tecnologías y agentes biológicos experimentales nocivos y organismos genéticamente modificados perjudiciales para la salud humana o que atenten contra la soberanía alimentaria o los ecosistemas, así como la introducción de residuos nucleares y desechos tóxicos al territorio nacional.

- **Derecho a la salud**

En la Nueva Constitución de la República del Ecuador, en el Título II Derechos, capítulo segundo Derechos del Buen Vivir, sección séptima Salud establece:

Art. 32.- La salud es un derecho que garantiza el Estado, cuya realización se vincula al ejercicio de otros derechos, entre ellos el derecho al agua, la alimentación, la educación, la cultura física, el trabajo, la seguridad social, los ambientes sanos y otros que sustentan el buen vivir.

El Estado garantizará este derecho mediante políticas económicas, sociales, culturales, educativas y ambientales; y el acceso permanente, oportuno y sin exclusión a programas, acciones y servicios de promoción y atención integral de salud, salud sexual y salud reproductiva. La prestación de los servicios de salud se regirá por los principios de equidad, universalidad, solidaridad, interculturalidad, calidad, eficiencia, eficacia, precaución y bioética, con enfoque de género y generacional.

- **Disposiciones sobre la protección al medio ambiente**

En la Nueva Constitución de la República del Ecuador, en el Título VII Régimen del Buen Vivir, capítulo segundo Biodiversidad y Recursos Naturales, sección primera Naturaleza y Ambiente establece:

Art. 395.- La Constitución reconoce los siguientes principios ambientales:

1. El Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras.
2. Las políticas de gestión ambiental se aplicarán de manera transversal y serán de obligatorio cumplimiento por parte del Estado en todos sus niveles y por todas las personas naturales o jurídicas en el territorio nacional.
3. El Estado garantizará la participación activa y permanente de las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades afectadas, en la planificación, ejecución y control de toda actividad que genere impactos ambientales.
4. En caso de duda sobre el alcance de las disposiciones legales en materia ambiental, éstas se aplicarán en el sentido más favorable a la protección de la naturaleza.

Art. 396.- El Estado adoptará las políticas y medidas oportunas que eviten los impactos ambientales negativos, cuando exista certidumbre de daño. En caso de duda sobre el impacto ambiental de alguna acción u omisión, aunque no exista evidencia científica del daño, el Estado adoptará medidas protectoras eficaces y oportunas.

La responsabilidad por daños ambientales es objetiva. Todo daño al ambiente, además de las sanciones correspondientes, implicará también la obligación de restaurar integralmente los ecosistemas e indemnizar a las personas y comunidades afectadas.

Cada uno de los actores de los procesos de producción, distribución, comercialización y uso de bienes o servicios asumirá la responsabilidad directa de prevenir cualquier impacto ambiental, de mitigar y reparar los daños que ha causado, y de mantener un sistema de control ambiental permanente.

5. Ministerio del Ambiente del Ecuador, Leyes y Políticas Ambientales.

La Legislación Ambiental de nuestro país se halla dispersa en varias leyes, códigos, reglamentos y ordenanzas municipales. El Ministerio de Ambiente cuenta con el programa denominado: "Legislación y normativa para el desarrollo sustentable".

- **Ley de Gestión Ambiental**

Expedida en el año 2001, para normar las actividades regulatorias, mandatarias y de coordinación de la temática ambiental, bajo la responsabilidad de la única Autoridad Ambiental Nacional.

- **Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente**

El código legal ambiental, que recoge todas las Leyes Ambientales del Ecuador tipifica estas normativas que se constituyen en anexos al Libro VI de la calidad Ambiental del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria, además forman parte de la Normativa Técnica Ambiental para la prevención y control de la contaminación citadas en la Disposición General Primera del Reglamento a la Ley de Gestión ambiental. El Ministerio de Ambiente en coordinación con el Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC), como autoridad ambiental responsable, conforme lo establece la Ley del Régimen del Sector Eléctrico y el Reglamento Ambiental para Actividades Eléctricas; Publicó en el Registro Oficial No 41, emitido el 14 de Mayo del 2007,

La normativa para el Sector de Infraestructura: Telecomunicaciones y Eléctrico, se contempla en el Anexo 10 y establece: *La Norma de Radiaciones No Ionizantes de Campos Electromagnéticos y requerimientos mínimos de seguridad para exposición a campos eléctricos y magnéticos de 60Hz*, y está determinado que deben aplicarse en subestaciones de electricidad, sistemas de transporte de energía eléctrica, estructuras, postes, cables, transformadores de potencia, y cualquier otro elemento utilizado para fines de generación, transmisión, distribución, y uso de energía eléctrica; a fin de garantizar la salud y seguridad del público en general y de los trabajadores expuestos a radiaciones no ionizantes provenientes de sistemas eléctricos del territorio nacional.

B. Definición de Términos

Alta tensión: Nivel de voltaje superior a 40 kV, y asociado con la Transmisión y la Subtransmisión.

Baja Tensión: Instalaciones y equipos que operan a voltajes inferiores a los 600 voltios.

Campos Electromagnéticos: Se denominan campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos variables en el tiempo.

CEM: Campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos.

Comisión Internacional de Protección de Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP): Organismo Internacional adscrito a la Organización Mundial de la Salud (OMS) que se especializa en el estudio de los campos electromagnéticos de radiaciones no ionizantes y sus efectos en la salud.

CONATEL: Consejo Nacional de Telecomunicaciones.

CONARTEL: Consejo Nacional de Radiodifusión y Televisión.

CONELEC: Consejo Nacional de Electricidad, autoridad ambiental del sector eléctrico ecuatoriano.

Densidad de Flujo Magnético: Una Cantidad del campo en el vector, B; que da lugar a una fuerza que actúa en una carga o carga en movimiento y se expresa en tesla (T).

Densidad de Potencia: en la propagación de la onda de radio, la potencia que cruza la unidad de área normal en la dirección de propagación de la onda; expresada en vatio por metro cuadrado (W/m^2).

E.M.F.: Electro Magnetic Field

Empresa Distribuidora: Es la que tiene la obligación de prestar el suministro de energía eléctrica a los consumidores finales ubicadas dentro su área de concesión, área de la cual goza exclusividad regulada.

Empresa Generadora/Autogeneradora: Aquella que produce energía eléctrica, destinada al mercado libre o regulado y/o para su consumo propio.

Empresa Transmisora: Empresa que presta el servicio de transmisión de energía eléctrica en alta tensión desde el punto de entrega de un generador o un autogenerador, hasta el punto de recepción de un distribuidor.

Energía Electromagnética: La energía almacenada en Jules (J).

Estación de Radiodifusión o Televisión: Son transmisores con antenas e instalaciones accesorias, necesarias para asegurar un servicio de radiodifusión o televisión en un área de operación autorizada.

Exposición Pública (Ambiental): Toda exposición a campos electromagnéticos experimentado por miembros del público en general, excepto la ocupación poblacional y exposición durante procedimientos médicos.

Frecuencia: El numero de ciclos sinusoidales completados por las ondas electromagnéticas en 1 segundo expresado generalmente en impedancia de los hertzios (Hz)

Fuente Emisora de Radiación No Ionizante de 60 Hz: Es toda instalación que disponga de equipamiento eléctrico tales como generadores, motores, subestaciones, transformadores, líneas de transmisión de alta, media tensión, sistemas de distribución, u otros.

ICNIRP: International Commission on Non Ionizing Radiation Protection, (La Comisión Internacional para la Protección contra las Radiaciones No Ionizantes)

IEEE: Institute of Electrical and Electronic Engineers, (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos)

Impedancia: La relación del número complejo (vector) que representa el campo eléctrico transversal de un punto a otro que representa el campo magnético transversal en ese punto expresada en ohmios (Ω).

Intensidad del Campo Eléctrico: La intensidad del campo eléctrico (E) en una carga positiva estacionaria en un punto de un campo eléctrico; medido en voltios por metro (Vm^{-1}).

Intensidad Campo Magnético: Una cantidad axial del vector, H, que junto con la densidad de flujo magnético, especifica un campo magnético en cualquier punto en el espacio, y se expresa en amperio por metro (Am^{-1}).

Línea de Transmisión: La Línea de transmisión es un tramo radial entre dos subestaciones consistente en un conjunto de estructuras, conductores, accesorios que forman una o mas ternas conductores diseñadas para operar voltajes mayores de 40 kV.

Longitud de Onda: La distancia entre dos puntos sucesivos de una onda periódica en la dirección de propagación, en la cual la oscilación tiene la misma fase.

Media Tensión: Instalaciones y equipos que operan a voltajes entre 600 V. y 40 kV.

Niveles de Referencia: Los Niveles de referencia ofrecen a efectos prácticos de evaluación de la exposición para determinar la probabilidad de que se sobrepasen las restricciones básicas.

OMS: Organización Mundial de la Salud.

WHO: World Health Organization.

Onda Continua: Una onda cuyas oscilaciones sucesivas son idénticas bajo condiciones de estado estacionario.

Onda Plana: Una onda electromagnética en la cual el vector campo eléctrico y magnético permanece en posición horizontal en un plano perpendicular a la dirección de propagación de la onda, y la fuerza del campo magnético (multiplicada por la impedancia del espacio) y la fuerza del campo eléctrico son iguales.

Personal Ocupacionalmente Expuesto (POE): La Población ocupacionalmente expuesta consiste de adultos que generalmente están expuestos bajo condiciones conocidas y que son entrenados para estar conscientes del riesgo potencial y para tomar las protecciones adecuadas, durante su jornada de trabajo.

Público General (PG): El público general comprende a los individuos de todas las edades, sexo, raza que no están conscientes de su exposición a los campos electromagnéticos.

Radiaciones No Ionizantes (RNI): Incluye Todas las radiaciones y campos del espectro electromagnético que no tengan normalmente suficiente energía para producir la ionización de materia.

Radiofrecuencia (RF): Comprende cualquier frecuencia en la cual la radiación electromagnética sea útil para la telecomunicación. Generalmente tiene un rango de frecuencia de 300 Hz a 300 GHz

Restricciones Básicas: Las restricciones a los campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos de tiempo variable, basados directamente en los efectos sobre la salud conocida y en consideraciones biológicas, reciben el nombre de restricciones básicas. Para 60 Hz. las cantidades físicas empleadas para especificar estas restricciones son la inducción magnética (B), la densidad de corriente (J).

Sistema de Energía Eléctrica: Conjuntos de equipos eléctricos utilizados para la generación, transformación, transmisión, distribución y utilización de energía eléctrica.

Subestaciones: Es un conjunto de equipos de conexión y protección, conductores y barras, transformadores, y otros equipos auxiliares que están conectados a una o más Líneas de Transmisión

Valor Eficaz (rms): Efectos eléctricos son proporcionales a la raíz cuadrada de la medida de la raíz cuadrada de una función periódica (concluida un periodo). Este valor se conoce cómo eficaz (rms), puesto que es derivado primero ajustando la función, determinando el valor medio de los cuadrados obtenidos y tomando la raíz cuadrada de ese valor medio. $\sqrt{(x^2 + y^2 + z^2)}$

Zona Ocupacional: Es aquella destinada a la realización de las actividades laborales, cuyas radiaciones no ionizantes están por debajo de los límites de exposición aplicables a los trabajadores, pero que sobrepasa los límites aplicables de exposición a público general.

Zona de Rebasamiento: Se determina zona de rebasamiento cuando la exposición de radiaciones no ionizantes sobrepasa los límites aplicables de exposición a público en general.

C. Antecedentes de investigaciones en contaminación electromagnética

El problema de la contaminación electromagnética, se inició hacia el 1882, cuando comenzaron a instalarse los primeros sistemas de producción y distribución de energía eléctrica. Hasta esa fecha, el único campo electromagnético que existía era el de la tierra y el producido por los relámpagos durante las tormentas con aparato eléctrico. A partir del año señalado, se ha iniciado un proceso de producción de contaminación electromagnética (ionizante y no ionizante) cuya nocividad no es bien conocida.

Podemos entonces asegurar que nuestra actual civilización genera una amplia gama de campos electromagnéticos de alta (antenas de radio, televisión, radar, microondas, telefonía celular, etc.) y baja frecuencia (redes de electrificación, monitores de ordenador, etc.). Gran parte de la población desarrolla su actividad cotidiana sumergida en esta gigantesca sopa electromagnética. Las instalaciones eléctricas y las aplicaciones de la electricidad se están extendiendo masivamente, registrándose un notorio incremento de la densidad de la intensidad electromagnética del ambiente.

Por ello la polución electromagnética puede llegar a ser un problema de gran envergadura, a escala mundial, si no se adoptan las medidas oportunas en orden a establecer; los riesgos que se corren, los mínimos admisibles (tasas de riesgo - dosificación), los métodos idóneos de protección, los colectivos más vulnerables, etc. La preocupación por la CEM, probablemente se inició, con un artículo de 1979 de El Medical Journal of Epidemiology, donde se informaba de la posible relación que existía entre la exposición a campos electromagnéticos y el cáncer infantil.

En 1992 otro artículo aparecido en el New York, suscitó una masiva e intensa polémica, que se ha venido manteniendo hasta la actualidad. A partir de entonces han proliferado los métodos de protección de poblaciones expuestas a campos electromagnéticas, pero la puesta en práctica de medidas preventivas no siempre es factible bajo el punto de vista técnico y económico. Se están publicando una gran cantidad de trabajos gracias a los cuales ya es posible establecer que la exposición a campos eléctricos produce efectos diferentes a la exposición de campos magnéticos, pero aún queda mucho camino por recorrer.

D. Contaminación Electromagnética

La contaminación electromagnética o electrosmog, se produce siempre que circule corriente eléctrica o que exista una diferencia de potencial que produzca esa circulación. Por lo tanto la contaminación electromagnética generada de un modo artificial por campos eléctricos y campos magnéticos, generados por el tránsito de electricidad por los conductores. Los efectos nocivos no han sido aún comprobados pero a pesar de los numerosos trabajos y proyectos de investigación emprendidos.

En la actualidad la OMS (Organización Mundial de la Salud), promueve un proyecto internacional de investigación para la evaluación de los efectos de los CEM artificiales sobre la salud. Con este proyecto, se intenta dar una respuesta a las inquietudes que se vienen produciendo desde hace algún tiempo en torno a la contaminación electromagnética, en muchos países, ante el continuo crecimiento de las fuentes emisoras de contaminación. El proyecto pretende también clarificar la polémica sobre el tema, entre científicos e investigadores para poder tomar decisiones al respecto.

En materia de electrosmog, algunos fabricantes de aparatos y dispositivos están adoptando soluciones para reducir la intensidad de la contaminación. También muchos expertos en análisis de riesgo, están aconsejando sobre las dosis mínimas de exposición a campos electromagnéticos generados por las líneas de transporte de energía eléctrica, aparatos, dispositivos eléctricos y electrodomésticos, pero lo cierto es que, en las investigaciones epidemiológicas que se están desarrollando, todavía no se han alcanzado resultados concluyentes, sobre la relación que existe entre la exposición durante tiempos significativos.

Los últimos estudios epidemiológicos realizados sobre amplias muestras de población señalan la existencia de indicios más que razonables, confirmados también por los análisis efectuados en investigaciones con animales de laboratorio y sobre tejidos celulares. Es de esperar que en un futuro próximo, las dudas se disipen para, de este modo, poder tomar medidas eficaces en orden a reducir sus efectos nocivos, si los tuviera.

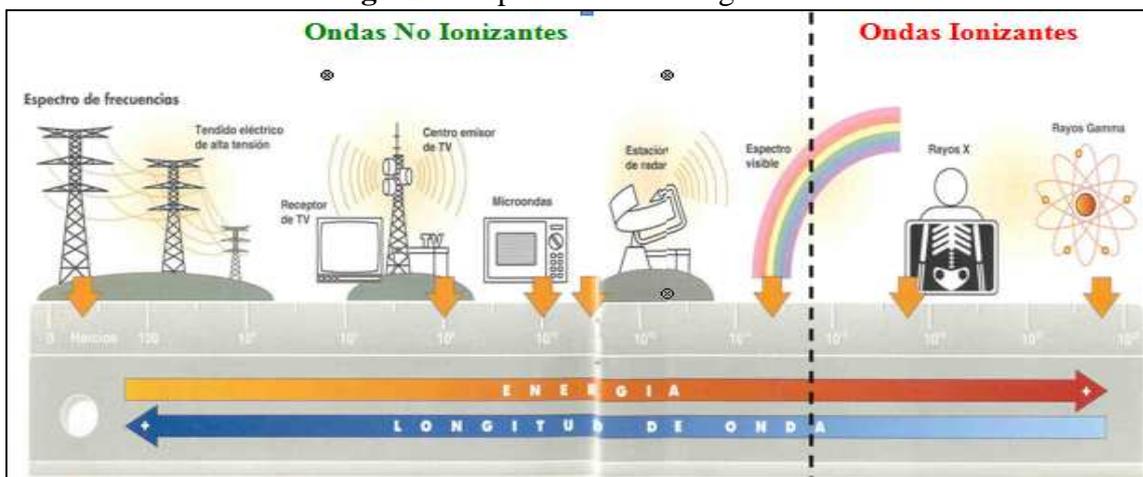
E. Espectro Electromagnético

Los campos electromagnéticos se definen como radiación, que es equivalente a decir que es energía transmitida por ondas. Son una combinación de ondas eléctricas y magnéticas que se desplazan simultáneamente a la velocidad de la luz. Los CEM se pueden clasificar según su frecuencia o su longitud de onda, las cuales están directamente relacionadas entre sí: cuanto mayor es la frecuencia, más corta es la longitud de onda. La frecuencia es el número de oscilaciones de la onda por segundo, que se mide en hertzios (ciclos por segundo), y la longitud de onda es la distancia entre una onda y la siguiente.

El concepto se puede ilustrar mediante una analogía sencilla. Ante una cuerda larga al pomo de una puerta y sujete el extremo libre. Si lo mueve lentamente arriba y abajo generará una única onda de gran tamaño; un movimiento más rápido generará numerosas ondas pequeñas. La longitud de la cuerda no varía, por lo que cuantas más ondas genere (mayor frecuencia), menor será la distancia entre las mismas (menor longitud de onda).

La diferencia fundamental entre unas radiaciones electromagnéticas y otras es su frecuencia; cuanto más elevada es su frecuencia mayor es la cantidad de energía que transporta la onda. Así, podemos dividirlos en radiaciones ionizantes y no ionizantes.

Figura 1. Espectro Electromagnético



Fuente: Asociación Española Contra el Cáncer, AECC.

1. Radiaciones Ionizantes RI

Transmiten energía suficiente como para romperlos enlaces químicos (ionización). Daños importantes en el material genético de la célula, el ADN, pueden matar a las propias células quedando el tejido lesionado o muerto. Daños menores en el ADN pueden provocar cambios permanentes en las células que pueden conducir al cáncer. Las radiaciones ionizantes están presentes en los rayos cósmicos, en los rayos gamma producidos por materiales radioactivos, en los rayos X, en la radiación ultravioleta de alta frecuencia.

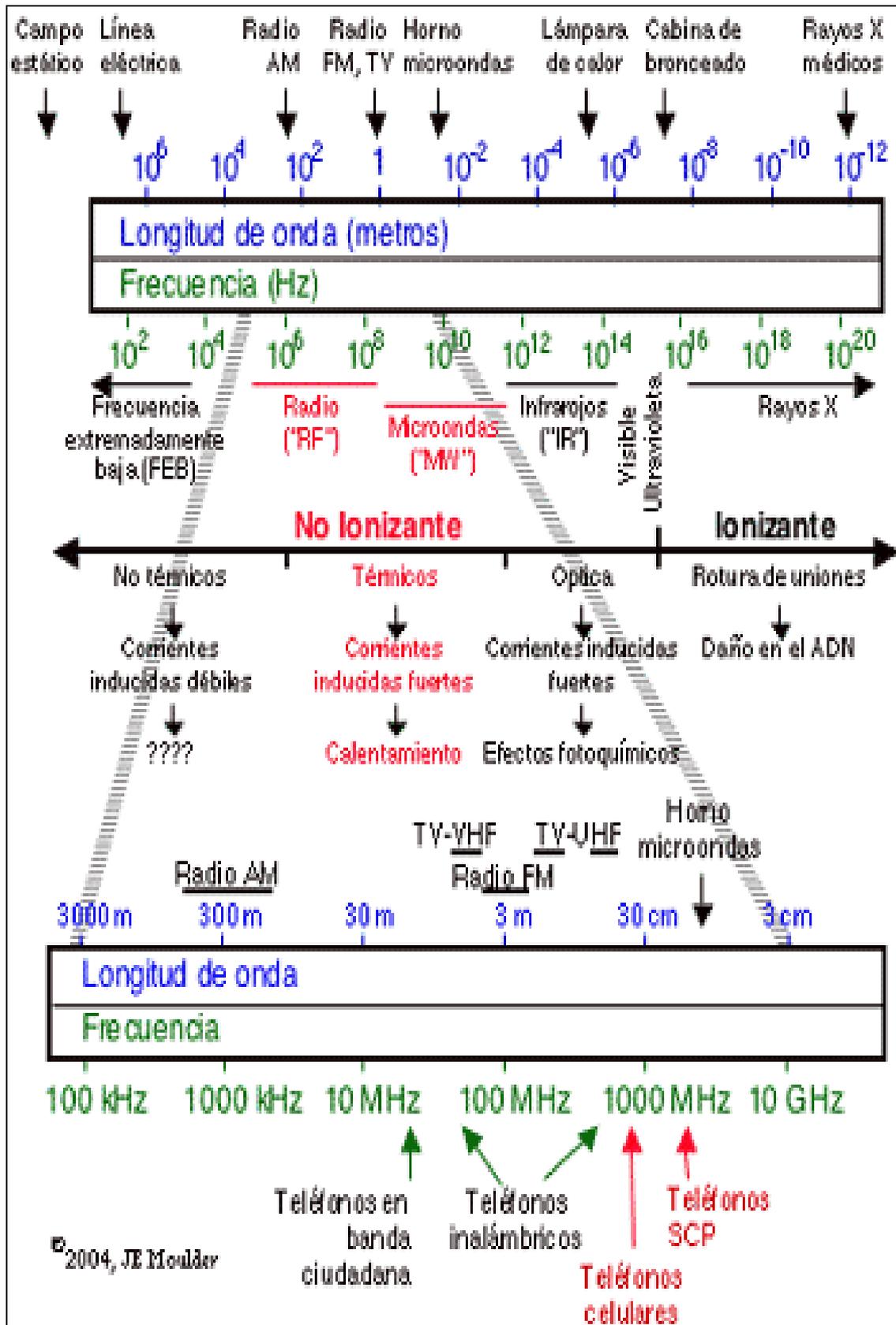
2. Radiaciones No Ionizantes RNI

La radiación no ionizante (RNI) engloba toda la radiación y los campos del espectro electromagnético que no tienen suficiente energía para ionizar la materia es decir, incapaz de impartir suficiente energía a una molécula o un átomo para alterar su estructura quitándole uno o más electrones. La división entre la radiación ionizante y la no ionizante suele establecerse en una longitud de onda de 100 nanómetros aproximadamente. Entre las ondas de baja frecuencia del sistema eléctrico; ondas de radio; microondas; infrarrojo, ondas de luz visible y ultravioleta de frecuencia infra ionizantes o también llamadas ondas electromagnéticas).

Los campos electromagnéticos de las líneas de transmisión, distribución y demás equipos del sistema eléctrico se encuentran en el extremo más bajo de la escala de frecuencias (Figura 1 y 2), por lo que se denominan CEM de Frecuencia Extremadamente Baja (FEB o ELF en inglés), o sea, se ubican en el polo opuesto al de las radiaciones ionizantes que provocan alteraciones moleculares en los seres vivos.

Al igual que cualquier forma de energía, la energía RNI tiene el potencial necesario para interactuar con los sistemas biológicos, y las consecuencias pueden ser irrelevantes, perjudiciales en diferentes grados o beneficiosas. En el caso de la radiofrecuencia (RF) y la radiación de microondas, el principal mecanismo de interacción es el calentamiento, pero en la región de baja frecuencia del espectro, los campos de alta intensidad pueden inducir corrientes en el cuerpo y por ello resultar peligrosos. (Hansson. 2000)

Figura 2. Espectro Electromagnético y su Clasificación



Fuente: Organización Mundial de la Salud (OMS).

3. Radiofrecuencia

Tabla 1. Clasificación de las Radiofrecuencias

Nombre	Abreviatura inglesa	Frecuencias	Longitud de onda
		Inferior a 3 Hz	> 100.000 km
Extra baja frecuencia Extremely low frequency	ELF	3-30 Hz	100.000 km – 10.000 km
Super baja frecuencia Superlowfrequency	SLF	30-300 Hz	10.000 km – 1000 km
Ultra baja frecuencia Ultra lowfrequency	ULF	300–3000 Hz	1000 km – 100 km
Muy baja frecuencia Verylowfrequency	VLF	3–30 kHz	100 km – 10 km
Baja frecuencia Lowfrequency	LF	30–300 kHz	10 km – 1 km
Media frecuencia Mediumfrequency	MF	300–3000 kHz	1 km – 100 m
Alta frecuencia High frequency	HF	3–30 MHz	100 m – 10 m
Muy alta frecuencia Veryhighfrequency	VHF	30–300 MHz	10 m – 1 m
Ultra alta frecuencia Ultra highfrequency	UHF	300–3000 MHz	1 m – 100 mm
Super alta frecuencia Superhighfrequency	SHF	3-30 GHz	100 mm – 10 mm
Extra alta frecuencia Extremely high frequency	EHF	30-300 GHz	10 mm – 1 mm
		Por encima de los 300 GHz	< 1 mm

Fuente: Organización Mundial de la Salud (OMS).

Frecuencias extremadamente bajas: Llamadas *ELF* (*Extremely Low Frequencies*), son aquellas que se encuentran en el intervalo de 3 a 30 Hz. Este rango es equivalente a aquellas frecuencias del sonido en la parte más baja (grave) del intervalo de percepción del oído humano. Cabe destacar aquí que el oído humano percibe ondas sonoras, no electromagnéticas, sin embargo se establece la analogía para poder hacer una mejor comparación.

Frecuencias súper bajas: *SLF (Super Low Frequencies)*, son aquellas que se encuentran en el intervalo de 30 a 300 Hz. En este rango se incluyen las ondas electromagnéticas de frecuencia equivalente a los sonidos graves que percibe el oído humano típico.

Frecuencias ultra bajas: *ULF (Ultra Low Frequencies)*, son aquellas en el intervalo de 300 a 3000 Hz. Este es el intervalo equivalente a la frecuencia sonora normal para la mayor parte de la voz humana.

Frecuencias muy bajas: *VLF, Very Low Frequencies*. Se pueden incluir aquí las frecuencias de 3 a 30 kHz. El intervalo de VLF es usado típicamente en comunicaciones gubernamentales y militares.

Frecuencias bajas: *LF, (Low Frequencies)*, son aquellas en el intervalo de 30 a 300 kHz. Los principales servicios de comunicaciones que trabajan en este rango están la navegación aeronáutica y marina.

Frecuencias medias: MF, Medium Frequencies, están en el intervalo de 300 a 3000 kHz. Las ondas más importantes en este rango son las de radiodifusión de AM (530 a 1605 kHz).

Frecuencias altas: *HF, High Frequencies*, son aquellas contenidas en el rango de 3 a 30 MHz. A estas se les conoce también como "onda corta". Es en este intervalo que se tiene una amplia gama de tipos de radiocomunicaciones como radiodifusión, comunicaciones gubernamentales y militares. Las comunicaciones en banda de radioaficionados y banda civil también ocurren en esta parte del espectro.

Frecuencias muy altas: *VHF, Very High Frequencies*, van de 30 a 300 MHz. Es un rango popular usado para muchos servicios, como la radio móvil, comunicaciones marinas y aeronáuticas, transmisión de radio en FM (88 a 108 MHz) y los canales de televisión del 2 al 12

Frecuencias ultra altas: *UHF, Ultra High Frequencies*, abarcan de 300 a 3000 MHz, incluye los canales de televisión de UHF, es decir, del 21 al 69 [según norma CCIR (Estándar B+G Europa)] y se usan también en servicios móviles de comunicación en tierra, en servicios de telefonía celular y en comunicaciones militares.

Frecuencias súper altas: *SHF, Super High Frequencies*, son aquellas entre 3 y 30 GHz y son ampliamente utilizadas para comunicaciones vía satélite y radioenlaces terrestres. Además, pretenden utilizarse en comunicaciones de alta tasa de transmisión de datos a muy corto alcance mediante UWB. También son utilizadas con fines militares, por ejemplo en radares basados en UWB.

Frecuencias extremadamente altas: *EHF, Extrematedly High Frequencies*, se extienden de 30 a 300 GHz. Los equipos usados para transmitir y recibir estas señales son más complejos y costosos, por lo que no están muy difundidos aún.

Existen otras formas de clasificar las ondas de radiofrecuencia. Como ejemplo, cabe destacar que las frecuencias entre 1 GHz y 300 GHz, son llamadas microondas. Estas frecuencias abarcan parte del rango de UHF y todo el rango de SHF y EHF. Estas ondas se utilizan en numerosos sistemas, como múltiples dispositivos de transmisión de datos, radares y hornos microondas.

F. Campos Electromagnéticos

Los campos electromagnéticos, cuya sigla es CEM, están presentes en nuestro entorno desde el principio de los tiempos de forma natural (ejemplos: campo magnético terrestre, cargas y descargas eléctricas en la atmósfera).

En nuestra vida cotidiana, en el trabajo, en el hogar, en los centros de enseñanza, en los lugares de diversión, cada vez disponemos de más aparatos eléctricos que generan este tipo de emisiones: electrodomésticos, computadoras, teléfonos móviles, aparatos de audio y video, sistemas de alarmas, etc.

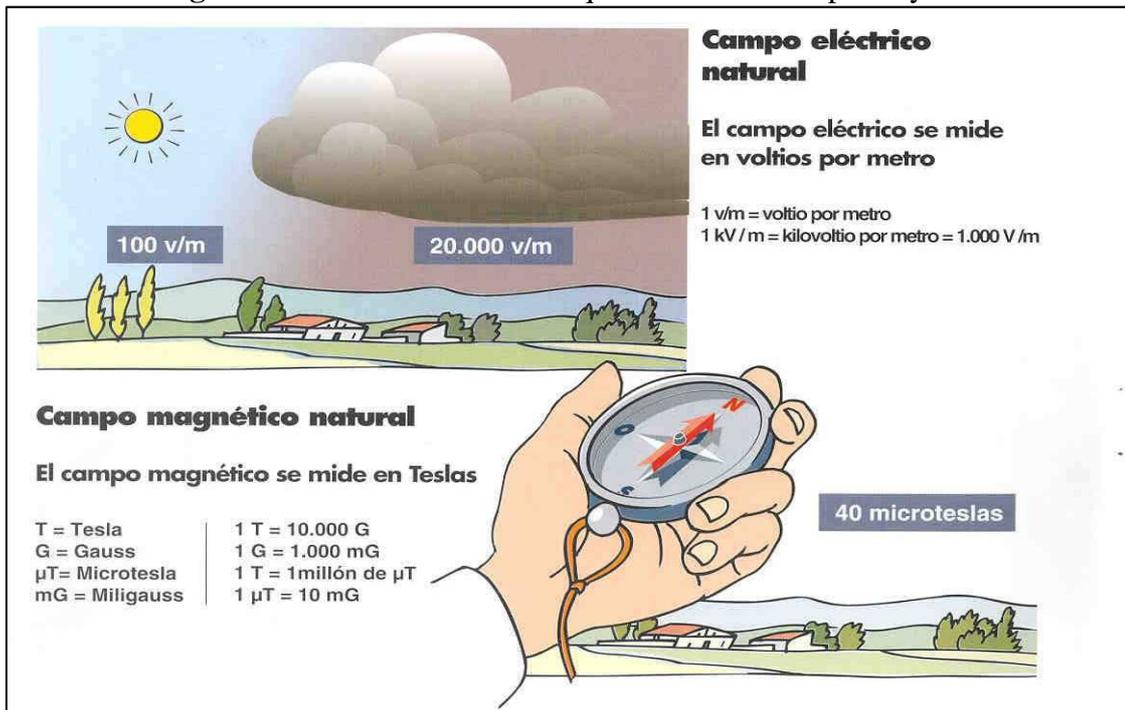
Siempre que se genere, transmita, o se utilice energía eléctrica, se crean campos electromagnéticos. Un campo electromagnético tiene dos componentes: el campo eléctrico y el campo magnético.

1. Campo Eléctrico E

En presencia de una carga eléctrica se producen campos eléctricos, los cuales se representan por la letra **E**. La intensidad del campo eléctrico se mide en voltios por metro (V/m) y expresa la diferencia de voltios medida entre dos puntos separados un metro. Los campos eléctricos existen espontáneamente en la naturaleza como consecuencia de las diferencias de tensión entre la atmósfera y el suelo o entre diferentes partes de la atmósfera.

En un día despejado es posible medir valores de 100 V/m, mientras que en días tormentosos el campo eléctrico natural puede crecer hasta más de 20.000 V/m o 20 kV/m. Estos valores representan la diferencia de tensión que existe entre un punto y otro. En una tormenta, por ejemplo, puede suceder que la tensión entre las nubes y la superficie de la tierra sea tan alta que produzca lo que se conoce como rayo, que no es otra cosa que una descarga eléctrica. También puede suceder que la diferencia de tensión ocurra entre diferentes sectores de las nubes, alcanzando valores tan altos que desencadene relámpagos (Figura 3).

Figura 3. Diferencia de tensión que existe entre un punto y otro



Fuente: UTE, Subgerencia de Gestión Ambiental

Asimismo, cualquier conductor eléctrico cargado genera un campo eléctrico asociado, que está presente aunque no fluya la corriente eléctrica. Cuanto mayor sea la tensión, más intenso será el campo eléctrico a una determinada distancia del 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. Las paredes, los edificios, los árboles y la puesta a tierra con estructuras metálicas reducen la intensidad de los campos eléctricos de las líneas de conducción eléctrica y otros equipos eléctricos. Cuando las líneas de conducción eléctrica están enterradas en el suelo, los campos eléctricos que generan casi no pueden detectarse en la superficie.

2. Campo Magnético B

El campo magnético se simboliza por la letra **B** y las unidades de medida más comunes son el tesla (T) y el gauss (G). Como los valores que se miden normalmente son muy pequeños, se suele utilizar submúltiplos de estas unidades. Los más usados son microteslas (μT) y miligauss (mG).

$$1 \mu\text{T} = 10 \text{ mG}$$

Existe un campo magnético natural -el terrestre- que mueve la aguja imantada de una brújula, lo cual permite orientarnos. Los valores de campo magnético terrestre se ubican entre $30 \mu\text{T}$ y $50 \mu\text{T}$ o sea entre 300 a 500 mG (Figura 3). Otro ejemplo es el campo magnético que se establece entre los dos polos de un imán.

Al igual que los campos eléctricos, los campos magnéticos son más intensos en los puntos cercanos a su origen y su intensidad disminuye rápidamente conforme aumenta la distancia desde la fuente. Los materiales comunes, como las paredes de los edificios, no bloquean los campos magnéticos. Al contrario que los campos eléctricos, los campos magnéticos sólo aparecen cuando fluye la corriente eléctrica. Cuanto mayor sea la intensidad de la corriente, mayor será la intensidad del campo magnético

3. Líneas de Transmisión

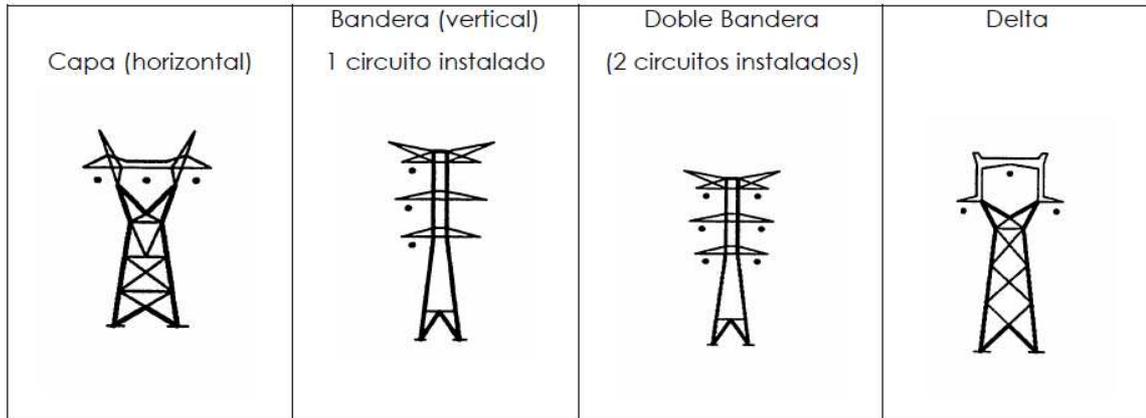
Forman una malla que cubre todo el territorio y permiten el suministro de la energía eléctrica desde los centros de generación que resulten más adecuados en cada momento. Hay en ella distintos escalones de tensión, desde 69 a 230 kV. Es una línea eléctrica aérea de transporte a alta tensión consiste básicamente en una serie de apoyos metálicos que sostienen unos cables conductores por los que fluye la energía eléctrica. El sistema eléctrico, al igual que el europeo, funciona a 50 Hz, a una frecuencia extremadamente baja. En Estados Unidos y otros países americanos funciona a 60 Hz, por eso al rango 50 – 60 Hz. (Llanos C.2001)

El parámetro fundamental de una línea eléctrica es su tensión, o voltaje al que funciona. La razón de elevar la tensión de las líneas eléctricas es minimizar las pérdidas sufridas durante el transporte, que dependen fundamentalmente del calentamiento por efecto joule y por lo tanto de la intensidad de corriente que atraviesa el cable en cada momento; al elevar la tensión se reduce la intensidad necesaria para transportar la misma cantidad de energía.(Llanos C.2001)

Las líneas eléctricas a alta tensión son trifásicas, es decir, que constan de tres fases o cables; y eso es lo que se denomina un circuito. Las líneas tienen 1 o 2 circuitos, aunque en algunos casos pueden tener más. Los apoyos pueden ser de diferentes tipos, en la

siguiente Figura 4 podemos ver algunos ejemplos, aunque los mas habituales son horizontales y verticales.(Llanos C.2001)

Figura 4. Tipos de líneas eléctricas de alta tensión o líneas de transmisión



Fuente: Medida de campos electromagnéticos próximos a líneas de transmisión. (Llanos C.2001)

La altura mínima de los cables conductores al suelo viene determinada por el reglamento de líneas de alta tensión, a través de la formula:

$$5,3 + U/150 \text{ metros, siendo } U \text{ la tensión nominal en kV.}$$

(Con un mínimo de 6 metros)

Así pues, para 400 kV la altura mínima de los conductores al terreno ha de ser 8 metros.

4. Indicadores

Los campos electromagnéticos comprenden los campos estáticos, los campos de frecuencia extraordinariamente baja y los campos de radiofrecuencia, Existen cuatro propiedades para caracterizar los campos electromagnéticos: Intensidad de campo eléctrico, intensidad de campo magnético, densidad de corriente y densidad de flujo magnético o inducción magnética. De acuerdo al ICNIRP y el TULSMA, Anexo 10 de la Norma de Radiaciones No Ionizantes de Campos Electromagnéticos, las líneas de transmisión deben cumplir con los parámetros expuestos en la Tabla de los Niveles de Referencia para la Exposición a Campos Eléctricos y Magnéticos de 60 Hz,(Tabla 2).

Tabla 2. Niveles de Referencia para la Exposición a Campos Eléctricos y Magnéticos de 60 Hz.

TIPO DE EXPOSICIÓN	INTENSIDAD DEL CAMPO ELÉCTRICO (E) V/m	INTENSIDAD DEL CAMPO MAGNÉTICO (H) A/m	DENSIDAD DE FLUJO MAGNÉTICO (B) μT
Público General	4167	67	83
Personal Ocupacionalmente Expuesto	8333	333	417

Fuente: International Commission on Non Ionizing Radiation Protection (ICNIRP)

La norma ecuatoriana fija un valor referencial de densidad de flujo magnético de 83 μT, por lo que las mediciones que se efectúen a lo largo de la línea de Transmisión de 230 kV deberán cumplir con este valor referencial. (Tabla 3)

Tabla 3. Niveles de Referencia para limitar la Exposición a Campos Eléctricos y Magnéticos de 60 Hz para líneas de alta tensión medidos en el límite fuera de su franja de servidumbre

NIVEL DE TENSIÓN	INTENSIDAD DEL CAMPO ELÉCTRICO (E) V/m	INTENSIDAD DEL CAMPO MAGNÉTICO (B) μT	ANCHO DE FRANJA DE SERVIDUMBRE metros
230	4167	83	30
138	4167	83	20
69	4167	83	16

Fuente: International Commission on Non Ionizing Radiation Protection (ICNIRP)

5. Unidades básicas utilizadas en la medición de campos electromagnéticos

La intensidad del campo eléctrico se mide usualmente en voltios por metro (V/m) o en kilovoltios por metro ($1kV/m = 1.000 V/m$). Los campos magnéticos pueden describirse por la densidad del flujo magnético (B) o por la intensidad del campo magnético (H); siendo ambos proporcionales a la magnitud de la corriente. La unidad de medida del campo B en el Sistema Internacional (SI) es el Tesla, y en el sistema cgs (centímetro-gramo-segundo) es el Gauss (G), $1T = 10^4G$. (Welti 1996).

Las unidades más habituales de medida son:

Campo eléctrico en V/m (voltios por metro), o su múltiplo kV/m = 1000 V/m

Campo Magnético en T (teslas), o su submúltiplo μT ($1.000.000 \mu\text{T} = 1\text{T}$)

Tabla 4. Unidades más utilizadas y factores de conversión entre ellas

	Densidad de flujo magnético o inducción Magnética B			Intensidad del campo magnético H	
	Tesla (T)	Gauss (G)	Gamma (γ)	Amperio/metro (A/m)	Oersted (Oe)
1 Tesla	1	10^4	10^9	796000	10^4
1 Gauss	10^{-4}	1	10^5	79,6	1
1 Gamma	10^{-9}	10^{-5}	1	$0,796 \times 10^{-3}$	10^{-5}
1 Amperio/metro	$1,257 \times 10^{-6}$	$1,257 \times 10^{-2}$	1257	1	$1,257 \times 10^{-2}$
1 oersted	10^{-4}	1	10^5	79,6	1

Fuente: Exposición a campos magnéticos estáticos, Centro Nacional de Condiciones de Trabajo, España.

6. Medidor de campos electromagnéticos

Los medidores de campos electromagnéticos consisten de dos partes: la sonda o elemento sensor del campo, y el detector. El detector procesa las señales captadas por la sonda e indica los valores eficaces rms del campo magnético es visualizador digital o analógico. Los medidores de campos electromagnéticos miden las componentes de los vectores oscilantes o vectores giratorios de los campos electromagnéticos que se encuentran perpendiculares al área de la sonda. Los medidores de campos electromagnéticos utilizados en las líneas de transmisión son:

Medidores de un solo eje: Las sondas de estos tipos de medidores consisten de un rollo de hilo eléctricamente apantallado. Estos medidores han sido utilizados en combinación con medidores de voltaje como detectores de campos electromagnéticos desde las líneas de transmisión.

Medidores de tres ejes o Isotrópicos: Las sondas de este tipo de medidores consisten de tres cables ortogonalmente orientados; que simultáneamente miden los valores

eficaces rms de los componentes espaciales y los combina para registra la resultante de campo electromagnético.

Medidor de campos electromagnéticos Lutron EMF - 839

El medidor de radiación de campo electromagnético dispone de dos sondas triaxiales globulares para detectar la radiación electromagnética (figura 5). Cualquier cuerpo que tenga una temperatura superior al cero absoluto, es decir -273 °C o 0 °K , despiden energía en forma de radiación electromagnética. Este hecho nos lleva hasta la teoría cuántica, es decir, mediante la interacción magnética de la energía de carga interna entre el núcleo del átomo y los electrones se generan oscilaciones propias, que se detecta como radiación electromagnética.

A -273 °C no se presenta radiación electromagnética alguna. Por ello, este punto se define como cero absoluto. Con este medidor puede medir campos electromagnéticos en aparatos eléctricos, como pantallas de ordenadores, televisores, componentes de red, etc. Con el medidor de radiación puede leer directamente en pantalla la potencia del flujo magnético (EMF) de campos magnéticos en V/m , W/m^2 , mW/cm^2 . Los valores de medición le permiten sacar conclusiones del smog eléctrico y de la compatibilidad electromagnética (CEM).

Figura 5. Medidor de campos electromagnéticos Lutron EMF-839



Fuente: Lutron Electronic

7. Exposición

La exposición a campos se produce en todos los ámbitos de la sociedad: en el hogar, en el trabajo, en las escuelas y por el funcionamiento de medios de transporte de propulsión eléctrica. Allí donde hay conductores eléctricos, motores eléctricos y equipo electrónico, se crean campos eléctricos y magnéticos. Intensidades de campo medias de 0,2 a 0,4 μT (microtesla) por jornada de trabajo parecen ser el nivel por encima del cual podría haber un aumento del riesgo, y se han calculado niveles similares para las medias anuales en relación con sujetos que viven debajo de líneas de alta tensión o en sus proximidades.

Muchas personas se hallan expuestas a niveles superiores a éstos, aunque durante períodos más breves, en sus hogares (debido a radiadores, afeitadoras, secadores de pelo y otros aparatos electrodomésticos, o a corrientes parásitas a causa de desequilibrios en el sistema de puesta a tierra eléctrica de los edificios), en el trabajo (en determinadas industrias y oficinas que implican proximidad a equipos eléctricos y electrónicos) o mientras viajan en trenes y otros medios de transporte de propulsión eléctrica.

Se desconoce la importancia que reviste esta exposición intermitente. Existen asimismo otras incertidumbres en lo que respecta a la exposición (que implican interrogantes sobre la importancia de la frecuencia de los campos, sobre otros factores de modificación o de confusión, o sobre el conocimiento de la exposición total diurna y nocturna) y a su efecto (dada la consistencia de los hallazgos en cuanto a tipo de cáncer), así como a los estudios epidemiológicos, que aconsejan evaluar con gran cautela todas las valoraciones de riesgo. (Knafe. 2000)

Las líneas de transmisión de alta tensión (AT) y las subestaciones producen los campos eléctricos más intensos a que pueden estar expuestos los trabajadores de forma habitual. Los factores más importantes a tener en cuenta en relación con la máxima intensidad de campo eléctrico a nivel del suelo son principalmente la altura de los conductores, la configuración geométrica, la distancia lateral a la línea de transmisión y el voltaje de ésta. A distancias laterales del doble de la altura de la línea, la intensidad del campo eléctrico disminuye con la distancia de forma lineal (Zaffanella, 1978).

En el interior de los edificios próximos a líneas de transmisión de AT, las intensidades de los campos eléctricos suelen ser inferiores al campo no perturbado en un factor de aproximadamente 100.000, dependiendo de la configuración del edificio y de los materiales de su estructura. Por lo general, las intensidades de los campos magnéticos producidos por las líneas aéreas de transmisión de energía eléctrica son relativamente bajos en comparación con las aplicaciones industriales en las que intervienen corrientes de alta intensidad.

Los empleados de compañías de suministro eléctrico que trabajan en subestaciones o en el mantenimiento de líneas de transmisión activas constituyen un grupo especial expuesto a campos intensos (de 5 mT incluso más en algunos casos). La máxima densidad de flujo a nivel del suelo puede estar debajo del centro de la línea o de los conductores exteriores, dependiendo de la relación de fase entre conductores. La máxima densidad de flujo magnético a nivel del suelo en un sistema normal de líneas de transmisión aérea de 500 kV de doble circuito es de aproximadamente 35 μ T por kiloamperio de corriente transmitida.

La densidad de flujo magnético alcanza normalmente valores de hasta 0,05 mT en los lugares de trabajo situados cerca de líneas aéreas, en subestaciones y en centrales eléctricas que trabajan a frecuencias de 50 ó 60 Hz (Repacholi, 1986).

8. Valoraciones de riesgo

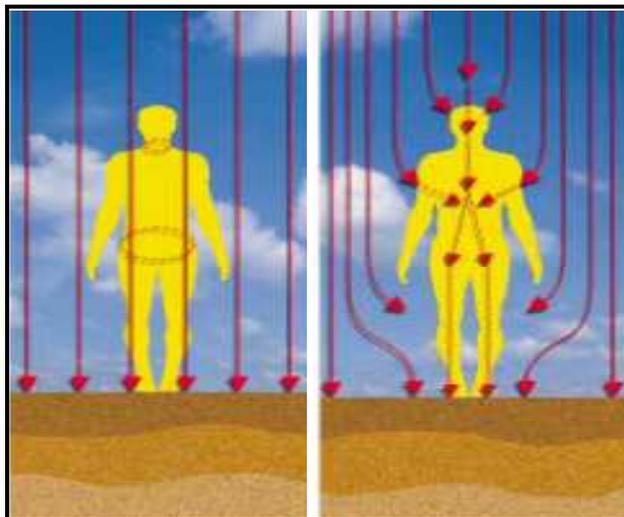
Los resultados de estudios residenciales realizados en Escandinavia indican que el riesgo de leucemia se duplica a partir de 0,2 μ T, es decir, los niveles de exposición que se dan normalmente a distancias de 50 o 100 metros de una línea de alta tensión. No obstante, el número de casos de leucemia infantil bajo cables de tendido aéreo es reducido, y por lo tanto el riesgo es bajo en comparación con otros riesgos ambientales que se da en la sociedad. Se calcula que cada año se producen en Suecia dos casos de leucemia infantil debajo o cerca de líneas de alta tensión. De estos casos, uno podría atribuirse al riesgo de los campos magnéticos, si existe realmente. (Knave, 2000)

Los niveles de exposición laboral a los campos magnéticos suelen ser mayores que en exposición residencial, y los cálculos sobre riesgos de leucemia y tumores cerebrales los trabajadores expuestos dan valores más altos que para los niños que viven cerca de líneas eléctricas aéreas. Según basadas en el riesgo atribuible descubierto en un estudio realizado en Suecia, cada año podrían atribuirse a campos magnéticos unos 20 casos de leucemia y 20 de tumores cerebrales. Estas cifras deben compararse con el número total de casos anuales de cáncer que se dan en Suecia, y que es de 40.000, de los cuales se calcula que 800 son de origen profesional. (Knave, 2000)

9. Posibles efectos biológicos sobre la salud

Durante varios años han venido estableciendo debates sobre los efectos de los campos electromagnéticos, principalmente de los campos magnéticos que son los que se introducen en el cuerpo humano, aceptándose que cualquier efecto biológico por exposición es debido a la corriente que estos inducen en el organismo, ya que los campos eléctrico no pueden penetrar en el cuerpo y pueden ser fácilmente apantallados (ver figura 6).

Figura 6. Inducción de campos magnéticos (a), y eléctricos (b), en el cuerpo humano



Fuente: Narda Safety Test Solutions, 2011

En el año 1996 la Organización Mundial de la Salud OMS creó el proyecto mundial CEM, para la investigación y evaluación de los posibles efectos sobre la salud en el rango de frecuencias de 0 a 300GHz. El estudio de la interacción de los campos

electromagnéticos de EBF (Extremadamente Baja Frecuencia) con sistemas biológicos ha adquirido relevancia, en los últimos veinte años, debido a la sospecha de la existencia de una correlación entre la exposición a los campos eléctricos y magnéticos de frecuencia industrial con ciertos tipos de cáncer y con otros problemas diversos tales como: dolor de cabezas, fatiga, náuseas, insomnio, ansiedad, etc.

En los estudios se estableció que las diferentes ondas electromagnéticas pueden producir efectos biológicos que algunas veces pueden ser perjudiciales para la salud y en otras no, por lo que hay que tener en claro la diferencia entre ambas.

- La primera es: un efecto biológico se produce cuando la exposición a las ondas electromagnéticas provoca algún cambio fisiológico perceptible o detectable en un sistema biológico
- La segunda es: un efecto perjudicial para la salud tiene lugar cuando el efecto biológico sobrepasa la capacidad normal de compensación del organismo y origina así un proceso patológico.

Las restricciones básicas y niveles de referencia establecidos, limitan el nivel de corriente que se pueda inducir en el interior de un organismo, debido a la exposición a campos electromagnéticos. Se pueden producir alteraciones biológicas no necesariamente nocivas, Las corrientes pueden producir a su paso por el cuerpo daños en el sistema cardiovascular y el sistema nervioso central.⁷

10. Posibles efectos de los campos eléctricos

De los estudios realizados que se disponen, se rescata que si exceptuamos la debida estimulación que es producida por diferentes cargas eléctricas que son inducidas en la superficie del cuerpo humano, los efectos en la salud son mínimos cuando la exposición a los campos no sean superiores a 20 kV/m, e incluso hasta la actualidad no se ha podido demostrar que los campos eléctricos produzcan un efecto sobre la reproducción o el desarrollo de los animales a intensidades superiores a los 100 kV/m.

⁷ Capitulo II, Normativas Ministerio del Ambiente

11. Posibles efectos de los campos magnéticos

Al igual que en los campos eléctricos, existen muy pocas pruebas experimentales verídicas de que demuestren que los campos magnéticos ELF afecten a la salud de las personas, concretamente a la fisiología y el comportamiento de las personas a los valores de campo magnético habituales en el medio en que viven.

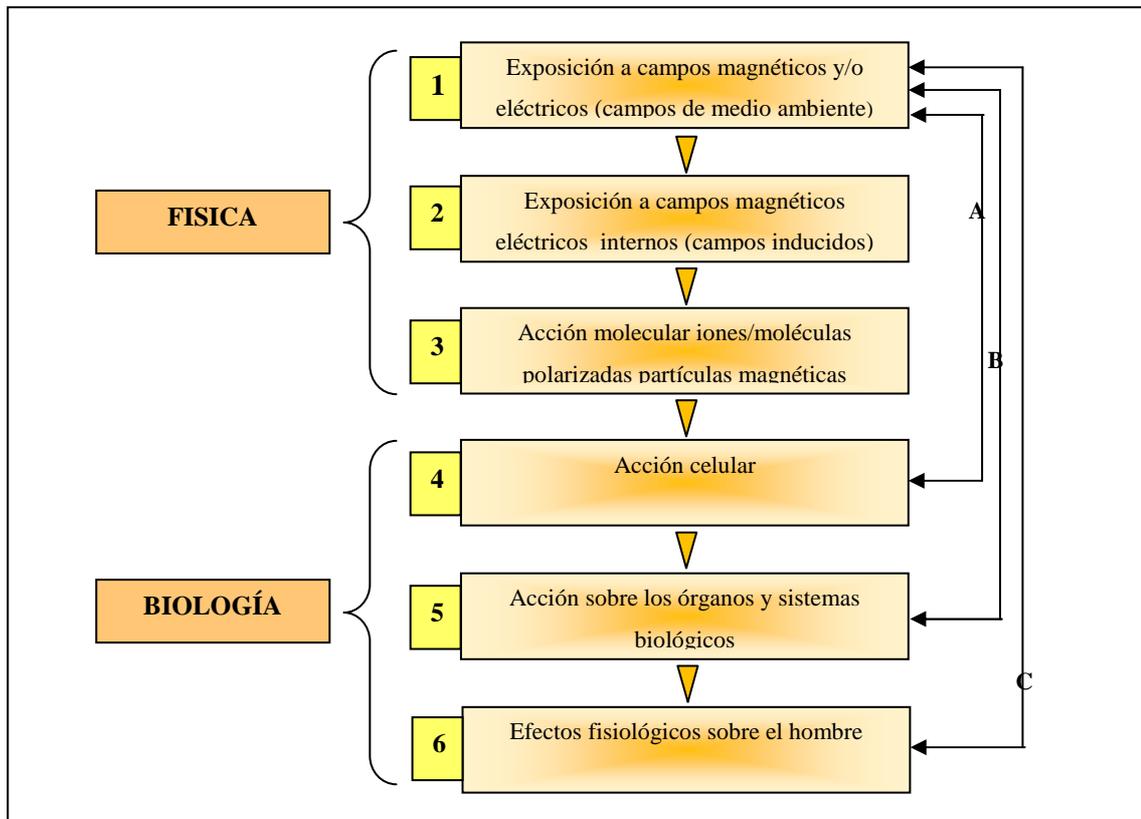
Algunos de los experimentos que se han realizado consisten en la exposición de campos magnéticos de hasta 5 μT durante varias horas en diferentes personas voluntarias, es importante indicar que los efectos que esta exposición produjo sobre las diferentes personas fueron mínimos al realizar diferentes pruebas como por ejemplo pruebas clínicas y fisiológicas de hematología, electrocardiografía, ritmo cardíaco, presión arterial o temperatura del cuerpo. (Wolti, 2011)

12. Estudios Epidemiológicos y Biofísicos

En 1979 la población de Denver en Colorado, Estados Unidos se conmocionó tras un estudio realizado por Wertheimer y Leeper, donde se publicó una vinculación entre la leucemia infantil y ciertas particularidades relacionadas con algunos tipos de enfermedades en personas por una hipotética relación entre la presencia de campos electromagnéticos producidas por líneas de alta tensión y los cables que conectaban sus viviendas a la línea de distribución eléctrica, en este trabajo se observó que los niños considerados altamente expuestos, tenían dos veces más riesgo de desarrollar leucemia que niños menos expuestos.

Estas conclusiones motivaron la realización de más de 1200 estudios para profundizar el resultado por parte de numerosas asociaciones científicas y médicas en Europa y Estados Unidos. Si existe una relación de causalidad entre la exposición a los campos eléctricos o magnéticos y ciertas afecciones, debe existir un camino que permita comprender el mecanismo de este efecto. Podemos hacernos una idea de este posible camino mediante el esquema que se representa en la figura 7

Figura 7. Camino que lleva de la exposición a la enfermedad: A: Estudios invitro, B: Estudios in vivo y C epidemiología



Fuente: La interacción de Campos electromagnéticos de EBF con sistemas biológicos. Welti, 2011

Los conocimientos disponibles en biología permiten comprender el pasaje del estado 3 al 4, del 4 al 5 y del 5 al 6. De la misma manera la física permite calcular los campos en el interior del cuerpo humano a partir de los campos externos si se conocen las características eléctricas de los tejidos vivos. Los mecanismos involucrados en el punto 3 son estudiados tanto por físicos como por biólogos y es donde el carácter pluridisciplinario del tema adquiere su mayor significación. Por otro lado los *estudios epidemiológicos* tratan de abarcar globalmente el problema buscando una correlación entre la exposición a los campos eléctricos y magnéticos y sus efectos sobre el hombre.

Los estudios se han realizado principalmente en dos ámbitos:

Epidemiológicos: La epidemiología estudia estadísticamente si existe alguna relación entre un agente y una enfermedad, comparando la incidencia de la enfermedad en grupo de personas expuestas al agente y grupo de personas no expuestas. Los primeros

estudios epidemiológicos que se realizaron indicaron la posibilidad de que las personas que residían en las cercanías de líneas eléctricas de alta tensión tenían un mayor riesgo de contraer cáncer, pero estudios actuales sobre poblaciones mayores y metodologías más modernas para la medida de exposición concluyen que los campos eléctricos y magnéticos generados por las líneas no constituyen ningún riesgo para la salud pública.

Hoy en día se conoce todavía poco sobre las causada de canceres específicos, pero si se comprenden bien las fases del proceso de carcinogénesis, de tal manera que los estudios celulares y en animales puedan proporcionar información importante para determinar si los CEM puedan causar cáncer o contribuye a su desarrollo. El proceso de carcinogénesis va acompañado de una serie de daños en el material genético de las células y consta de las siguientes etapas.

- **Iniciación:** Resultado de una serie de daños en el material genético de las células y por agentes llamados genotóxicos, convirtiendo las células normales a precancerosas.
- **Promoción:** Convierte las células de precancerosas a cancerosas, por ejemplo al hacer la célula más vulnerable a los agentes genotóxicos.
- **Progresión:** Constituye el desarrollo propiamente del tumor, así como del potencial para provocar metástasis en otras zonas del organismo. Existen numerosos análisis sobre campos de frecuencia industrial y de radio frecuencia para este tipo de estudio de genotoxicidad, que en su mayoría son negativos, a pesar se utilizado intensidades de campo muy elevadas.

Biofísicos: Son estudios totalmente controlados en laboratorios. la experimentación de laboratorio tanto in vitro, exponiendo células como tejido s en cultivo vivo, sobre animales se descartan una relación con el proceso carcinogénico, respuesta inmunitaria, fertilidad, reproducción y desarrollo, alteraciones del sistema cardiovascular, comportamiento, concentración de iones de calcio en la membrana celular, etc., además de afirmar rotundamente que no hay daño sobre el ADN de las células que por lo tanto, no producen malformaciones o cáncer.

Los únicos efectos nocivos de los campos eléctricos y magnéticos de frecuencia industrial, que se han podido comprobar de los diferentes estudios realizados, son los efectos a largo plazo o agudos producidos por la densidad de corriente eléctrica que se induce en el interior del organismo debido a la exposición de campos electromagnéticos. Una elevada densidad de corriente inducida puede producir desde simples molestias como cosquilleos en la piel o chispazos al tocar un objeto expuesto, hasta contracciones musculares, en casos extremos arritmias, y fibrilación ventricular, pero con niveles de campo muy superiores a los generados de las instalaciones eléctricas.

13. Efectos a largo plazo y efectos agudos

Es importante distinguir los efectos supuestos a largo plazo y los efectos conocidos como agudos o de corto término. Esta distinción está justificada por razones físicas y biológicas que se explican en la Tabla 5. El parámetro de exposición que se tiene en cuenta es diferente si se consideran efectos a largo o corto término. En el primer caso se supone la existencia de un proceso acumulativo, que después de un cierto tiempo de latencia produce la aparición del efecto.

Tabla 5. Efectos biológicos supuestos o reconocidos de los Campos Eléctricos y Magnéticos

	Efectos a corto término cuya existencia es reconocida	Efectos a largo término no confirmados
Manifestaciones	Magnetofosfenos Estimulación muscular Vibración del sistema piloso	Cáncer Reproducción
Parámetro pertinente	Exposición instantánea extrema	Exposición acumulada ponderada H
Umbral de aparición supuesto o real	<i>5 a 50 μT 50 kV/m</i> superior a la mayoría de las exposiciones	<i>0,2 a 0,3 μT</i> inferior a la mayoría de las exposiciones
Competencia	Técnica	Científica más política
Estudios en curso o a hacer	Normalización Cálculos de corrientes inducidas	Epidemiología, Biología Evaluación de riesgos

Fuente: Welti, 2011

Los estudios epidemiológicos intentan poner en evidencia una correlación entre los campos y el cáncer. Su campo de investigación es por lo tanto el de los efectos a largo término. Para los campos magnéticos, la mayoría de estos estudios han definido un límite del orden del microtesla (típicamente $0.2 \mu T$). Este nivel es el que separa a los individuos expuestos de los no expuestos en los estudios epidemiológicos. No se trata de ninguna manera de un límite de seguridad. El nivel a partir del cual se observan los efectos agudos es superior a varios militeslas. A continuación describimos algunos efectos biológicos:

- **Cáncer**

Estudios epidemiológicos sobre leucemia infantil y exposición residencial a líneas aéreas de tendido eléctrico parecen indicar un ligero aumento del riesgo, y se han notificado riesgos excesivos de leucemia y tumores cerebrales en profesiones “eléctricas”. Recientes estudios con métodos de valoración de la exposición mejorados han reforzado en general la evidencia de una relación. No obstante, aún no están claras las características de la exposición.

Además, la mayoría de los estudios sobre riesgo profesional apuntan a una forma especial de leucemia, la leucemia mieloide aguda, mientras que otros encuentran una mayor incidencia de otra forma, la leucemia linfática crónica. Los escasos estudios notificados sobre cáncer en animales no han sido de mucha ayuda para la valoración del riesgo y, a pesar de los numerosos estudios celulares experimentales realizados, no se ha presentado ningún mecanismo comprensible que permita explicar un efecto carcinogénico. (Knafe. 2000)

- **Reproducción, con especial referencia a las consecuencias para el embarazo.**

En estudios epidemiológicos se han notificado consecuencias adversas y cáncer infantil tras exposición materna y también paterna a campos magnéticos, indicándose en el caso de la exposición paterna un efecto genotóxico. Los esfuerzos realizados por otros equipos de investigación para reproducir los resultados positivos no han tenido éxito. Los estudios epidemiológicos con operadores de pantallas de visualización de datos

(PVD), expuestos a los campos eléctricos y magnéticos emitidos por éstas han dado en su mayor parte resultados negativos, y los estudios teratogénicos realizados en animales utilizando campos como los de las PVD han arrojado resultados demasiado contradictorios para apoyar conclusiones fiables. (Knave. 2000)

- **Reacciones neurológicas y de comportamiento.**

Estudios con voluntarios jóvenes parecen alteraciones fisiológicas tales como disminución de la frecuencia cardiaca y alteraciones del electroencefalograma (EEG) tras la exposición a campos eléctricos y magnéticos relativamente débiles. El reciente fenómeno de la hipersensibilidad a la electricidad parece ser de origen multifactorial, y no está claro si los campos tienen que ver o no con él. Se ha notificado una gran variedad de síntomas y molestias, principalmente de la piel y el sistema nervioso. La mayoría de los pacientes tienen molestias cutáneas difusas en la cara, como enrojecimiento, rubefacción, (Knave. 2000)

14. Normas, prevención y normas sobre exposición

Durante los últimos treinta años, la medición de campos magnéticos ha experimentado un considerable desarrollo. El progreso de las técnicas ha permitido desarrollar nuevos métodos de medida y mejorar los antiguos. Las medidas de protección para el uso industrial y científico de campos magnéticos pueden clasificarse en las siguientes categorías: medidas de diseño técnico, uso de la distancia de separación y controles administrativos.

Otra categoría general de medidas de control del riesgo, que incluye el equipo de protección individual (por ejemplo, prendas y máscaras especiales), no existe para los campos magnéticos. No obstante, un área especial de preocupación son las medidas protectoras contra riesgo potenciales por interferencia magnética con equipos electrónicos de emergencia o médicos y para implantes quirúrgicos y dentales.

Las fuerzas mecánicas aplicadas a los implantes ferromagnéticos y objetos sin amarrar en instalaciones con campos de alta intensidad requieren tomar precauciones frente a los

riesgos para la salud y la seguridad. Las técnicas destinadas a minimizar la exposición indebida a campos magnéticos de alta intensidad en grandes instalaciones industriales y de investigación suelen pertenecer a uno de estos cuatro tipos: 1. distancia y tiempo 2. Blindaje magnético 3. Interferencia y compatibilidad electromagnética 4. Medidas administrativas.

El uso de señales de advertencia y zonas de acceso especial para limitar la exposición del personal cerca de instalaciones de grandes imanes ha sido de máxima utilidad para controlar la exposición. Este tipo de controles administrativos suelen ser preferibles al blindaje magnético, que puede resultar extremadamente caro. Los objetos ferromagnéticos y paramagnéticos (cualquier sustancia magnetizante) sueltos pueden convertirse en proyectiles peligrosos cuando están sujetos a gradientes de campo magnético intensos. Este riesgo solo puede evitarse retirando los objetos metálicos sueltos de la zona y los que lleve el personal.

Deberá prohibirse la presencia de objetos tales como tijeras, limas de uñas, destornilladores y bisturís en las proximidades. Las primeras directrices sobre campos magnéticos estáticos se desarrollaron como recomendación no oficial en la antigua Unión Soviética. Esta norma estaba basada en investigaciones clínicas y sugería que la intensidad del campo magnético estático en el lugar de trabajo no debería sobrepasar los 8 kA/m (10 mT).

La Conferencia Americana de Higienistas Industriales del Gobierno publicó valores de densidades de flujo magnético estático a los que la mayoría de los trabajadores podían estar expuestos repetidamente, día tras día, sin efectos nocivos para la salud. Al igual que en los campos eléctricos, estos valores deben utilizarse como orientación para el control de la exposición a campos magnéticos estáticos, pero no deben considerarse como una clara línea divisoria entre los niveles seguros y peligrosos.

Pueden existir riesgos para la salud debido a las fuerzas mecánicas ejercidas por el campo magnético sobre las herramientas e implantes médicos ferromagnéticos. En 1994, la Comisión Internacional de Protección contra la Radiación no Ionizante

concluyó y publicó guías sobre los límites de exposición a campos magnéticos estáticos. (Grandolfo, 2000)

Las personas con marcapasos cardíacos y otros dispositivos de activación eléctrica implantados, o con implantes ferromagnéticos, pueden no estar debidamente protegidos por los límites aquí indicados. La mayoría de los marcapasos cardíacos es improbable que resulten afectados por la exposición a campos de intensidad inferior a 0,5 mT. Las personas portadoras de algunos implantes ferromagnéticos o de dispositivos de activación eléctrica (distintos de los marcapasos cardíacos) pueden ser afectadas por campos de nivel superior algunos mT

15. Justificación general de los factores de seguridad

Hay información insuficiente sobre los efectos biológicos producidos en personas y en animales de experimento debido a la exposición a CEM como para proporcionar factores de seguridad estrictas para todos los rangos de frecuencia y todas las modulaciones. Adicionalmente, parte de la incertidumbre con respecto al factor de seguridad apropiado proviene de la falta de conocimiento concerniente a la apropiada dosimetría (Repacholi 1998).

Las siguientes variables fueron consideradas para determinar los factores de seguridad para campos de alta frecuencia:

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

Los siguientes factores adicionales fueron tomados en cuenta para la obtención de los niveles de referencia para campos de alta frecuencia

- La absorción de la energía electromagnética varía según el tamaño y la orientación del campo.
- Se puede producir una mayor absorción localizada de la energía, debido a la reflexión, concentración y dispersión del campo incidente

Restricciones básicas

Diferentes bases científicas fueron usadas en el desarrollo de las restricciones básicas para varios rangos de frecuencia

- Entre 1 Hz y 10 MHz, las restricciones básicas están dadas en términos de la densidad de corriente, para prevenir daños funcionales en el sistema nervioso;
- Entre 100 kHz y 10 GHz, las restricciones básicas son provistas en términos del SAR para prevenir el estrés térmico de todo el cuerpo y un calentamiento localizado excesivo en los tejidos. En el rango de 100 kHz – 100 MHz, las restricciones son provistas en términos de la densidad de corriente y del SAR; y,
- Entre 10 y 300 GHz, son provistas en términos de la densidad de potencia para prevenir el calentamiento excesivo en los tejidos o cerca de la superficie del cuerpo. A continuación se aprecian las siguientes tablas de Niveles de referencia para exposición ocupacional y poblacional a campos eléctricos y magnéticos (valores rms no perturbados)

Tabla 6. Niveles de referencia para Exposición Ocupacional a Campos Eléctricos y Magnéticos (valores rms no perturbados)

Rango de Frecuencias (MHz)	Intensidad de Campo Eléctrico (Vm^{-1})	Intensidad de Campo Magnético (Am^{-1})	Densidad de Flujo Magnético (μT)	Densidad de Potencia (Wm^{-2})
Hasta 1 Hz	–	$1,63 \times 10^5$	2×10^5	–
1 – 8 Hz	20 000	$63 \times 10^5 / f^2$	$2 \times 10^5 / f^2$	–
8 – 25 Hz	20 000	$2 \times 10^4 / f$	$2,5 \times 10^4 / f$	–
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	$3 _^{0,5}$	$0,008 _^{0,5}$	$0,01 _^{0,5}$	$_ / 40$
2 - 300 GHz	137	0.36	0.45	50

Fuente: Capítulo II. Normativas MAE

Tabla 7. Niveles de referencia para Exposición Poblacional a Campos Eléctricos y Magnéticos (valores rms no perturbados)

Rango de Frecuencias	Intensidad de Campo Eléctrico (Vm^{-1})	Intensidad de Campo Magnético (Am^{-1})	Densidad de Flujo Magnético (μT)	Densidad de Potencia (Wm^{-2})
Hasta 1 Hz	–	$3,2 \times 10^4$	4×10^4	–
1 – 8 Hz	10 000	$3,2 \times 10^4 / f^2$	$4 \times 10^4 / f^2$	–
8 – 25 Hz	10 000	$4000 / f$	$5000 / f$	–
0,025 – 0,8 kHz	$250 / f$	$4 / f$	$5 / f$	–
0,8 – 3 kHz	$250 / f$	5	6,25	–
3 – 150 kHz	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	$1,375 _^{0,5}$	$0,0037 _^{0,5}$	$0,0046 _^{0,5}$	$_ / 200$
2 - 300 GHz	61	0.16	0.20	10

Fuente: Capítulo II. Normativas MAE

G. Sistemas de Información Geográfica

1. Qué es un SIG

El SIG, como es un “poderoso conjunto de herramientas para coleccionar, almacenar, recuperar, transformar y exhibir datos espaciales referenciados al mundo real”, se necesita usar el medio digital, por tanto el uso intensivo de informática es imprescindible; debe existir una base de datos integrada, estos datos necesitan estar geo-referenciados y con control de errores (Burrough 1986).

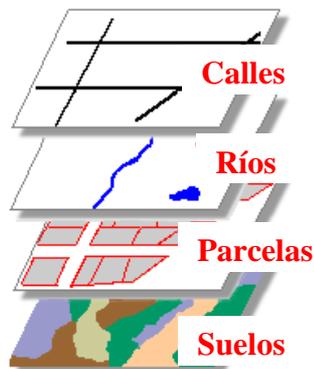
2. Sistemas que componen el SIG

- Sistemas de entrada de datos
- Sistemas de almacenamiento de datos
- Sistemas de análisis de datos
- Sistema de salida de datos

3. Tipos de SIG

Los SIG pueden ser de dos tipos con capas ráster o vectoriales, y esto es según el método usado para modelizar la realidad geográfica. Es decir, como los aspectos del medio o territorio (vegetación, geología, edafología, temperatura, precipitación, altitud, carreteras, ciudades, ríos, divisiones administrativas, ver figura 8),

Figura 8. Uso del SIG en la obtención de mapas temáticos



Fuente: Elaboración Propia

Capa ráster. Consiste en una malla rectangular de celdillas cuadradas o pixeles. En cada celdilla hay un número. Este número porta la información necesaria para modelizar un aspecto del medio. Son perfectos para modelizar aspectos de los medio muy variables, que generalmente son cuantitativos. Así los factores fisiográficos (altitud, pendiente, orientación), atmosféricos (temperatura, precipitación, contaminación) y otros se deben modelizar siguiendo esta estructura de datos.

Capa vectorial. Utilizan un conjunto de puntos, líneas o polígonos que modelizan un aspecto del medio. Estos puntos, líneas o polígonos se conocen, de manera genérica, como objetos o características o entidades. Constan de una información grafica o, mas bien, geográfica, la localización, y de una información que describe determinadas características de las entidades.

4. Geoprocesamiento

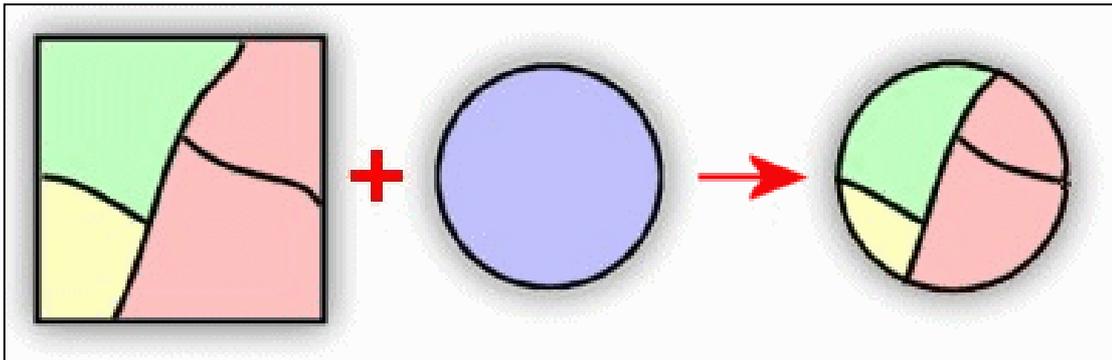
El Geoprocesamiento es una parte integral del análisis de un SIG; comprende cualquier operación que crea nuevos datos a partir de los datos existentes en un SIG. Un modelo es una colección de operaciones de geoprocesamiento que le permite visualizar y automatizar un flujo de trabajo de análisis.

5. Extracción de datos

La extracción de datos significa la creación de un nuevo subconjunto de entidades en una clase de entidad basado en la extensión geográfica de otra. Con una operación llamada Recortar, puede utilizar el la capa base de los límites para extraer o recortar los lugares de las entidades de interés para su análisis y reduciendo el tamaño de la capa base que va a utilizar reducirá el tiempo del procesamiento.

En una operación de recorte, una capa de recorte se superpone como un molde encima de una capa de entrada. Las entidades de la capa de entrada se recortan con la extensión de la capa de recorte.

Figura 9. Operación de recorte en una capa base



Fuente: Elaboración Propia

6. El proceso de Geoprocesamiento

Durante el análisis SIG, las operaciones de geoprocesamiento se realizan en un orden concreto para alcanzar un resultado final determinado- una capa base que contenga las entidades y los atributos de interés para el análisis. Una herramienta de geoprocesamiento realiza una operación en una capa base de entrada y crea una capa base de salida.

Figura 10. Herramientas de entrada y salida del geoprocesamiento



Fuente: Elaboración Propia

Una herramienta de geoprocesamiento requiere ciertos parámetros para realizar su operación. Los parámetros de la herramienta consisten en el nombre y ubicación de la capa base de entrada, los valores específicos de la operación de geoprocesamiento (por ejemplo, la distancia del área de influencia), el nombre y ubicación de la capa base de salida.

H. Mapa

Un mapa es una representación gráfica y métrica de una porción de territorio generalmente sobre una superficie bidimensional, pero que puede ser también esférica como ocurre en los globos terráqueos el mapa tiene propiedades métricas, significa que ha de ser posible tomar medidas de distancias, ángulos o superficies sobre él, y obtener un resultado lo más exacto posible.

1. Tipos de Mapas

Mapa actual: mapa que representa los datos topográficos y geográficos más recientes.

Mapa administrativo: mapa que representa los hechos principales de la organización administrativa de un territorio especialmente las cuestiones relativas a las fronteras, divisiones y capitales.

Mapa analítico: mapa temático que representa los elementos de un fenómeno.

Mapa de base: mapa reproducido totalmente o parcialmente en uno o diversos colores que sirve para sobreponer en él datos temáticos.

Mapa temático: Representa las actividades mas relevantes en un determinado proyecto.

Mapa de frecuencias: mapa temático que representa el número de veces que un hecho o un fenómeno se manifiesta en una zona o lugar determinados.

Mapa de intensidades: mapa temático que representa los fenómenos de acuerdo con el grado de fuerza o de actividad.

Mapa estadístico: mapa temático que representa datos estadísticos normalmente a partir de las unidades territoriales políticas y administrativas

Mapa general: mapa que representa un conjunto de fenómenos geográficos básicos y diversos tales como las costas, la hidrografía, el relieve, las poblaciones, las carreteras, los límites administrativos, la toponimia, etc. Nota: los mapas generales de gran escala de áreas terrestres suelen denominarse mapas topográficos. Unos y otros se consideran habitualmente complementarios y opuestos a los mapas temáticos

Mapa topográfico: mapa que representa la planimetría y la altimetría de las formas y dimensiones de elementos concretos, fijos y duraderos de una zona determinada de la superficie de un terreno.

Mapa topográfico nacional: mapa topográfico, generalmente a escala 1:50000 o 1:25000, que sirve de mapa de base del territorio de una nación o de un estado.

I. Sistema de Posicionamiento Global

El GPS (Global Positioning System: sistema de posicionamiento global) o es un sistema global de navegación por satélite (GNSS) que permite determinar en todo el mundo la posición de un objeto, una persona o un vehículo con una precisión hasta de centímetros (si se utiliza GPS diferencial), aunque lo habitual son unos pocos metros de precisión. El sistema fue desarrollado, instalado y actualmente operado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos.

El GPS funciona mediante una red de 24 satélites en órbita sobre el globo, a 20.200 km, con trayectorias sincronizadas para cubrir toda la superficie de la Tierra. Cuando se desea determinar la posición, el receptor que se utiliza para ello localiza automáticamente como mínimo tres satélites de la red, de los que recibe unas señales indicando la identificación y la hora del reloj de cada uno de ellos.

Con base en estas señales, el aparato sincroniza el reloj del GPS y calcula el tiempo que tardan en llegar las señales al equipo, y de tal modo mide la distancia al satélite mediante "triangulación", la cual se basa en determinar la distancia de cada satélite respecto al punto de medición.

1. Descripción del Sistema de Posicionamiento Global (GPS)

El sistema tiene tres componentes principales:

Componente espacial

El componente espacial corresponde a los satélites GPS. Estos vehículos envían señales de radio desde el espacio. La constelación nominal de los satélites GPS consta de 24 satélites que giran alrededor de la Tierra cada 12 horas. A menudo hay más de 24 satélites, puesto que nuevos satélites son lanzados con cierta periodicidad para reemplazar a los antiguos. Los satélites giran en órbitas que siguen casi la misma trayectoria (la Tierra gira debajo de ellos) una vez cada día. La altitud de la órbita es tal que los satélites repiten la misma trayectoria y configuración sobre cualquier punto aproximadamente cada 24 horas (4 minutos menos cada día) (Torres, 2001).

Hay seis planos orbitales, nominalmente con cuatro satélites cada uno, igualmente espaciados (60° aparte) e inclinados 55° con respecto al plano ecuatorial. Esta constelación ofrece al usuario la posibilidad de observar entre 5 y 8 satélites desde cualquier lugar del globo terrestre. Los satélites poseen relojes muy precisos denominados relojes atómicos no porque usen energía atómica, sino por que utilizan las oscilaciones de átomos de cesio o de rubidio para la determinación del tiempo (Torres, 2001).

Componente de control

El componente de control de los satélites consiste en un sistema de estaciones rastreadoras localizadas en diferentes partes del planeta. La estación maestra está localizada en la base de la Fuerza Aérea de los estados Unidos en Schriever, Colorado. Además de la estación maestra existen otras cuatro estaciones del denominado Sistema de Control operacional (Operational Control System), y 29 estaciones de monitoreo de la Red Cooperativa Internacional para el GPS (Cooperativo International GPS Network) en diferentes partes del mundo.(Torres, 2001).

En el momento mismo de hacer las observaciones desde las estaciones receptoras, las efemérides radiadas por los satélites permiten determinar posiciones con una precisión inferior a la obtenida si se emplean las efemérides precisas. No obstante lo indicado, se han desarrollado métodos que permiten, con las efemérides radiadas por los satélites durante la observación, obtener precisiones altas sin necesidad de esperar los datos de las efemérides precisas (Torres, 2001).

Componente usuario

Este componente está constituido por los receptores GPS y las personas usuarias del sistema. Los receptores GPS convierten las señales radiadas por los satélites en posiciones, velocidad de la señal y tiempo estimados. Se requiere la observación de cuatro satélites para calcular los cuatro valores X, Y, Z y el tiempo. Los receptores GPS se usan en la navegación, en el establecimiento de las posiciones de puntos sobre la superficie y en la determinación del tiempo e investigaciones (Torres, 2001).

La navegación ha sido la función primaria del GPS. Se fabrican GPS para navegación aérea, marítima y terrestre, y aún para la ubicación aproximada de personas además de los receptores para mediciones de alta precisión, usados en trabajos de topografía y de geodesia. La determinación de posiciones precisas se ha hecho posible con receptores GPS colocados en estaciones de referencia, que permiten hacer correcciones en receptores situados en estaciones remotas.

La determinación del tiempo y de la información correspondiente, basada en los relojes atómicos de los satélites GPS, controlada por las estaciones de monitoreo y los estándares de laboratorio, es otro uso dado al sistema. Las señales de los satélites son de especial utilidad en observaciones astronómicas, telecomunicaciones y laboratorios, donde se necesita la determinación precisa del tiempo. Las señales provenientes de los satélites también se usan en proyectos de investigación en los que se necesita la información de parámetros atmosféricos (Torres, 2001).

J. Educación Ambiental

La educación ambiental es un proceso dinámico y participativo, que busca despertar en la población una conciencia que le permita identificarse con la problemática Ambiental tanto a nivel general (mundial), como a nivel específico (medio donde vive); busca identificar las relaciones de interacción e independencia que se dan entre el entorno (medio ambiental) y el hombre, así como también se preocupa por promover una relación Armónica entre el medio natural y las actividades antropogénicas a través del desarrollo sostenible, todo esto con el fin de garantizar el sostenimiento y calidad de las generaciones actuales y futuras.(Smith, 2008)

La educación ambiental, además de generar una conciencia y soluciones pertinentes a los problemas ambientales actuales causados por actividades antropogénicas y los efectos de la relación entre el hombre y medio ambiente, este mecanismo pedagógico además infunde la interacción que existe dentro de los ecosistemas.

Los procesos y factores físicos, químicos así mismo biológicos, como estos reaccionan, se relacionan e intervienen entre sí dentro del medio ambiente, es otro de los tópicos que difunde la Educación Ambiental (EA), todo esto con el fin de entender nuestro entorno y formar una cultura conservacionista donde el hombre aplique en todos sus procesos productivos, técnicas limpias (dándole solución a los problemas ambientales), permitiendo de esta forma el desarrollo sostenible.(Smith, 2008)

A través de lo anterior ya podemos definir dos líneas, sobre las cuales se basa la educación ambiental la primera que hacer referencia a como interactúa entre sí la naturaleza (medio ambiente) donde se definen los ecosistemas, la importancia de la atmósfera (clima, composición e interacción), el agua (la hidrosfera, ciclo del agua), el suelo (litosfera, composición e interacción), el flujo de materia y energía dentro de los diferentes entornos naturales (ciclos biológicos, ciclos bioquímicos), así mismo el comportamiento de las comunidades y poblaciones (mutualismo, comensalismo, entre otros). la segunda línea va dirigida a la interacción que hay entre el ambiente y el hombre.(Smith, 2008)

1. Objetivos de la educación Ambiental.

Teniendo en cuenta la Carta de Belgrado, realizada en octubre de 1975, los Objetivos de la educación ambiental a nivel mundial son:

- **Toma de conciencia.** Ayudar a las personas y a los grupos sociales a que adquieran mayor sensibilidad y conciencia del medio ambiente en general y de los problemas.
- **Conocimientos.** Ayudar a las personas y a los grupos sociales a adquirir una comprensión básica del medio ambiente en su totalidad, de los problemas conexos y de la presencia y función de la humanidad en él, lo que entraña una responsabilidad crítica.
- **Actitudes.** Ayudar a las personas y a los grupos sociales a adquirir valores sociales y un profundo interés por el medio ambiente.
- **Aptitudes.** Ayudar a las personas y a los grupos sociales a adquirir las aptitudes necesarias para resolver los problemas ambientales.
- **Capacidad de evaluación.** Ayudar a las personas y a los grupos sociales a evaluar las medidas y los programas de educación ambiental en función de los factores ecológicos, políticos, sociales, estéticos y educativos.
- **Participación** Ayudar a las personas y a los grupos sociales a que desarrollen su sentido de responsabilidad y a que tomen conciencia de la urgente necesidad de prestar atención a los problemas del medio ambiente, para asegurar que se adopten medidas adecuadas al respecto.

Es necesario comprender el grado de importancia que tiene la cultura ambiental para proteger y conservar nuestro planeta, por lo tanto la educación debe ser en todos los niveles sociales, sin excepción de personas.

2. Estrategias de la Educación Ambiental

Con el fin de llevar a cabalidad y con éxito los programas de educación ambiental (así mismo cumplir eficazmente los objetivos), es recomendable llevar a cabo las siguientes estrategias:

- **Coordinación Intersectorial e Interinstitucional.**

Para poder que el proceso de la educación ambiental tenga un componente dinámico, creativo, eficaz y eficiente dentro de la gestión ambiental, es necesario que se realice un trabajo conjunto entre los diferentes sectores (Privado y Público) y las organizaciones de la sociedad civil involucradas en el tema ambiental. Esto se realiza con el fin de que organizaciones no gubernamentales y las que pertenezcan al estado puedan llevar a cabo de manera más rápida estos procesos de formación.

- **Inclusión de la Educación Ambiental en la Educación Formal y No formal.**

Este se realice con el fin que dentro de la educación formal se lleve la inclusión de la dimensión ambiental en los currículos o pensum de la educación básica, media y superior. Y la educación No formal se hace necesario la implementación de proyectos de educación ambiental por parte de las diferentes entidades que trabajen con fines ambientales, como estas pueden ser jornadas de sensibilización, charlas, celebración de días de importancia ambiental, entre otros.

- **Participación Ciudadana.**

A través de este mecanismo, se busca educar a la ciudadanía en su conjunto para cualificar su participación en los espacios de decisión para la gestión sobre intereses colectivos. Por lo que a través de la Educación Ambiental, se fomenta la solidaridad, el respeto por la diferencia, buscando la tolerancia y la equidad, por lo que tratara de valerse de estas características para la resolución de problemas de orden ambiental.

- **Investigación**

Este proceso permite la comprensión y la solución, a través de un conocimiento mas profundo de los problemas ambientales, buscando las causas y los efectos que estos generan no solo en la el entrono del hombre, sino que también la influencia de estos en las actividades antropogénicas, por lo que se plantea de que la investigación funciones como una estrategia, tanto en lo natural como social y el cultural, abarcando un mayor rango de influencia para que la educación ambiental sea mas efectiva.

- **Formación de Educadores Ambientales**

Esta estrategia favorece que la Educación Ambiental implique un trabajo interdisciplinario derivado del carácter sistémico del ambiente y de la necesidad de aportar los instrumentos de razonamiento, de contenido y de acción desde las diversas disciplinas, las diversas áreas de conocimientos y las diversas perspectivas.

- **Diseño, implementación, apoyo y promoción de planes y acciones de comunicación y divulgación.**

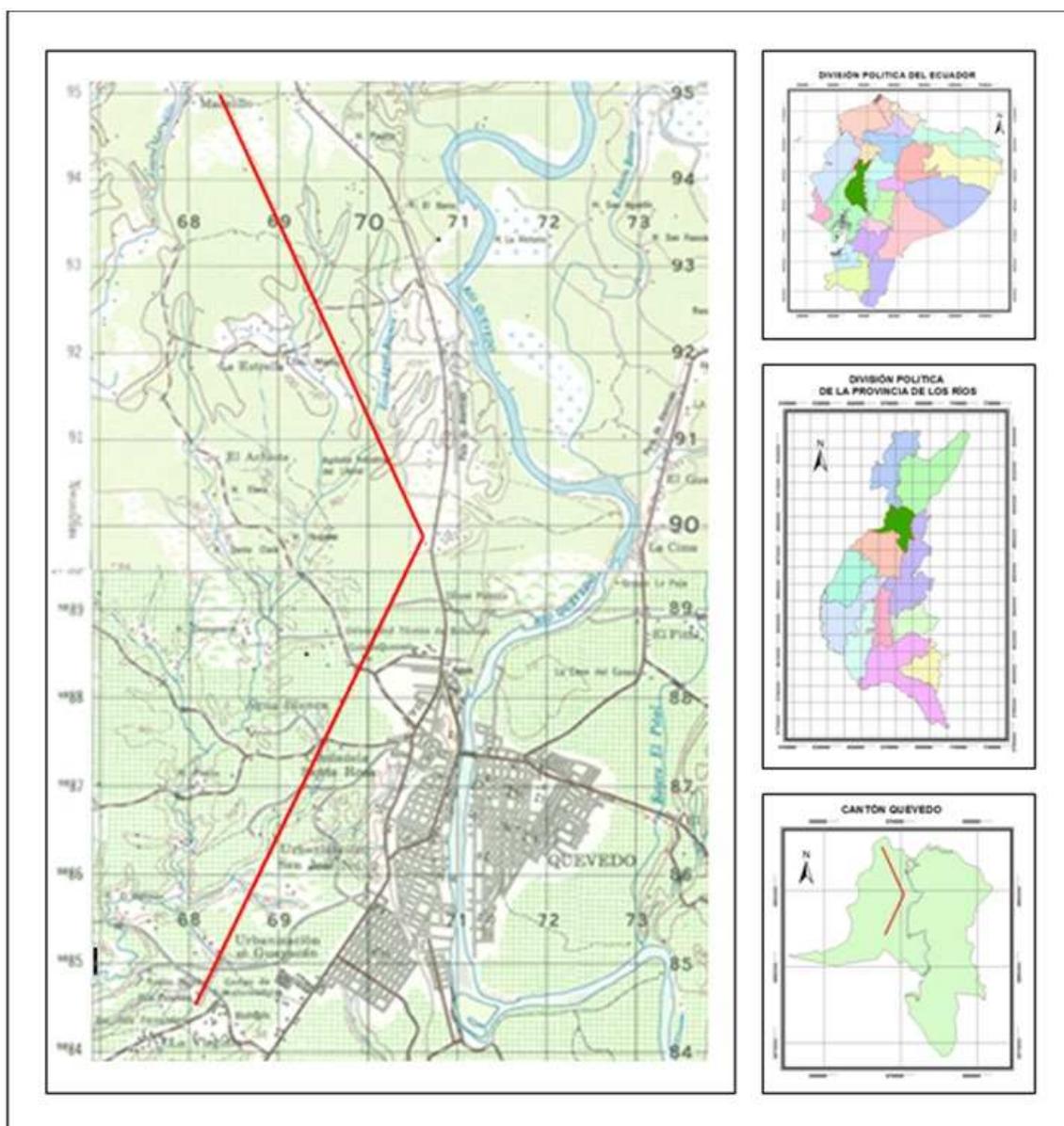
A través de este se favorece la promulgación de la Educación Ambiental, con los diferentes medios de comunicación actual, como son la radio, la televisión y la red. Estos medios además de favorecer la transmisión de noticias e información ambiental, igualmente favorece la publicidad de actividades y días relacionados con el cuidado como también la conservación del entorno.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Localización del Proyecto

El área de estudio se localizó en la Provincia de Los Ríos Cantón Quevedo, en la trayectoria de las Líneas de Transmisión de 230 kV en el tramo Quevedo- Cuatro Mangas.

Figura 11. Mapa de Ubicación del Proyecto



 **Área de estudio:** Líneas De Transmisión De 230 Kv En La Zona De Quevedo

Fuente: Carta IGM. Cantones Quevedo – Valencia. Escala 1:50.000

Tabla 8. Características climatológicas y edafológicas de la zona de Quevedo

Altitud	75msnm
Precipitación media anual	2100mm
Temperatura promedio anual	24,4°C
Humedad relativa	84%
Heliofanía media anual	870 horas luz
Zona de vida	bh-T
Topografía	Ligeramente irregular
Tipo de suelo	franco limoso
pH del suelo	6,5 – 7,0

Fuente: INFOTERRA, Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

Este circuito comprende las siguientes coordenadas:

Tabla 9. Coordenadas del tramo de estudio de las torres de líneas de transmisión

COORDENADAS UTM WGS – 84							
PUNTO	X	Y	ALTITUD	PUNTO	X	Y	ALTITUD
1	667923	9884249	91 m	16	669961	9890352	66 m
2	668138	9884724	93 m	17	669790	9890754	61 m
3	668405	9885298	95 m	18	669634	9891122	88 m
4	668580	9885666	84 m	19	669480	9891498	91 m
5	668758	9886034	93 m	20	669335	9891824	98 m
6	668970	9886494	84 m	21	669185	9892182	100 m
7	669177	9886923	89 m	22	669013	9892536	90 m
8	669352	9887294	85 m	23	668881	9892887	92 m
9	669503	9887611	59 m	24	668629	9893173	95 m
10	669691	9888008	74 m	25	668482	9893511	97 m
11	669857	9888366	79 m	26	668412	9894000	101 m
12	670030	9888717	88 m	27	668116	9894352	101 m
13	670208	9889098	86 m	28	667936	9894785	95 m
14	670356	9889400	85 m	29	667722	9895260	102 m
15	670095	9890036	91 m	30	667644	9895664	106 m

Fuente: Elaboración propia.

B. Materiales

1. Materiales de oficina

- Certificado de Calibración del Medidor de Radiación de CEM;
- Cartas Topográficas del Instituto Geográfico Militar (IGM) escala 1:50000
- Software Office 2007;
- Software ARC GIS 9.2;
- Software AUTOCAD 2010;
- Software Map Source – Garmin;
- Impresora Multifunción;
- Libreta de campo;
- Bolígrafo;
- Ordenador;
- Impresora;
- Cartuchos de tinta; y
- Pen Drive.

2. Materiales de campo

- GPS. (Modelo: GPSmap 60CSx);
- Medidor de Radiación Campo Electromagnético Lutron EMF 839;
- Cámara Digital;
- Flexómetro;
- Cinta Métrica. Stanley 50 m;
- Regla desplegable de 2 m;
- Casco 3M;
- Guantes; y,
- Botas de caucho.

C. Métodos

En la evaluación de los niveles de radiación no ionizante producidas por las líneas de transmisión se realizó en las siguientes fases:

1. Monitoreo de la intensidad de radiación electromagnética producida por las Líneas de Transmisión Eléctrica

- Se estableció el circuito general del área de estudio utilizando la carta topográfica del cantón Quevedo en función de los puntos que atraviesan las líneas de transmisión de la zona del monitoreo del tramo Subestación – Cuatro Mangas;
- Para la identificación de puntos del área de estudio se utilizó el GPS, se establecieron las coordenadas entre torre y torre, así como los puntos medios entre torres, las alturas entre el suelo y la línea de transmisión promedio fueron verificadas en la carta topográfica;
- La medición de campo eléctrico, se realizó con el medidor de radiación Lutron EMF – 839.

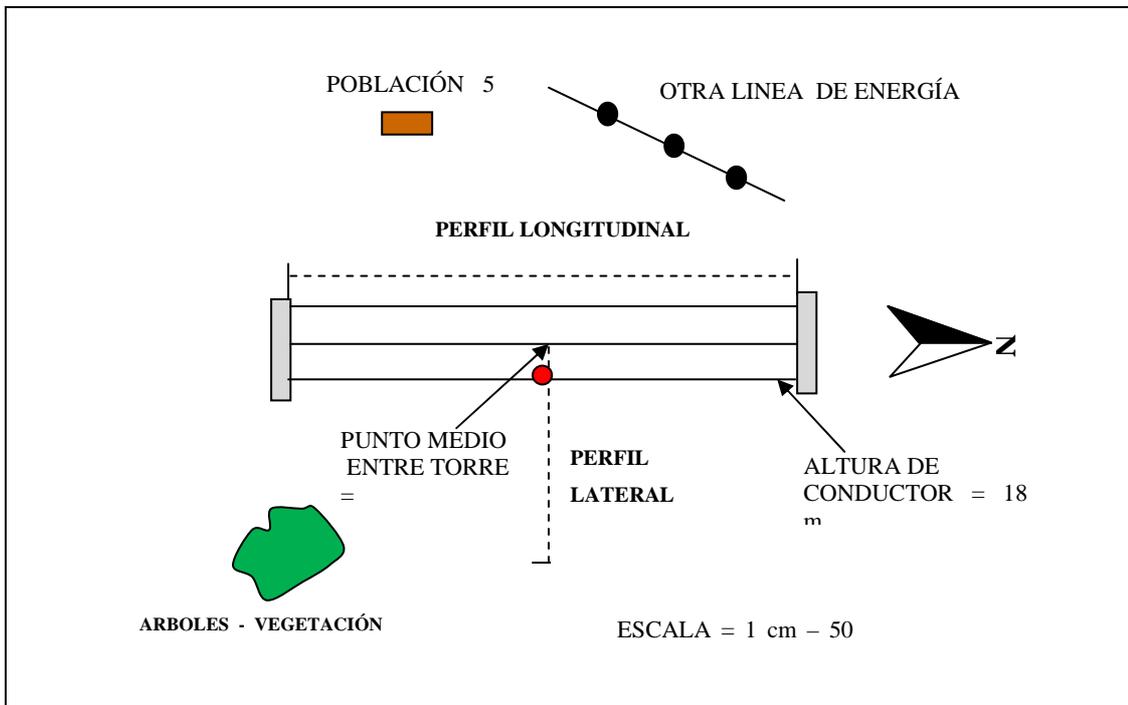
Mediciones realizadas:

- Medición longitudinal; y
- Medición lateral

Procedimiento:

- Se ubicó el instrumento bajo la línea de transmisión a 1 metro de altura sobre el nivel del suelo;
- La distancia entre el instrumento medidor y el operador fue de 2,5 metros;
- Este procedimiento se repitió a lo largo de la línea de transmisión entre torre y torre, siempre en los tramos intermedios; y para los perfiles laterales desde el punto medio entre torres hacia los costados (perpendicular a la línea de transmisión, ver figura 12);

Figura 12. Medición perfil lateral. Configuración típica con alturas de objetos permanentes



Fuente: Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE)

Datos obtenidos:

- Valores de campos eléctricos máximos y mínimos.

Para la obtención de datos de campo magnético (H) e inducción magnética (B), se utilizaron métodos indirectos propuestos por el Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España y ASSI Control⁸, basados en la siguiente ecuación general:

$$S = \frac{E^2}{Za} ; S = H^2 Za$$

Donde:

S: Densidad de potencia (W/m²)

E: Campo Eléctrico (V/m)

H: Campo Magnético (A/m)

Za: Impedancia del espacio libre (377 ohms)

⁸ ASSI Control, entidad italiana encargada de emitir certificados de calibración de instrumentos de medición

- A partir de los datos de campo eléctrico E se obtiene el campo magnético como se muestra en la siguiente ecuación:

$$H = \frac{E}{377\Omega}$$

- De los datos obtenidos de H se procedió a convertir a densidad de flujo magnético B para poder comparar con la normativa. A continuación se muestra la siguiente conversión en base a la tabla 4.⁹

$$1 \frac{A}{m} = 1,257 \times 10^{-6} T$$

$$1 T = 796000 \frac{A}{m}$$

$$1 \mu T = 10^{-6} T$$

Donde:

$\frac{A}{m}$: amperios sobre metro

T: Tesla

μT : Microtesla

Diseño experimental:

En vista de que las altitudes en las que se encuentra dispuesto el sistema interconectado para la distribución del fluido eléctrico en la zona de Quevedo se encuentra en el rango de 60 y 109 metros sobre el nivel del mar y el trazo de la red abarca zonas pobladas y zonas despobladas, en este trabajo investigativo se propuso lo siguiente:

Con la finalidad de determinar la variabilidad de los datos obtenidos a lo largo de la red, las altitudes se agruparon en rangos, introduciendo la condición de zona poblada y no poblada. Por lo tanto, se consideró cuatro tratamientos dentro del rango de alturas de los datos obtenidos, y cuatro bloques representados por los puntos medios entre torres (PMT_i , donde $i= 1, 2, 3, \dots$), tal como se puede ver en la tabla 10.

⁹ Unidades más utilizadas y factores de conversión entre ellas, Exposición a campos magnéticos estáticos, Centro Nacional de Condiciones de Trabajo, España

Tabla 10. Identificación de los Tratamientos y Puntos Medios entre Torres

Tratamientos	Altitud (m)
T1 Sitios Altos No Poblados	90 – 109
T2 Sitios Altos Poblados	90 – 109
T3 Sitios Bajos No Poblados	60 – 89
T4 Sitios Bajos Poblados	60 – 89
Puntos Medios entre Torres PMT	Datos de E, H, y B
PMT1	V/m; A/m; μT
PMT2	V/m; A/m; μT
PMT3	V/m; A/m; μT
PMT4	V/m; A/m; μT

Fuente: Elaboración propia

El diseño experimental propuesto fue el Diseño en Bloques Completamente al Azar (DBA) de acuerdo al siguiente esquema:

ADEVA (Análisis de Varianza)

F. Variación	Grados de Libertad
PMT (Bloques)	(r-1)
Tratamientos	(t-1)
Error	(r-1)(t-1)
Total	(r.t)-1

Tabla 11. Modelo para la tabulación del diseño experimental

TRATAMIENTOS	PUNTOS MEDIOS ENTRE TORRES PMT				SUMA	MEDIA
	1	2	3	4		
T1	r_1	r_2	r_3	r_4	$\sum_1^n r_i$	$(\sum_1^n r_i)/n$
T2	r_1	r_2	r_3	r_4	$\sum_1^n r_i$	$(\sum_1^n r_i)/n$
T3	r_1	r_2	r_3	r_4	$\sum_1^n r_i$	$(\sum_1^n r_i)/n$
T4	r_1	r_2	r_3	r_4	$\sum_1^n r_i$	$(\sum_1^n r_i)/n$
SUMA	$\sum_1^n r_j$	$\sum_1^n r_j$	$\sum_1^n r_j$	$\sum_1^n r_j$		
MEDIA	$(\sum_1^n r_j)/n$	$(\sum_1^n r_j)/n$	$(\sum_1^n r_j)/n$	$(\sum_1^n r_j)/n$		

Fuente: Elaboración propia

- Para la obtención del análisis de la varianza se utilizó el software Minitab 15.
- Los resultados obtenidos en las mediciones de campo fueron comparados con la normativa vigente de acuerdo a International Commission on Non Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) y al Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), Anexo 10 de la Norma de Radiaciones No Ionizantes de Campos Electromagnéticos del Registro Oficial N° 41, del 14 de Mayo del 2007; y,
- Las líneas de transmisión deben cumplir con los parámetros expuestos en la Tabla de los Niveles de Referencia para la Exposición a Campos Eléctricos y Magnéticos de 60 Hz., o de valores referenciales rms no perturbados. La norma ecuatoriana fija un valor referencial de densidad de flujo magnético de 83 μT , por lo que las mediciones que se efectúen a lo largo de la línea de Transmisión de 230 kV deberán cumplir con este valor referencial.

2. Diseño del cuestionario tipo Likert para efectos causados por los campos electromagnéticos

- Se elaboró el cuestionario con 10 ítems todos relacionados con la salud de los pobladores que habitan o trabajan junto a las líneas de transmisión;
- Se eligieron cincuenta (50) personas al azar para que respondan al cuestionario;
- La tabulación de resultados se hizo de acuerdo a la técnica propuesta por Friedman, conocida como prueba No paramétrica de Friedman;
- Para identificar los criterios de la ciudadanía y establecer la relación entre la percepción ciudadana y los efectos que causan las líneas de transmisión se utilizó la técnica propuesta por Likert (1978)¹⁰ conocida como escala sumativa para medir actitudes.

¹⁰ SUMMERS, G. F. 1978. Medición de Actitudes. Ed. Trillas. México

Tabla 12. Tabla de alternativas o puntos en la escala de Likert

Esquema de una escala tipo Likert											
Ítem Panelista	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	Promedio
1											
2											
3											
.....											
48											
49											
50											
VARIABLES INDEPENDIENTES Y DE CONTROL											

Fuente: SUMMERS. G. F.

- En la tabla 13 los Ítems corresponden a las preguntas del cuestionario y los Panelistas corresponden a los ciudadanos entrevistados.
- La valoración de los Ítems se realizó de acuerdo a la siguiente escala:

Tabla 13. Escala de Valoración Likert

5	4	3	2	1
Totalmente de acuerdo	De acuerdo o de acuerdo en ciertos aspectos	Parcialmente de Acuerdo	En desacuerdo o en desacuerdo en ciertos aspectos	Totalmente en desacuerdo
TA	AD	PA	AA	TD

Fuente: SUMMERS G., F.

- Para asegurar la precisión de la escala, se seleccionaran el 25 % de los sujetos con puntuación más alta y el 25 % con puntuaciones más baja, y se seleccionan los ítems que discriminan a los sujetos de estos dos grupos, es decir, aquellos con mayor diferencia de puntuaciones medias entre ambos grupos. Para este caso el 25 % de 50 es 12 panelistas.

Tabla 14. Puntuaciones según escala de Likert

	25% max					25% min				
Ítem	a1	b1	i1	j1	a2	b2	i2	j2
Panelista										
1										
2										
3										
....										
10										
11										
12										
Σ										
\bar{x}										

Fuente: SUMMERS. G. F.

- Para asegurar la fiabilidad por consistencia interna, se estableció la correlación entre la puntuación total y la puntuación de cada ítem para todos los individuos, seleccionándose los ítems con coeficiente más alto;
- El número de ítems discriminados está formado por aquellos que tengan: una t alta y una $[\bar{x} \max - \bar{x} \min]$ también alta; y,

Tabla 15.Tabla de Selección de Ítems

Ítems	$[\bar{x} \max - \bar{x} \min]$	t-Student	Moda
a			
....			
j			

Fuente: SUMMERS G. F.

- La validación del cuestionario, se hizo a través del procedimiento basado en el cálculo de la “t de student”, y consiste en tomar los dos grupos de sujetos de la muestra con puntuaciones media total más extrema para, a continuación, calcular la “t” de cada uno de los ítems. Los valores más altos de “t” son los que deciden que ítems son los más discriminantes.

3. Mapa Temático de campos electromagnéticos

- Para la elaboración del mapa temático se utilizó el software ArcGIS 9.3.¹¹ Se tomó como referencia las cartas topográficas IGM para poder utilizar el ráster o mapa digital del cantón Quevedo, luego en Excel se creó una nueva tabla para ingresar las coordenadas de las líneas de transmisión tomadas por el GPS y localizar los lugares a encuestar del tramo
- Lo mismo se hizo para localizar de una torre a otra, y obtener el punto medio entre torre de mayor radiación y crear los mapas de campos eléctricos, magnéticos e inducción magnética de las líneas de transmisión.
- En este procedimiento se utilizó el geoprocésamiento para la extracción de mapas por medio de la opción Clip del software ArcGIS 9.3, (autoformas, grillas, leyenda, e información básica de un mapa temático).
- Se interpretó el contenido de los resultados de los mapas temáticos, para entender la significancia de cada uno de ellos.

4. Desarrollo de propuesta de acuerdo a los resultados obtenidos en la medición de radiaciones no ionizantes y la encuesta tipo Likert

- Dependiendo del nivel de conocimiento de la población, los resultados de la medición y la encuesta se procederá a crear una propuesta de Educación Ambiental que contribuya a disminuir los efectos de este tipo de radiación, si es que los hubiera.

¹¹ ArcGIS 9.3, Software utilizado en la elaboración de mapas

IV. RESULTADOS

A. Monitoreo de la cantidad de radiación electromagnética producidas por las Líneas de Transmisión Eléctrica.

1. Campos Eléctricos (E) en las Líneas de Trasmisión de 230 kV en el tramo Quevedo – Cuatro Mangas.

Tabla 16. Análisis de varianza de Campos Eléctricos

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	P	
Tratamientos	3	390,965	130,322	8,43	0,006	* *
PMT	3	69,169	23,056	1,49	0,282	N.S.
Error	9	139,204	15,467			
Total	15	599,337				
S = 3,933; R-cuad. = 76,77%; R-cuad.(ajustado) = 61,29%						

Diferencias significativas ($p < 0,05$)

Fuente: Elaboración propia

De la tabla No. 16 ADEVA, se puede inferir que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos por lo que se procedió a la separación de medias de acuerdo al método propuesto por Tukey con el 95 % de probabilidad.

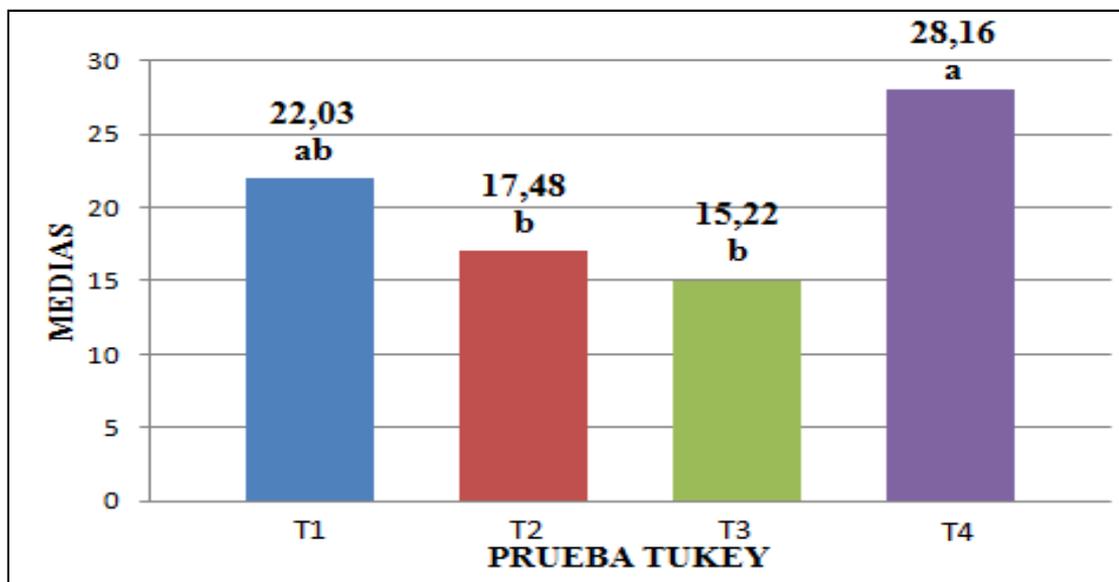
Obteniendo que:

TRATAMIENTOS	MEDIAS	PRUEBA TUKEY
T1 Sitios Altos No Poblados	22.03	ab
T2 Sitios Altos Poblados	17.48	b
T3 Sitios Bajos No Poblados	15.22	b
T4 Sitios Bajos Poblados	28.16	a

Nota: Valores con letras iguales no presentan diferencias estadísticas

De acuerdo a estos resultados se infiere que en Los Sitios Bajos Poblados, se obtuvieron los mayores valores de campo eléctrico (media= 28.16, ver Figura 13)

Figura 13. Diferenciación de Medias entre Tratamientos de los Campos Eléctricos



Fuente: Elaboración Propia

2. Campos Magnéticos (H) en las Líneas de Trasmisión de 230 kV en el tramo Quevedo – Cuatro Mangas.

Tabla 17. Análisis de varianza de Campos Magnéticos

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	P	
Tratamientos	3	0,0027463	0,0009154	8,32	0,006	**
PMT	3	0,0004912	0,0001637	1,49	0,283	N.S.
Error	9	0,0009903	0,0001100			
Total	15	0,0042278				

S = 0,01049; R-cuad. = 76,58%; R-cuad.(ajustado) = 60,96%

Diferencias significativas ($p < 0,05$)

Fuente: Elaboración propia

De la tabla No. 17 ADEVA, se puede inferir que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos por lo que se procedió a la separación de medias de acuerdo al método propuesto por Tukey con el 95 % de probabilidad.

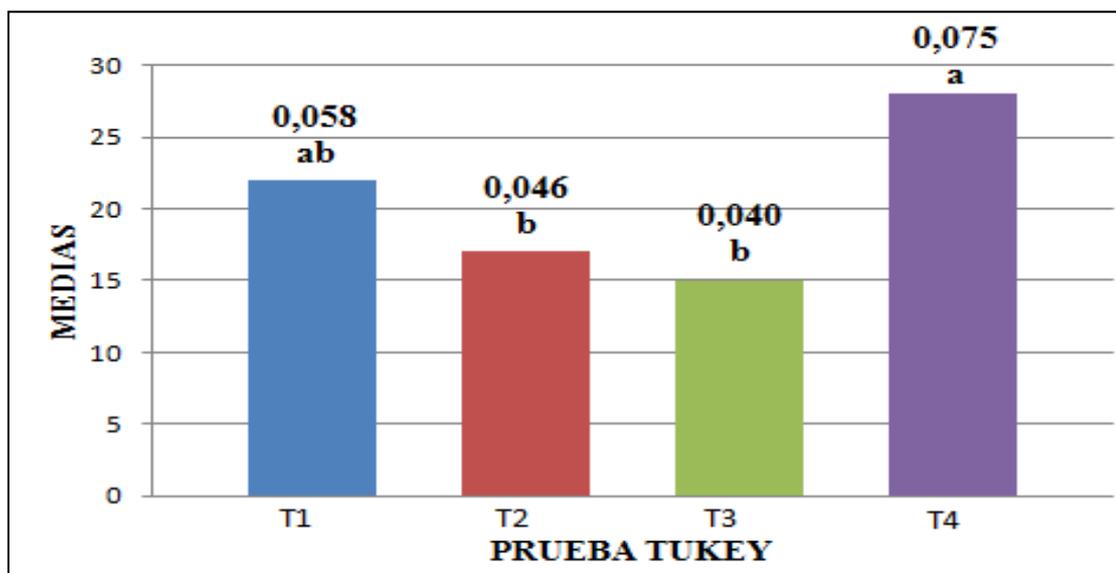
Obteniendo que:

TRATAMIENTOS	MEDIAS	PRUEBA TUKEY
T1 Sitios Altos No Poblados	0.058	ab
T2 Sitios Altos Poblados	0.046	b
T3 Sitios Bajos No Poblados	0.040	b
T4 Sitios Bajos Poblados	0.075	a

Nota: Valores con letras iguales no presentan diferencias estadísticas

De acuerdo a estos resultados se infiere que en Los Sitios Bajos Poblados, se obtuvieron los mayores valores de campo magnético (media= 0.075, ver Figura 14)

Figura 14. Diferenciación de Medias entre Tratamientos de los Campos Magnéticos



Fuente: Elaboración Propia

3. Densidad de Flujo Magnético (B) en las Líneas de Trasmisión de 230 kV en el tramo Quevedo – Cuatro Mangas.

Tabla 18.Análisis de varianza de la Densidad de Flujo Magnético

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	P	
Tratamientos	3	0,0043625	0,0014542	8,47	0,005	* *
PMT	3	0,0007575	0,0002525	1,47	0,287	N.S.
Error	9	0,0015460	0,0001718			
Total	15	0,0066660				
S = 0,01311; R-cuad. = 76,81%;R-cuad.(ajustado) = 61,35%						

Diferencias significativas (p< 0,05)

Fuente: Elaboración propia

De la tabla No. 18 ADEVA, se puede inferir que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos por lo que se procedió a la separación de medias de acuerdo al método propuesto por Tukey con el 95 % de probabilidad.

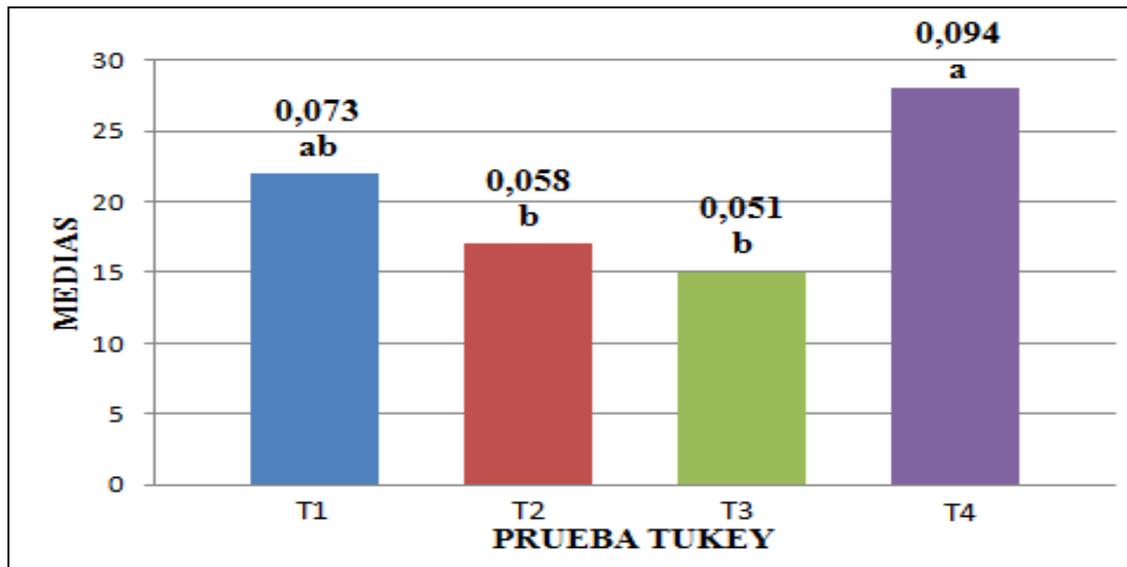
Obteniendo que:

TRATAMIENTOS	MEDIAS	PRUEBA TUKEY
T1 Sitios Altos No Poblados	0.073	ab
T2 Sitios Altos Poblados	0.058	b
T3 Sitios Bajos No Poblados	0.051	b
T4 Sitios Bajos Poblados	0.094	a

Nota: Valores con letras iguales no presentan diferencias estadísticas

De acuerdo a estos resultados se infiere que en Los Sitios Bajos Poblados, se obtuvieron los mayores valores de densidad de flujo magnético (media= 0.094, ver figura 15)

Figura 15. Diferenciación de Medias entre Tratamientos de los Densidades de Flujo M.



Fuente: Elaboración Propia

B. Análisis estadístico del cuestionario tipo Likert para los efectos causados por los campos electromagnéticos en la salud de las personas.

1.- Se eligieron 50 personas (al azar) a quienes se les aplicó el siguiente cuestionario:

Tabla 19. Cuestionario utilizado en la encuesta

A	Considera Ud. que las líneas de transmisión son perjudiciales para la salud
B	Las líneas de transmisión provocan leucemia infantil, Cáncer y no reproducción.
C	Las personas que se exponen debajo de las líneas de transmisión han sentido un cambio biológico. (dolor de cabeza, nauseas, fatiga, insomnio , ansiedad)
D	Personas que sufren de enfermedades cardiovasculares se sienten afectadas.
E	Considera que las personas notan la alteración del sistema nervioso
F	El comportamiento de las personas es afectado cuando se exponen a una línea de transmisión en circunstancias de deporte, trabajo, y otras actividades.
G	El nivel de exposición a largo plazo acumula efectos perjudiciales
H	Las personas presentan síntomas y molestias en la piel como enrojecimiento de la cara o otras ...
I	Personas que han fallecido tenían cáncer por vivir cerca a líneas de transmisión
j	Los promotores de la salud deben controlar los factores de riesgo de enfermedades a causa de la línea de transmisión

Fuente: Elaboración propia

2.- La matriz con la valoración de cada ítem se presenta a continuación:

Tabla 20. Matriz de valoración

Panelista	Ítem	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	Media
1		2	2	2	2	4	2	2	1	1	3	2,1
2		5	4	4	4	4	5	5	5	5	3	4,4
3		3	2	2	2	2	2	2	2	1	5	2,3
4		1	4	5	5	5	5	5	3	4	5	4,2
5		3	3	5	5	2	4	4	3	5	4	3,8
6		4	2	2	4	2	2	2	2	2	3	2,5
7		4	3	2	2	2	2	2	2	2	5	2,6
8		2	2	2	2	3	3	3	2	3	4	2,6
9		2	4	5	4	5	4	5	4	5	5	4,3
10		5	3	3	3	3	5	5	1	4	5	3,7
11		4	5	2	2	2	3	4	2	4	5	3,3
12		5	4	2	2	2	2	3	3	3	3	2,9
13		3	3	3	3	5	2	3	4	3	3	3,2
14		4	3	5	4	5	5	5	5	3	4	4,3
15		3	3	3	3	3	3	4	3	3	5	3,3
16		5	5	5	4	3	5	5	5	3	5	4,5
17		5	4	5	3	5	5	5	5	3	4	4,4
18		4	3	3	3	3	4	5	5	1	5	3,6
19		5	5	5	3	3	5	5	5	3	5	4,4
20		1	2	3	4	3	4	1	3	2	5	2,8
21		3	3	3	3	4	2	3	4	3	3	3,1
22		3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	3,6
23		4	4	4	4	3	3	3	4	4	3	3,6
24		3	4	4	5	5	5	4	4	4	4	4,2
25		4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3,6
26		2	3	3	3	3	4	4	4	4	5	3,5
27		4	4	5	5	5	4	4	4	5	4	4,4
28		5	5	5	5	5	3	3	4	5	5	4,5
29		3	3	3	4	4	4	4	5	5	3	3,8
30		5	5	5	4	4	4	4	4	5	4	4,4
31		4	3	4	4	4	2	3	1	3	5	3,3
32		4	3	4	3	4	3	3	3	3	4	3,4
33		5	4	4	4	4	4	3	3	1	5	3,7
34		5	2	1	1	2	1	1	1	2	3	1,9
35		3	3	3	3	3	3	3	4	4	5	3,4
36		4	4	1	2	2	3	3	4	4	4	3,1
37		3	1	1	1	2	2	2	3	4	5	2,4
38		1	2	3	4	5	4	3	3	4	5	3,4
39		1	1	2	2	3	3	4	4	4	5	2,9
40		3	4	4	4	5	5	4	4	5	3	4,1
41		4	4	4	4	5	5	5	4	4	5	4,4
42		4	4	3	3	3	3	4	4	5	5	3,8
43		3	3	4	4	3	2	2	3	4	4	3,2
44		4	4	4	5	5	5	5	5	5	3	4,5
45		2	2	2	2	3	3	3	3	4	5	2,9
46		4	4	4	4	5	5	5	4	4	3	4,2
47		3	3	4	4	4	3	3	3	4	5	3,6
48		3	4	4	4	5	5	5	5	5	4	4,4
49		4	4	4	3	3	3	2	1	3	3	3
50		2	3	3	3	4	4	4	4	4	3	3,4
SUMA		172	166	170	168	181	177	178	171	178	208	3,358
PROMEDIO		3,4	3,3	3,4	3,4	3,6	3,5	3,6	3,4	3,6	4,2	

Fuente: Elaboración propia

3.- En la tabla 21, se presenta el análisis de frecuencias absolutas, el modo (a) y el coeficiente de correlación tomado entre cada ítem y la suma total de los Items:

Tabla 21. Valores absolutos de frecuencias

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
FRECU.1	4	2	3	2	0	1	2	5	4	0
FRECU.2	6	8	9	9	9	10	7	5	4	0
FRECU.3	14	17	13	14	15	13	15	13	13	15
FRECU.4	16	18	15	19	12	13	13	18	18	12
FRECU.5	10	5	10	6	14	13	13	9	11	23
TOTAL	50									
MODA.	4	4	4	4	3	5	3	4	4	5
STD.	1,2	1	1,2	1	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	0,9
CORR.	0,3	0,7	0,8	0,7	0,7	0,8	0,8	0,7	0,6	0,1

Fuente: Elaboración propia

Como se desprende de esta tabla el ítem: a “Considera Ud. que las líneas de transmisión son perjudiciales para la salud” tienen un coeficiente de correlación bajo (0.3), el ítem j “Los promotores de la salud deben controlar los factores de riesgo de enfermedades a causa de la línea de transmisión” tiene un coeficiente de correlación bajo (0.1), y el ítem i “Personas que han fallecido tenían cáncer por vivir cerca a líneas de transmisión” tiene un coeficiente de correlación igual a 0.6.

Los Items: b, c, d, e, f, g y h tienen coeficientes de correlación aceptables entre 0.7 y 0.8. Los valores de “t” para la validación del cuestionario se presentan en la tabla 22

Tabla 22. Valores “t” del resultado de la comparación T máx - T mín

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
T máx - T mín	0,5	1,5	2,1	1,5	1,2	1,4	1,5	1,3	1,1	0,4
t Student	0,74	3,8	6,6	5,7	3,4	2,7	3,6	2,7	2,5	1,1
Moda	4	4	4	4	3	5	3	4	4	5

Fuente: Elaboración propia

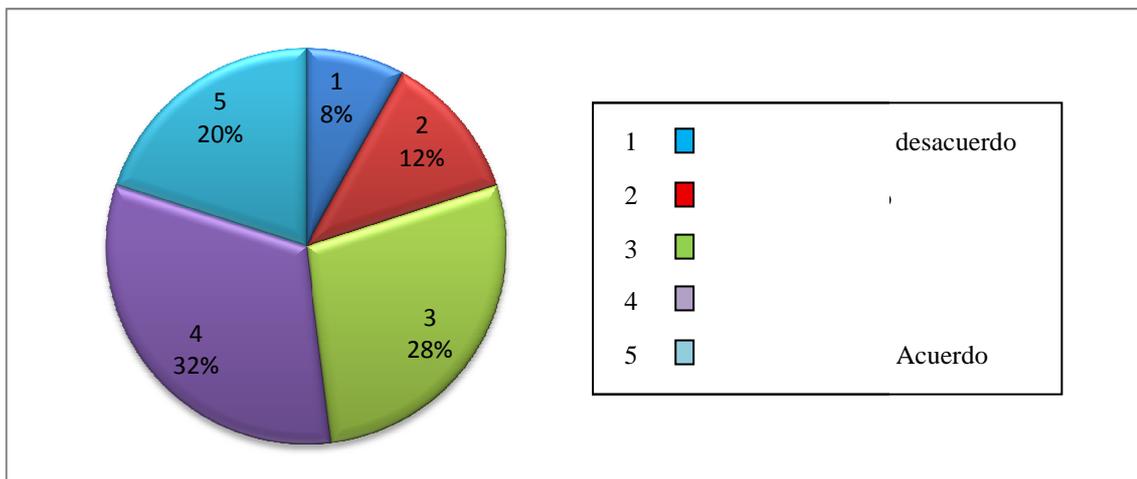
Como se desprende de la tabla existen coincidencias entre los valores de la “t” de Student y los valores del coeficiente de correlación, así como también entre los valores de la moda (o), lo que significa que los ítems se discriminan adecuadamente.

C. Interpretación de resultados del cuestionario en la evaluación de la percepción ciudadana sobre los efectos que causa la exposición a las líneas de transmisión en función del bienestar de la población.

Ítem 1. Considera Ud. que las líneas de transmisión son perjudiciales para la salud.

En la figura 13 se presenta los resultados obtenidos del grupo de personas encuestadas, considerando el porcentaje total de los ítems individuales en función de los criterios emitidos por cada uno de ellos, e interpretando las siguientes respuestas a continuación:

Figura 16. Consideración de criterios sobre los posibles efectos en la salud.



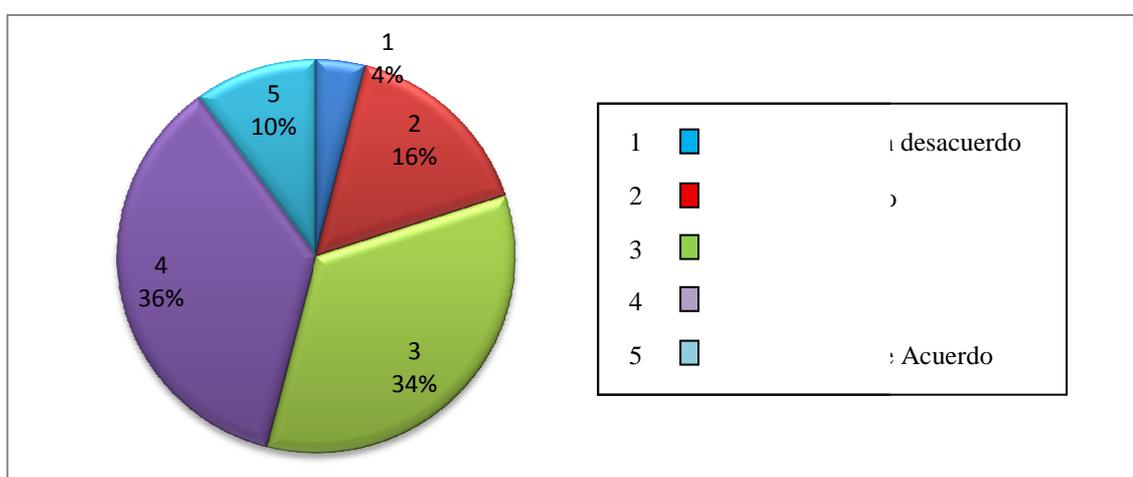
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al ítem 1, el 8% está totalmente en desacuerdo, por que asumen que no les afectan en nada a su salud, el 12% asegura no haber visto ningún efecto, el 28% existe un nivel de incertidumbre en las personas por la falta de conocimiento o asesoramiento en la temática nombrada, el 32% está de acuerdo por tener principios sobre contaminación electromagnética, y un 20% está totalmente de acuerdo por existir cambios en los procesos de producción de las plantas y efectos en la salud por la presencia de gotas acidas cuando llueve durante el invierno.

Ítem 2. Las líneas de transmisión provocan leucemia infantil, Cáncer y no reproducción.

En la figura 14 se presenta los resultados obtenidos del grupo de personas encuestadas, considerando el porcentaje total de los ítems individuales en función de los criterios emitidos por cada uno de ellos, e interpretando las siguientes respuestas a continuación:

Figura 17. Criterios sobre el origen de producir enfermedades y afectar a la reproducción.



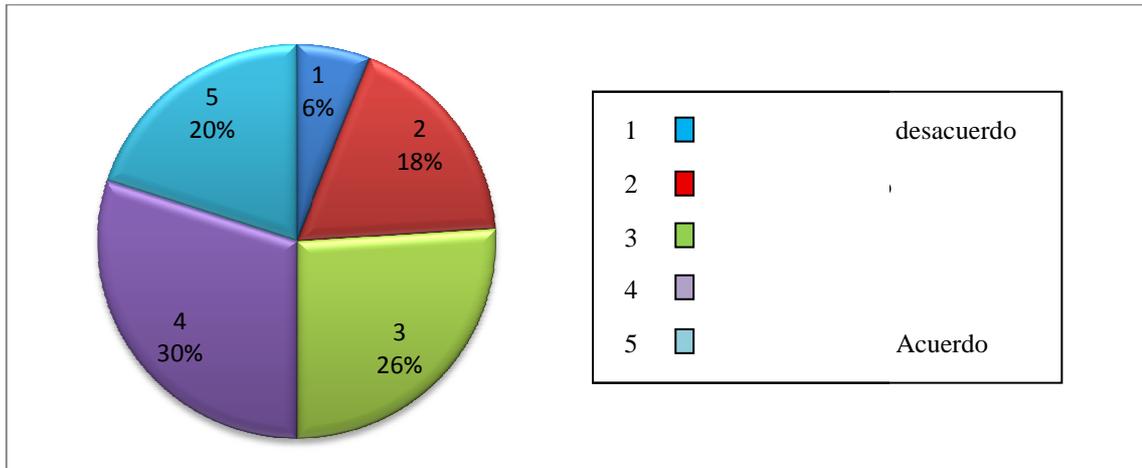
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al ítem 2, el 4% se encuentra en un total desacuerdo, el 16% está en desacuerdo por no haberse reportado ningún caso, el 34% está indeciso por desconocimiento, el 36 % está de acuerdo por la evidencia en las plantas afectadas, y el 10% está totalmente de acuerdo porque los campos electromagnéticos siempre se encuentran presentes en el ambiente.

Ítem 3. Las personas que se exponen debajo de las líneas de transmisión han sentido un cambio biológico. (Dolor de cabeza, náuseas, fatiga, insomnio, ansiedad).

En la figura 15 se presenta los resultados obtenidos del grupo de personas encuestadas, considerando el porcentaje total de los ítems individuales en función de los criterios emitidos por cada uno de ellos, e interpretando las siguientes respuestas a continuación:

Figura 18. Criterios sobre cambios biológicos debido a la exposición



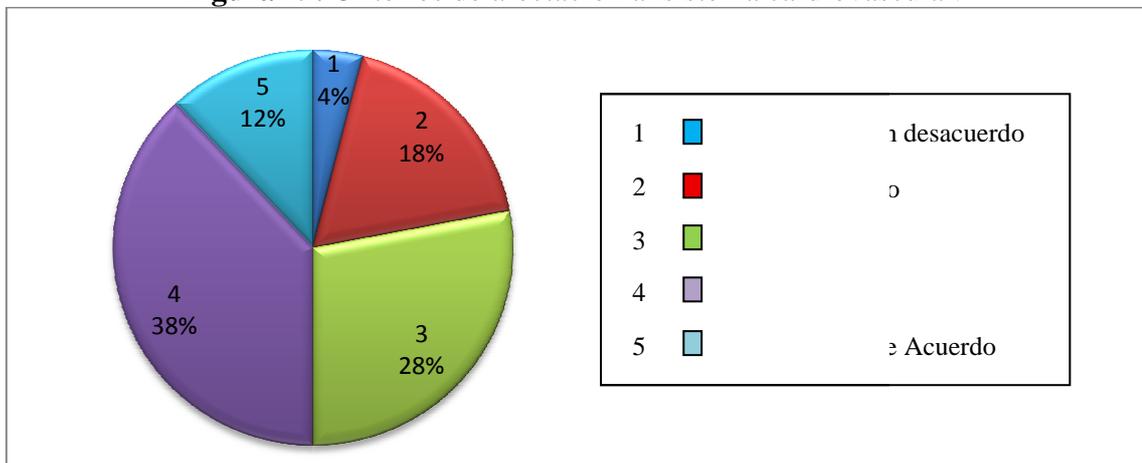
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al ítem 3, el 6% está en un total desacuerdo por no haber sentido nada, el 18% está en desacuerdo ante la imposibilidad de ver efectos a futuro, en cambio el 26% se encuentra indeciso por saber que son fuentes de energías pero no se han expuestos debajo de ellas, solo han escuchado afirmaciones o negaciones de efectos producidos por las líneas de transmisión, el 30% está de acuerdo por efectos que le atribuyen a este sistema, y el 20% está totalmente de acuerdo porque asegura haber sentido cambios.

Ítem 4. Personas que sufren de enfermedades cardiovasculares se sienten afectadas.

En la figura 16 se presenta los resultados obtenidos del grupo de personas encuestadas, considerando el porcentaje total de los ítems individuales en función de los criterios emitidos por cada uno de ellos, e interpretando las siguientes respuestas a continuación:

Figura 19. Criterios de afectación al sistema cardiovascular.



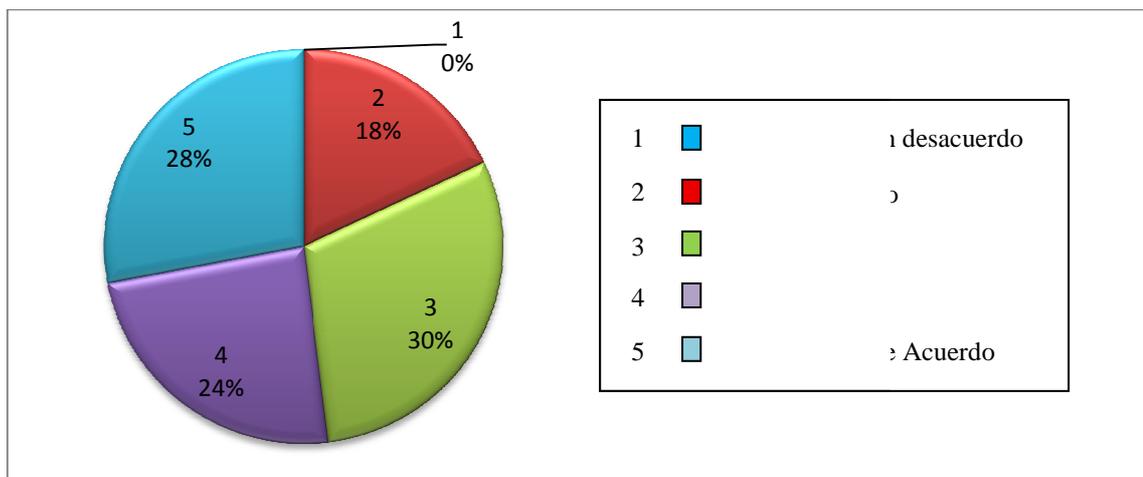
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al ítem 4, el 4% está en un total desacuerdo por no conocer casos de afectación cardiovascular, el 18% está en desacuerdo por el mismo criterio anterior, el 28% se encuentra indeciso por el desconocimiento de este tema, el 38% está de acuerdo por conocer efectos en aparatos electrónicos como marcapasos, implantes cocleares y entre otros dispositivos que pueden afectar directamente al paciente ante la presencia electromagnética, ya que estos son sensibles, y el 12 % asegurando con mayor énfasis la respuesta de la pregunta anterior.

Ítem 5. Considera que las personas notan la alteración del sistema nervioso.

En la figura 17 se presenta los resultados obtenidos del grupo de personas encuestadas, considerando el porcentaje total de los ítems individuales en función de los criterios emitidos por cada uno de ellos, e interpretando las siguientes respuestas a continuación:

Figura 20. Criterios de afectación al sistema nervioso



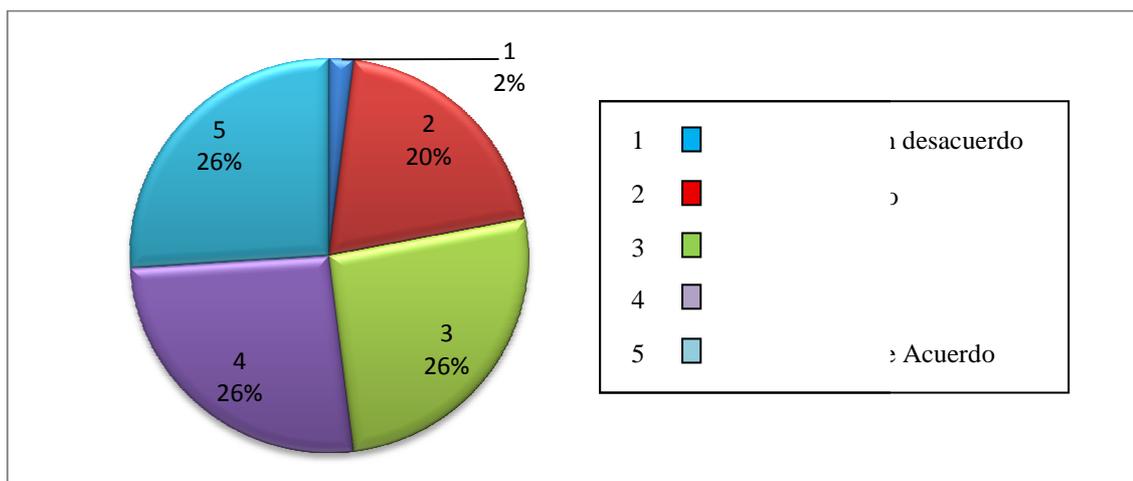
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al ítem 5, no existe un total desacuerdo, el 18% está en desacuerdo por no presenciar ningún síntoma, el 30% se encuentra indeciso por el desconocimiento de este tema, el 24% está de acuerdo por conocer mínimos efectos en el sistema nervioso, y el 28% asegura que afecta especialmente al adulto mayor por ser sensibles.

Ítem 6. El comportamiento de las personas es afectado cuando se exponen a una línea de transmisión en circunstancias de deporte, trabajo, y otras actividades.

En la figura 18 se presenta los resultados obtenidos del grupo de personas encuestadas, considerando el porcentaje total de los ítems individuales en función de los criterios emitidos por cada uno de ellos, e interpretando las siguientes respuestas a continuación:

Figura 21. Criterios por la exposición en circunstancias de trabajo



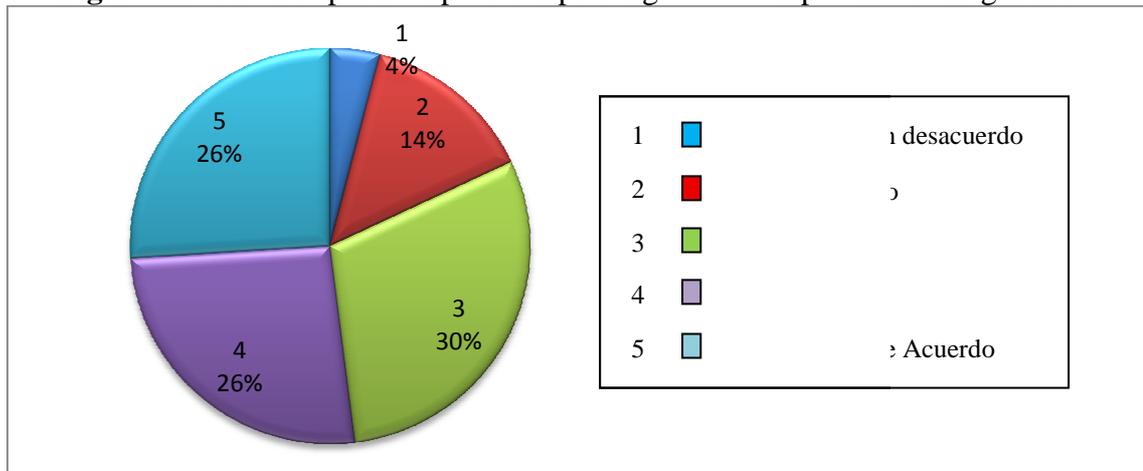
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al ítem 6, el 2% está totalmente en desacuerdo, el 20% está en desacuerdo por no presenciar ningún síntoma, el 26% se encuentra indeciso por el desconocimiento de este tema si les afecta o no, el 26% está de acuerdo por sentir efectos en las circunstancia de trabajo, como los agricultores se exponen a líneas de transmisión, presenciando efectos mínimos, y el 26% asegura que afecta en tiempos prolongados a este tipo de exposición.

Ítem 7. El nivel de exposición a largo plazo acumula efectos perjudiciales.

En la figura 19 se presenta los resultados obtenidos del grupo de personas encuestadas, considerando el porcentaje total de los ítems individuales en función de los criterios emitidos por cada uno de ellos, e interpretando las siguientes respuestas a continuación:

Figura 22. Criterios por la exposición prolongados a campos electromagnéticos



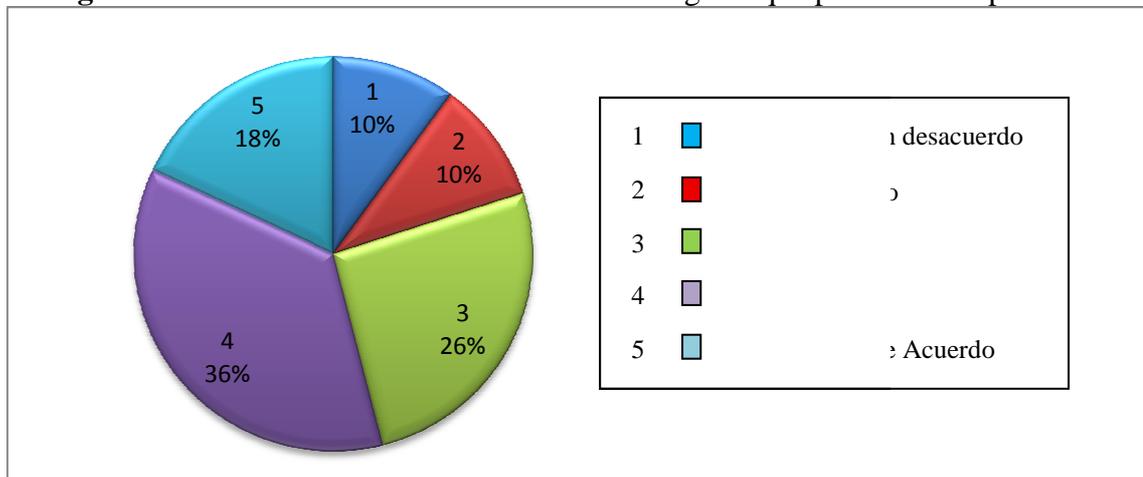
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al ítem 7, el 4% está totalmente en desacuerdo, porque hasta la actualidad no han visto que alguien este perjudicado, el 14% está en desacuerdo por no presenciar ningún síntoma, el 30% se encuentra indeciso por el desconocimiento de los posibles efectos a producir, el 26% está de acuerdo por conocer lo que causa las sumas totales debido al tiempo de exposición del individuo, y el 26% asegura que mucho tiempo expuesto siente cambios biológicos, psicológicos, ante los campos electromagnéticos.

Ítem 8. Las personas presentan síntomas y molestias en la piel como enrojecimiento de la cara u otras zonas del cuerpo.

En la figura 20 se presenta los resultados obtenidos del grupo de personas encuestadas, considerando el porcentaje total de los ítems individuales en función de los criterios emitidos por cada uno de ellos, e interpretando las siguientes respuestas a continuación:

Figura 23. Criterios variados sobre síntomas alérgicos que produce la exposición



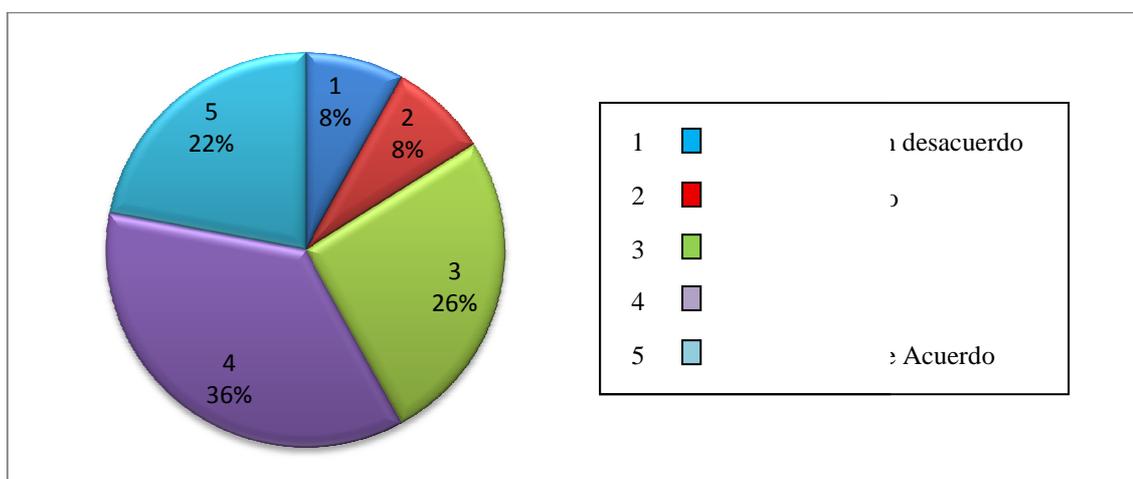
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al ítem 8, el 10% está totalmente en desacuerdo, porque hasta la actualidad no han percibido ningún síntoma adverso, el 10% está en desacuerdo por que ciertos ciudadanos dicen que va afectar si no se ha visto efectos, el 26% se encuentra indeciso por el desconocimiento de que pueden a causar campos electromagnéticos, el 36% está de acuerdo por haber sentido en circunstancias de exposición un hormigueo en el cuerpo, y el 18% asegura que personas alérgicas o sensibles son afectadas.

Ítem 9. Personas que han fallecido tenían cáncer por vivir cerca a líneas de transmisión

En la figura 21 se presenta los resultados obtenidos del grupo de personas encuestadas, considerando el porcentaje total de los ítems individuales en función de los criterios emitidos por cada uno de ellos, e interpretando las siguientes respuestas a continuación:

Figura 24. Criterios acerca de personas que tenían cáncer por vivir cerca de las líneas de transmisión



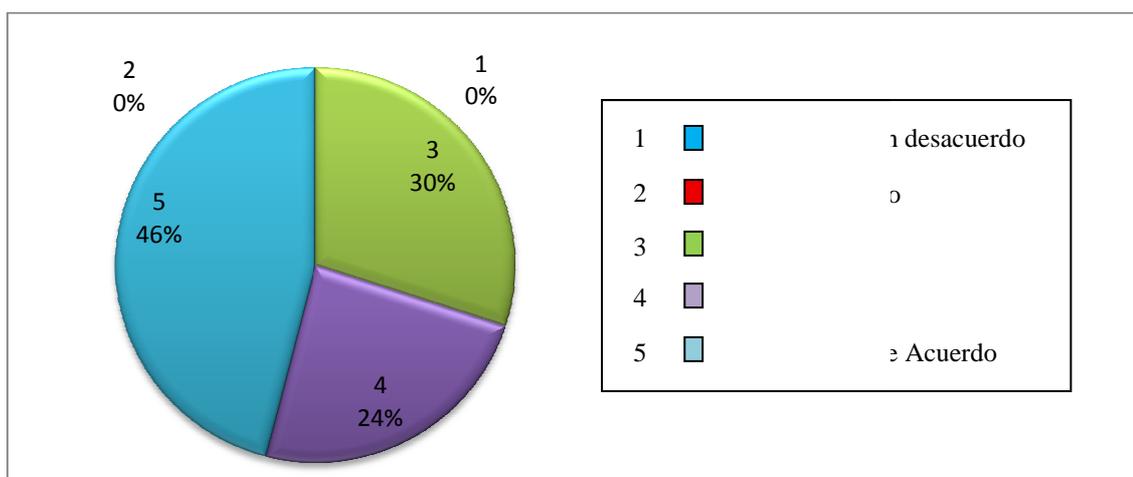
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al ítem 9, el 8% está totalmente en desacuerdo, porque no se ha reportado ningún caso, el 8% está en desacuerdo por criterio anterior mencionado, el 26% se encuentra indeciso de que pueda ser la causa de cáncer, el 36% está de acuerdo por personas que han vivido más de 40 años cerca de las líneas de transmisión, la Sra. tenía cáncer, y el 22% asegura ser una amenaza por la exposición diaria.

Ítem 10. Los promotores de la salud deben controlar los factores de riesgo de enfermedades a causa de la línea de transmisión

En la figura 22 se presenta los resultados obtenidos del grupo de personas encuestadas, considerando el porcentaje total de los ítems individuales en función de los criterios emitidos por cada uno de ellos, e interpretando las siguientes respuestas a continuación:

Figura 25. Criterios variados para la promoción de la salud y control de riesgos.



Fuente: Elaboración propia

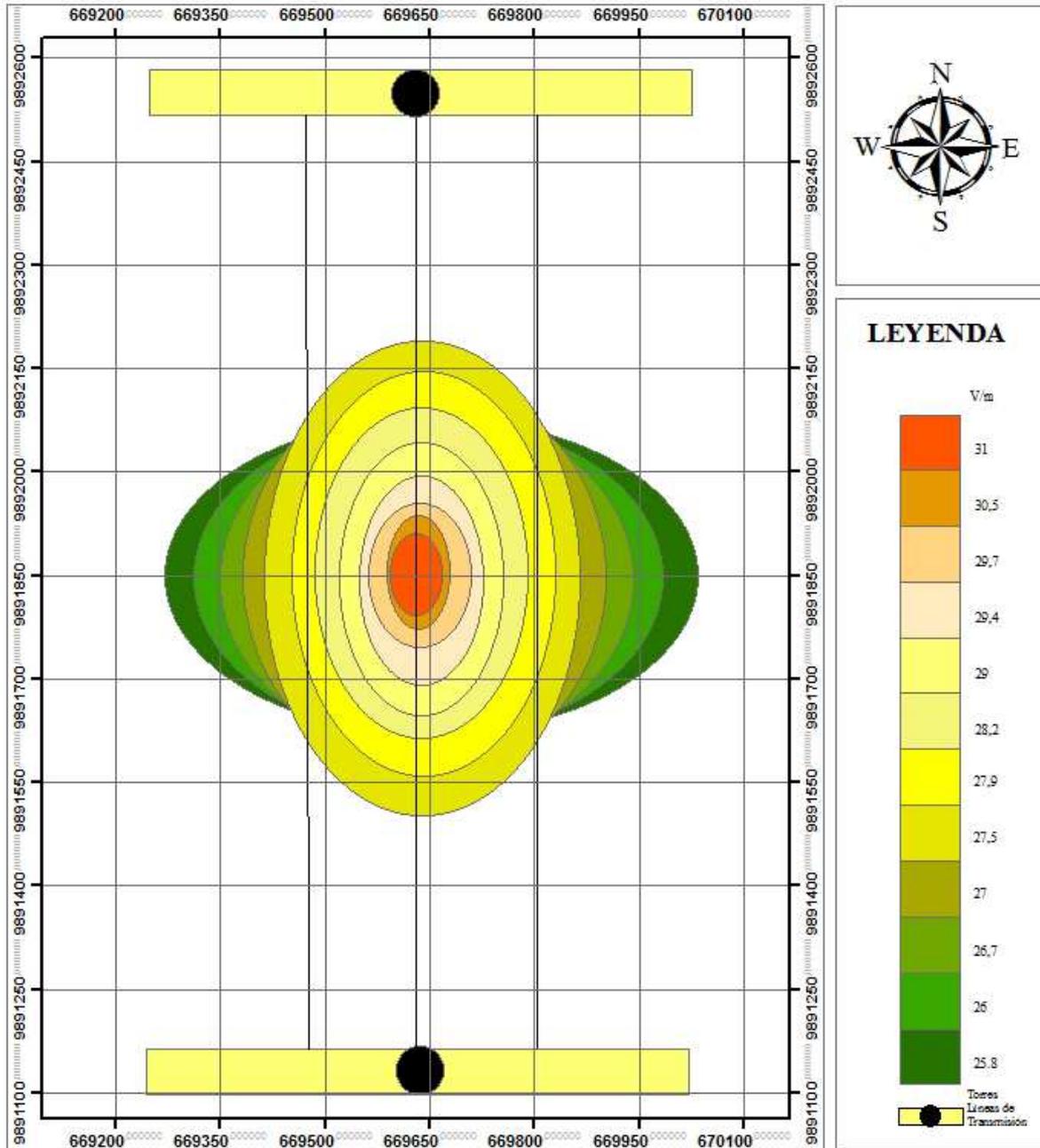
De acuerdo al ítem 10, los ítems que están en totalmente en desacuerdo, y en desacuerdo son nulos, el 30% se encuentra indeciso porque unos dicen que es necesario estar informado, pero otros no les interesa el riesgo que pueda ocasionar, el 24% está de acuerdo para conocer que son los campos electromagnéticos y dentro de que tipos de radiaciones se encuentran dentro del espectro electromagnético, y el 46% necesita la promoción de la salud en función de los factores de riesgos directos o acumulativos que pueda producir las líneas de transmisión por la exposición diaria de las personas que operan por esa área de servidumbre.

D. Mapas Temáticos de Campos Electromagnéticos

Los resultados de la medición de campos electromagnéticos establecieron tres tipos de parámetros referenciales para generar los siguientes mapas:

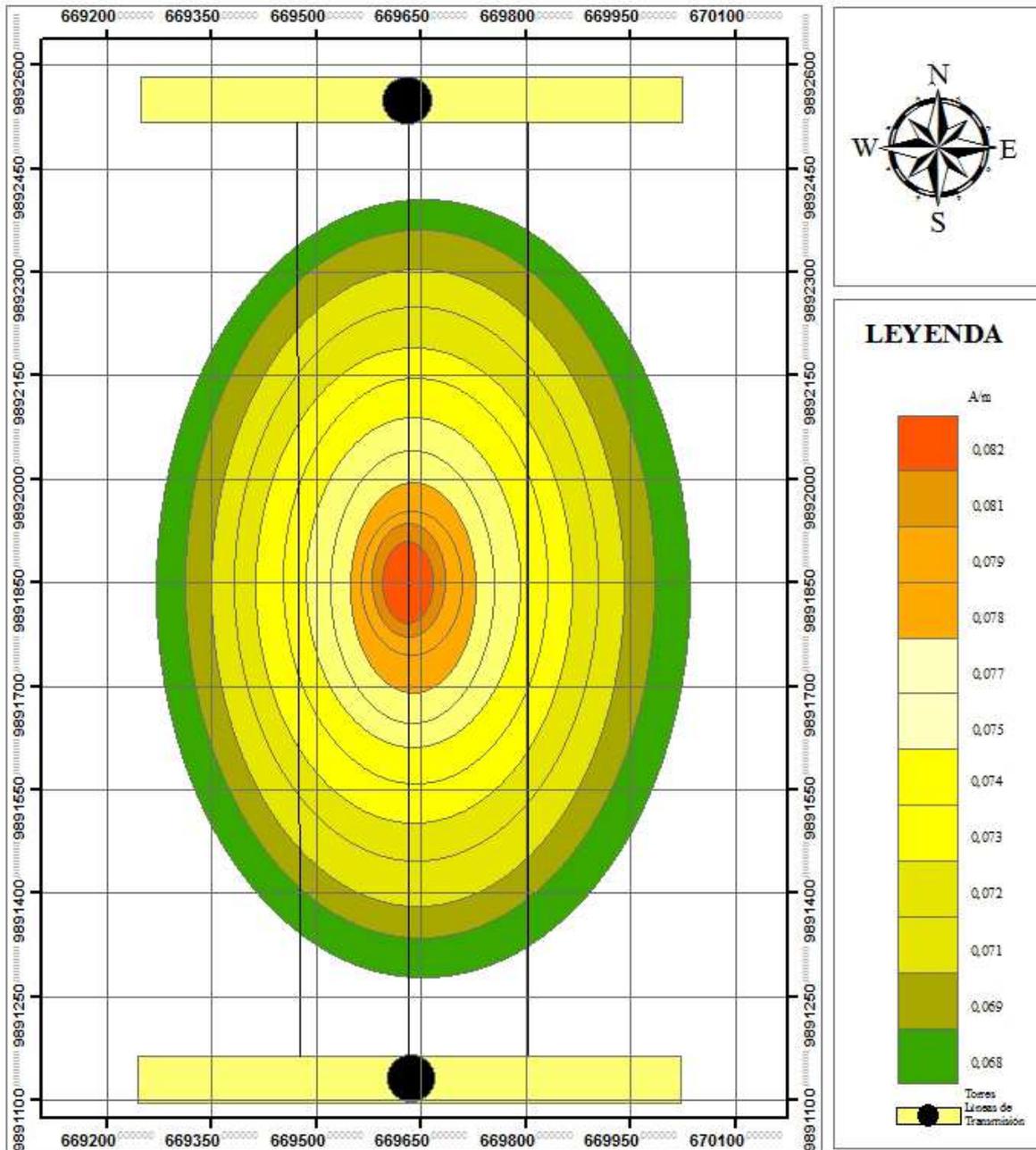
Figura 26. Mapa de Campos Eléctricos

Fuente: Elaboración Propia



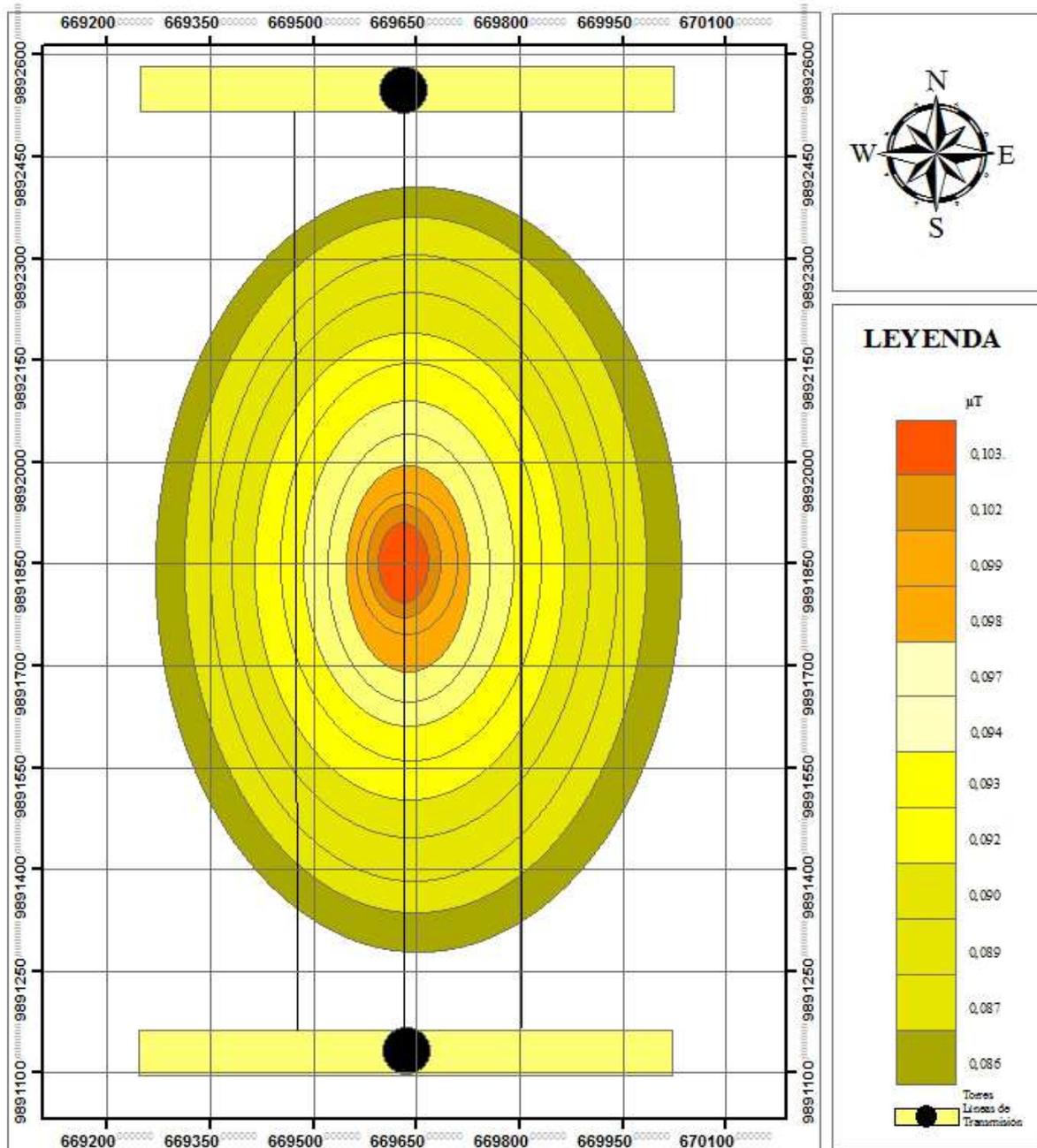
 UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES CARRERA DE GESTIÓN AMBIENTAL 			
Tesis de Grado: EVALUACIÓN DE NIVELES DE RADIACIÓN NO IONIZANTE PRODUCIDA POR LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN DE 230 kV EN LA ZONA DE QUEVEDO		Fecha: NOVIEMBRE / 2011	
Provincia: LOS RÍOS		Lámina: <div style="font-size: 2em; font-weight: bold; text-align: center;">01</div>	
Contiene: MAPA DE CAMPOS ELÉCTRICOS		Cantón: QUEVEDO	
Tesisista: ROY CASANOVA PÁRRAGA		Datum: WGS-84 17 SUR	
Fuente de Información Cartográfica: INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR		Proyección: UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR	

Figura 27. Mapa de Campos Magnéticos



 UNIVERSIDAD TECNICA ESTATAL DE QUEVEDO FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES CARRERA DE GESTION AMBIENTAL 			
Tesis de Grado: EVALUACIÓN DE NIVELES DE RADIACIÓN NO IONIZANTE PRODUCIDA POR LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN DE 230 kV EN LA ZONA DE QUEVEDO		Fecha: NOVIEMBRE / 2011	
Contiene: MAPA DE CAMPOS MAGNÉTICOS		Provincia: LOS RÍOS	Lámina:
Tests: ROY CASANOVA PÁRRAGA		Cantón: QUEVEDO	02
Fuente de Información Cartográfica: INS TITUTO GEOGRÁFICO MILITAR	Proyección: UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR	Datum: WGS-84 17 SUR	

Figura 28. Mapa de Densidades de Flujos Magnéticos



 UNIVERSIDAD TECNICA ESTATAL DE QUEVEDO FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES CARRERA DE GESTION AMBIENTAL 			
Tesis de Grado: EVALUACIÓN DE NIVELES DE RADIACIÓN NO IONIZANTE PRODUCIDA POR LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN DE 230 kV EN LA ZONA DE QUEVEDO		Fecha: NOVIEMBRE / 2011	
Contiene: MAPA DE DENSIDADES DE FLUJOS MAGNETICOS		Provincia: LOS RÍOS	Lámina:
Fuente de Información Cartográfica: INS ITIUTO GEOGRÁFICO MILITAR		Testa: ROY CASANOVA PÁRRAGA	Cantón: QUEVEDO
Proyección: UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR		Datum: WGS -84 17 SUR	
			03

E. Desarrollo de propuesta de acuerdo a los resultados obtenidos en la medición de radiaciones no ionizantes

De acuerdo a los resultados obtenidos no hay la necesidad de elaborar una propuesta por que los niveles de radiaciones no ionizantes se encuentran dentro de los límites permisibles de acuerdo a la ley vigente.

F. Verificación de la Hipótesis

Por cuanto los valores registrados en esta investigación en lo que se refiere a campos electromagnéticos indicaron que:

- El campo eléctrico (28,16 V/m); el campo Magnético (0,075 A/m); y la Densidad de Flujo Magnético (0,094 μ T).

La norma según el Anexo 3 establece:

- En los Niveles de Referencia para exposición a Campos Eléctricos y Magnéticos (valores rms no perturbados), El campo eléctrico (87 V/m); el campo Magnético (5 A/m); y la Densidad de Flujo Magnético (6,25 μ T).
- En los Niveles de Referencia para la exposición a Campos Eléctricos y Magnéticos de 60Hz, El campo eléctrico (4167 V/m); el campo Magnético (67A/m); y la Densidad de Flujo Magnético (83 μ T).

Por lo tanto los valores obtenidos de la investigación no exceden la norma, y en consecuencia **SE ACEPTA LA HIPÓTESIS** siguiente:

Los niveles de radiación no ionizante producidas por líneas de transmisión eléctrica no exceden la norma propuesta por la Comisión Internacional para la Protección contra las Radiaciones No Ionizantes.

V. DISCUSIÓN

Según (Knave, 2000), los resultados de estudios realizados en Escandinavia, indican que el riesgo de leucemia se duplica a partir de $0,2 \mu\text{T}$, es decir, los niveles de exposición que se dan normalmente a distancias de 50 o 100 metros de una línea de alta tensión, se calcula que cada año se producen en Suecia dos casos de leucemia infantil debajo o cerca de líneas de alta tensión, de estos casos, uno podría atribuirse al riesgo de los campos magnéticos.

En la presente investigación se encontraron valores de densidad de flujo magnético o inducción magnética correspondientes a $0,106 \mu\text{T}$ como valor máximo y $0,031 \mu\text{T}$ como valor mínimo, estos valores se encuentran dentro la normativa de la Comisión Internacional de Protección de Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP), y del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), Anexo 10, Norma de Radiaciones no ionizantes de campos electromagnéticos, por lo tanto se encuentran dentro de los rangos permisibles.

Según (Welti 1996), la población de Denver en Colorado, Estados Unidos se conmocionó tras un estudio realizado, en el que se publicó una vinculación entre la leucemia infantil y ciertas particularidades relacionadas con algunos tipos de enfermedades en personas por una hipotética relación entre la presencia de campos electromagnéticos producidas por líneas de alta tensión y los cables que conectaban sus viviendas a la línea de distribución eléctrica, en este trabajo se observó que los niños considerados altamente expuestos, tenían dos veces más probabilidad de riesgo de desarrollar leucemia que niños menos expuestos.

En este trabajo, como resultado del cuestionario al que respondió la población, ítem 2 “*Las líneas de transmisión provocan leucemia infantil, Cáncer y no reproducción*”, a pesar de que el 36% de las respuestas están de acuerdo, se nota que existe desconocimiento en cuanto a este tipo de contaminación (electropolución).

En 1998, la Organización Mundial de la Salud OMS creó el proyecto mundial: Campos Electro-magnéticos (CEM), debido a la sospecha de la existencia de una correlación entre la exposición a los campos eléctricos y magnéticos de frecuencia industrial con ciertos tipos de cáncer y con otros problemas diversos tales como: dolor de cabezas, fatiga, náuseas, insomnio, ansiedad, etc. Sin embargo hasta la presente fecha no se han encontrado indicios que puedan aseverar esta sospecha.

En este trabajo en el ítem 3 “*Las personas que se exponen debajo de las líneas de transmisión han sentido un cambio biológico. (Dolor de cabeza, náuseas, fatiga, insomnio, ansiedad)*”, el 30% de la Comunidad respondió estar de acuerdo, por lo que se deduce que si algún tipo de afectación.

Según Knave, 2000. Los niveles de exposición laboral a los campos magnéticos suelen ser mayores que en exposición residencial, y los cálculos sobre riesgos de leucemia y tumores cerebrales los trabajadores expuestos dan valores más altos que para los niños que viven cerca de líneas eléctricas aéreas. Según basadas en el riesgo atribuible descubierto en un estudio realizado en Suecia, cada año podrían atribuirse a campos magnéticos unos 20 casos de leucemia y 20 de tumores cerebrales. Estas cifras deben compararse con el número total de casos anuales de cáncer que se dan en Suecia, y que es de 40.000, de los cuales se calcula que 800 son de origen profesional.

Esta aseveración no ha podido ser confirmada o desvirtuada por cuanto el cuestionario que se prepara en este trabajo no estuvo dirigido a trabajadores del sector eléctrico, que en este caso deberían ser los más afectados. Sería de mucha utilidad en un trabajo posterior, enfocar ésta temática al personal de campo del sector eléctrico nacional.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A. Conclusiones

- Se Acepta la hipótesis: Los niveles de radiación no ionizante producidas por líneas de transmisión eléctrica no exceden la norma propuesta por la Comisión Internacional para la Protección contra las Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP);
- Las medición realizada cumplió con los parámetros básicos de monitoreo, seguridad ocupacional, y utilización de métodos estadísticos requeridos en la investigación, además, las plantaciones bananeras que se encuentran bajo la línea de transmisión como la Hacienda El Porvenir, exponen tanto los cultivos como a los trabajadores agrícolas a campos electromagnéticos.
- Se evidenció que los propietarios de predios rústicos y urbanos no respetan el ancho de la franja de servidumbre (30 metros hacia los costados de la línea de transmisión), exponiéndose a radiaciones electromagnéticas.
- En los resultados del diseño experimental se determinó que los puntos de medición (tratamientos en función de las altitudes y poblaciones), existentes presentaron diferencias significativas entre los puntos medios de las torres (repeticiones), ubicados a lo largo de la línea de transmisión;
- La metodología propuesta por Likert (1978), fue una herramienta adecuada que permitió discriminar las afirmaciones mas relevantes de la percepción ciudadana sobre los posibles efectos que pueden causar los campos electromagnéticos en las personas;
- Los niveles de campos electromagnéticos registrados, se encuentran dentro de la norma establecida por el ICNIRP, OMS, y el TULSMA, entidades encargadas de establecer los estándares de exposición a nivel ocupacional y poblacional;

- Los Sistemas de Información Geográfica (SIG), es una herramienta que permitió ilustrar los valores máximos y mínimos de campos electromagnéticos de forma que se pudo trazar iso-líneas para interpretar con facilidad los valores referenciales de los resultados obtenidos;
- No se elaboró ninguna propuesta de Educación Ambiental, debido a que los datos registrados en el monitoreo no exceden la norma, sin embargo, durante la fase de campo, se instruyó a los moradores del sector acerca de los posibles efectos que producen los campos electromagnéticos.

B. Recomendaciones

- La población y las haciendas que se encuentra junto a las líneas de transmisión no deben de cultivar ni construir por la frecuente exposición a campos electromagnéticos, y mejor es evitar los posibles riesgos a la salud;
- Cumplir con los 30 metros hacia los costados del ancho de la franja de servidumbre en las líneas de transmisión de 230 kV establecidos en el Anexo 10, del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio Ambiente TULSMA;
- Para futuras investigaciones utilizar diseños experimentales para determinar el grado de variabilidad de tratamientos entre repeticiones, y establecer diferencias significativas de los datos a obtener;
- Aplicar la metodología de Likert con sus ítems afirmativos para detectar las respuestas requeridas en las futuras investigaciones;
- En las investigaciones que se encuentren vinculados con el espectro electromagnético, utilizar las normas establecidas por el ICNIRP, OMS, y el TULSMA, de ser necesario estableciendo los estándares permisibles de exposición a nivel ocupacional y poblacional;
- Utilizar herramientas de geoprocésamiento, (SIG) para la localización de sitios e interpretación de resultados, generando mapas temáticos de acuerdo a la necesidad del estudio a realizar;
- Capacitar a las personas en esta temática para corroborar el desconocimiento e incertidumbre acerca de los campos electromagnéticos;
- Promover investigaciones asociadas a la termografía infrarroja en lugares de constante exposición electromagnética como subestaciones, líneas de transmisión, o todo equipo que genere electricidad; y,

- Para estudios próximos monitorear radiaciones no ionizantes como: rayos ultravioleta, estaciones bases celulares, personal que labora en subestaciones eléctricas; y en la UTEQ, laboratorios, Oficinas, y restos de aparatos electrónicos existentes.

VII. RESUMEN

La presente investigación se realizó en el cantón Quevedo, provincia Los Ríos, el objetivo principal de la misma consistió en medir los niveles de radiación no ionizante producidos por las líneas de transmisión (alta tensión), el objetivo principal fue: Evaluar los niveles de radiación no ionizante producida por las líneas de transmisión eléctrica de 230 kV en la zona de Quevedo, y los objetivos específicos cumplidos fueron:

Monitorear la cantidad de radiación electromagnética producida por las líneas de transmisión eléctrica en el tramo Quevedo – Cuatro Mangas; Determinar los efectos causados por los campos electromagnéticos en personas expuestas a este tipo de radiación; Obtener un mapa temático con los resultados del monitoreo; y, Elaborar una propuesta de Educación Ambiental que contribuya a disminuir los efectos de este tipo de radiación, si es que los hubiera.

La hipótesis planteada fue: Los niveles de radiación no ionizante producidas por líneas de transmisión eléctrica no exceden la norma propuesta por la Comisión Internacional para la Protección contra las Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP).

Para el trabajo de campo (toma de datos), se utilizó un medidor de radiación Lutron EMF 839 y se empleó el cuestionario tipo Likert, para evaluar el criterio de la población (percepción ciudadana), sobre los efectos que causan las líneas de transmisión (alta tensión) en la población expuesta a ellas.

La tabulación de resultados se hizo en base al diseño experimental en Bloques Completamente al Azar (ANOVA 2), y la comparación de resultados se efectuó utilizando la Normativa de ICNIRP, así como el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA).

La cartografía temática se efectuó utilizando el software Arc GIS 9.3, obteniendo mapas de campo eléctrico, campo magnético y densidad de flujo magnético.

De acuerdo a los resultados obtenidos comparados con la normativa vigente, No se registran afectaciones a la salud de las personas expuestas, sin embargo si se toma en cuenta la percepción ciudadana, si existen afectaciones menores a la salud de la población, por lo tanto se acepta la hipótesis *“Los niveles de radiación no ionizante producidas por líneas de transmisión eléctrica no exceden la norma propuesta por la Comisión Internacional para la Protección contra las Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP)”*

Se concluye en que los propietarios de predios rústicos y urbanos no respetan el ancho de la franja de servidumbre (30 metros hacia los costados de la línea de transmisión), las plantaciones bananeras que se encuentran bajo la línea de transmisión como la Hacienda El Porvenir, exponen tanto los cultivos como a los trabajadores agrícolas a radiaciones electromagnéticas.

VIII. SUMMARY

This research was conducted in the canton Quevedo, Los Rios Province, the main purpose of it was to measure levels of non-ionizing radiation produced by the transmission lines (high voltage), and the main objective was: To evaluate the radiation levels non-ionizing radiation produced by electrical transmission lines of 230 kV in the area of Quevedo, and specific objectives were met:

Monitor the amount of electromagnetic radiation produced by electrical transmission lines in the section Quevedo - Four sleeves; determine the effects caused by electromagnetic fields in people exposed to such radiation, Get a thematic map with the monitoring results and, Develop a proposal for environmental education to help decrease the effects of such radiation, if any.

The hypothesis was: The levels of non-ionizing radiation produced by electrical transmission lines do not exceed the proposed standard by the International Commission for Protection on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP).

For the fieldwork (data collection), we used a Lutron EMF radiation meter 839 and was used Likert questionnaire to evaluate the criterion of the population (public perception), the effects caused by transmission lines (high voltage) in the population exposed to them.

The tabulation of results was done based on the experimental design completely randomized blocks (ANOVA 2), and comparison of results was performed using the ICNIRP regulations and Unified Text of Secondary Legislation Ministry of Environment (TULSMA).

Thematic mapping was performed using the software Arc GIS 9.3, obtaining maps of the electric field, magnetic field and magnetic flux density.

According to the results obtained compared with the current regulations are not recorded effects on the health of people exposed, however if one takes into account the

public perception, if any encumbrances less than the health of the population, thus accepts the hypothesis "The level of non-ionizing radiation produced by electrical transmission lines do not exceed the proposed standard by the International Commission for Protection on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP)"

It is concluded that property owners do not respect rural and urban fringe width easement (30 meters to the sides of the transmission line), the banana plantations that are under the transmission line as the Hacienda El Porvenir, states both crops and farm workers to electromagnetic radiation.

IX. BIBLIOGRAFÍA

- BASIC INSIGHTS. Safety in Electric, Magnetic and Electromagnetic Fields. (en línea). Germany. Consultado el 28 de abril del 2011. Disponible en: <http://www.narda.sts.com>
- BENNETT, W. Health and Low Frequency Electromagnetic Fields. New Haven. Yale University Press. 1994.
- BOWMAN. *et ál.* 1998 Manual For Measuring Occupational Electric And Magnetic Field Exposures. National Institute for Occupational Safety and Health NIOSH. Columbia. United States 150p
- CHARLIEG, Ingeniería y Remediación. 2010. Medición de Campos Eléctricos y Magnéticos. Nueva Central Termoeléctrica para la Ciudad de Quevedo. 12 p
- CONATEL. 2003. Consejo Nacional de Telecomunicaciones. Reglamento de Protección de Emisiones de radiación No Ionizante Generadas por uso de Frecuencias del Espectro Radioeléctrico. 10 p.
- Constitución Política de La República del Ecuador. 1998, Asamblea Nacional Constituyente. Quito (en línea). Consultado 25, nov, 2010. Disp. en: <http://asambleanacional.gov.ec/documentos/constitucióndebolsillo.pdf>.
- EMF. 2002. Electric and Magnetic Field Associated with the Use of Electric Power. Questions – Answers. España. (en línea). Consultado 12 de noviembre del 2010. Disponible en: <http://www.niehs.nih.gov/emfrapid>
- FALAGAN, M. *et ál.* 2000. Manual Básico de Prevención de Riesgos Laborales. Higiene Industrial, Seguridad y ergonomía.. Editores Sociedad Asturiana de Medicina. 463 p.
- GRANGER M. 1989. Biological Effects of Power Frequency Electric and Magnetic Fields. Washington D.C. 110 p.

- GREENFACTS. 2004. Consejo científico sobre los campos electromagnéticos de líneas eléctricas. (en línea) España. Consultado 12 de junio del 2011. Disponible en: <http://www.greenfacts.org/es/lineaselectricas/>
- GÓMEZ, D. 2005. Evaluación de Impacto Ambiental. Mundiprensa. Segunda edición. 526 p.
- HIDROLITORAL S.A. 2009. EIAD de la Línea de Trasmisión Eléctrica de 230 kV y Subestación para la Central Hidroeléctrica Baba. Efficacitas. Págs. 104 – 118.
- HENRY, G; HEINKE, G. 2002. Ingeniería Ambiental. Edición Pearson – PrenticeHall. P 107.
- ICNIRP. International Commission on Non Ionizing Radiation Protection. Recomendaciones para limitar la exposición a campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos hasta 300 GHz 45 p.
- KNAVE, B. 2001. Radiaciones No Ionizantes. Riesgos Generales. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. Tomo II. España. 2 – 28 págs.
- LLANOS, C. 2001. Medida de Campos Electromagnéticos Próximos a Líneas Eléctricas de Alta Tensión. Madrid. España. (en línea). Consultado 05 de mayo del 2011. Disponible en: <http://www.ondasysalud.com>
- LEIVA, A. 2007. Metodología de la investigación. Ec. Unidec. 59 p.
- LUNA, P. 2004. Exposición a Campos Magnéticos Estáticos. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales España. Centro Nacional de Condiciones de Trabajo. España. 5 p.
- MAGER, J. *et ál.* 2001. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. Ministerio de Asuntos Sociales. Tomo II. Radiaciones no Ionizantes. España

- MINISTERIO DEL AMBIENTE. 2009. Capítulo II Normativas. Ecuador. Págs. 36 – 60.
- NAVA, H. 2001. CENAMI Centro Nacional de Metrología. Sistema Internacional de Unidades. México. 144 p.
- OMS (Organización Mundial de la Salud). 2007. Marco para el Desarrollo de Estándares de CEM basados en salud. (en línea). Consultado el 11 de octubre del 2010. Disponible en: <http://www.oms.org/cem/salud.htm>
- PORTELA, A. Manual de Estándares de Seguridad para la exposición de RF comprendidas entre 100 kHz y 30 GHz. Dirección Nacional de Calidad Ambiental. Volumen I. Uruguay. 251 p
- PCE. 2010. Manual de Instrucciones de Uso. medidor de Radiación PCE – EM 30. (en línea). España. Consultado 15 de noviembre del 2010. Disponible en: <http://www.pce-iberica.es>
- ROMERO, C. 2006. Medición de radiaciones electromagnéticas no ionizantes en CTIC. Universidad nacional de ingeniería. Editorial Universitaria. Perú. Lima
- SEOM (Sociedad Española de oncología médica). 2004. Campos electromagnéticos y cáncer preguntas y respuestas. (en línea). Consultado el 11 de octubre del 2010. Disponible en: <http://www.todocancer.org>
- SKVARCA, J; AGUIRRE, A. 2006. Normas Estándares Aplicables a los Campos Electromagnéticos de Frecuencias en América Latina: Guía para los límites de Exposición y los Protocolos de Medición. RevPanam Salud Pública. 205 – 212 págs.
- SMITH, N. 2008. Educación Ambiental.(en línea). Consultado 15 de agosto del 2011. Disponible en: <http://www.nres.uiuc.edu/outreach/pubs/ei9709.pdf>.

- TOMASI, W. Sistemas de Comunicación Electrónica. Fundamentos de Electromagnetismo. Mc Graw Hill. México. 980 p.
- TULSMA LIBRO VI ANEXO 10. 2005. Norma de Radiaciones No Ionizantes de Campos Electromagnéticos. 2 – 14 págs.
- ÚBEDA, A. *et ál.* 2001. Ondas Electromagnéticas y Salud. Secretaria de Coordinación. (en línea). Consultado 06 de mayo del 2011. Disponible en: <http://www.OndasEMySalud.pdf>
- WELTI, R. La Interacción de Campos Electromagnéticos De EBF con Sistemas Biológicos. Departamento de Física y Química. Escuela de Formación Básica FCEIA – UNR. Argentina. 12 p.

ANEXOS

Anexo 1. Certificado de calibración



assicontrol

Via Vannucci, 14
21100 Varese
Tel + 39 0332 213045
212639 - 220185
Fax +39 0332 822553
www.assicontrol.com
e-mail: info@assicontrol.com
C.F. e P.I. 02436670125

**STRUMENTI & SERVIZI
per il sistema qualità**



CERTIFICATO DI TARATURA

N° 4344/10

Pagina 1 di 5

Destinatario: **GRIECO SAVERIO - Milano (MI)**

Oggetto della taratura: **misuratore di campo elettromagnetico**

Metodo: verifica per comparazione con strumenti e/o campioni primari

Utilizzo: rilevatore di campi elettromagnetici generati da apparati elettrici in genere

Modello: **EMF-839**

Sonda tipo: **EP-04L**

Sonda tipo: **EP-03H**

Costruttore: Lutron

Matricola: **H.169020**

Matricola: **Q447949**

Matricola: **Q447902**

Procedura utilizzata per la verifica: CP05-2

Data: 11-10-10

Intervallo di verifica: 12 mesi

Ente certificatore: Assicontrol

Il responsabile di laboratorio:

C. Alborghetti

firma



Registro di laboratorio CERT23	Documento N° 58/10 del 20-10-98	Rev. 1.00
--------------------------------	---------------------------------	-----------

La riproduzione del presente documento è ammessa in copia conforme integrale. La riproduzione parziale è consentita soltanto a seguito di autorizzazione scritta del Centro di emissione del documento.

Anexo 2. Cuestionario empleado en la encuesta.

Encuesta tipo Likert empleada en la percepción ciudadana sobre los efectos que causa la exposición a líneas de transmisión, en función del bienestar de la población.

	5	4	3	2	1				
	Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo				
Afirmaciones					Alternativas de Respuesta				
					1	2	3	4	5
1	Considera Ud. que las líneas de transmisión son perjudiciales para la salud								
2	Las líneas de transmisión provocan leucemia infantil, Cáncer y no reproducción.								
3	Las personas que se exponen debajo de las líneas de transmisión han sentido un cambio biológico. (dolor de cabeza, nauseas, fatiga, insomnio , ansiedad)								
4	Personas que sufren de enfermedades cardiovasculares se sienten afectadas.								
5	Considera que las personas notan la alteración del sistema nervioso								
6	El comportamiento de las personas es afectado cuando se exponen a una línea de transmisión en circunstancias de deporte, trabajo, y otras actividades.								
7	El nivel de exposición a largo plazo acumula efectos perjudiciales								
8	Las personas presentan síntomas y molestias en la piel como enrojecimiento de la cara o otras zonas del cuerpo								
9	Personas que han fallecido tenían cáncer por vivir cerca a líneas de transmisión								
10	Los promotores de la salud debe controlar los factores de riesgo de enfermedades a causa de la línea de transmisión								

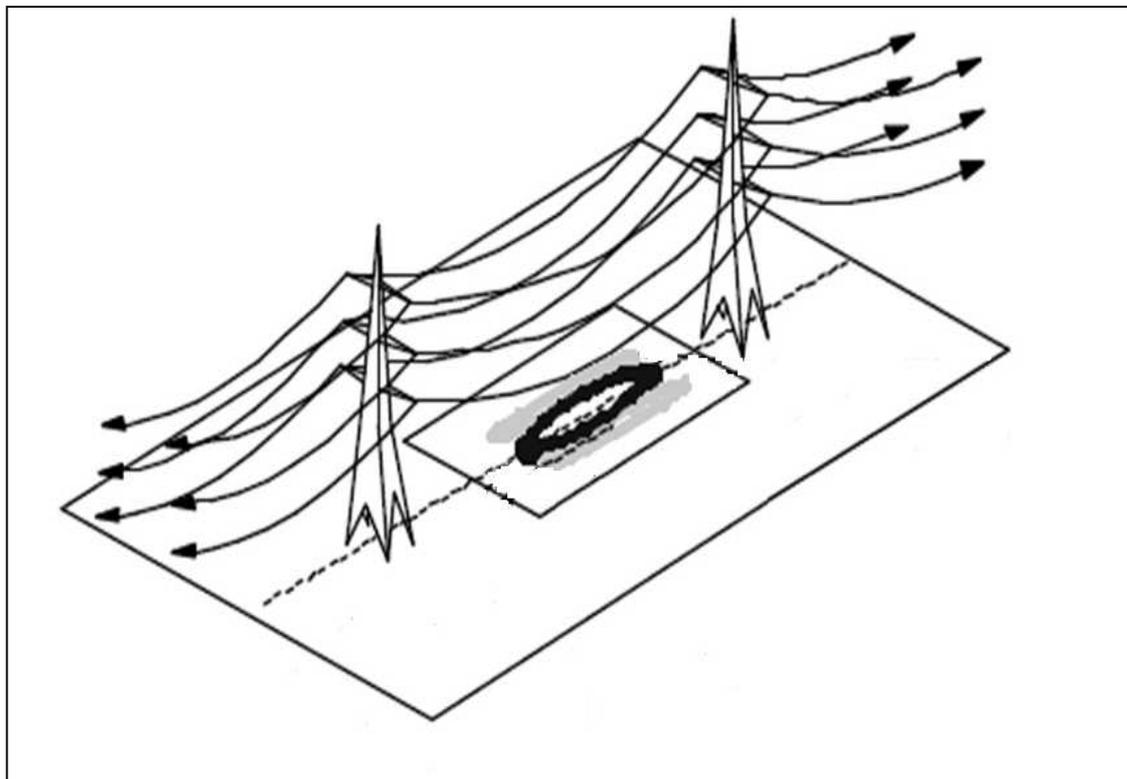
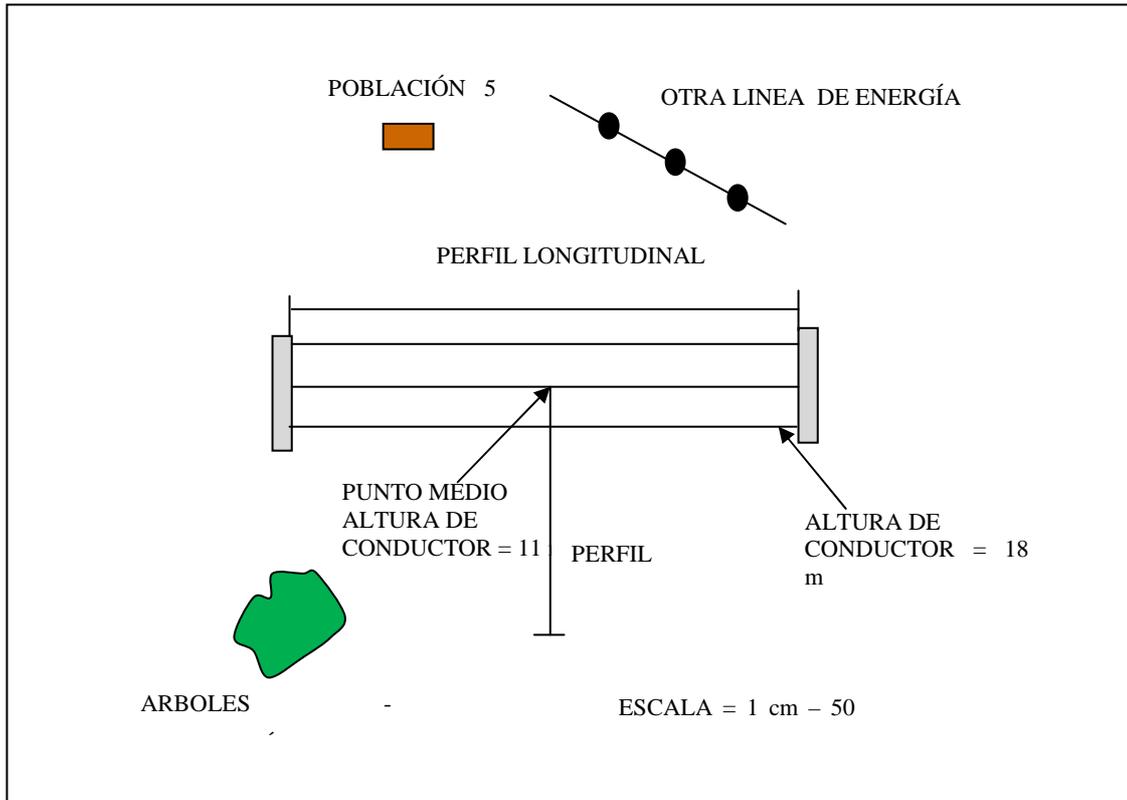
Anexo 3. Niveles de Referencia para la Exposición a Campos Eléctricos, Magnéticos de 60Hz y de valores referenciales rms no perturbados

Niveles de Referencia para la exposición a Campos Eléctricos y Magnéticos de 60Hz				
Tipo de Exposición	Intensidad de Campo Eléctrico (Vm⁻¹)	Intensidad de Campo Magnético (Am⁻¹)	Densidad de Flujo Magnético (μT)	Ancho de Franja de Servidumbre (m)
Público General	4167	67	83	20 – 30 – 16
Personal Ocupacional.	8333	333	417	20 – 30 – 16

Niveles de Referencia para exposición a Campos Eléctricos y Magnéticos (valores rms no perturbados)				
Tipo de Exposición	Intensidad de Campo Eléctrico (Vm⁻¹)	Intensidad de Campo Magnético (Am⁻¹)	Densidad de Flujo Magnético (μT)	Rango de Frecuencias (MHz)
Público General	87	5	6,25	3 – 150 kHz
Personal Ocupacional.	610	1,6 / f	2 / f	0,065 – 1 MHz

Fuente: ICNIRP - MAE

Anexo 4. Visualización gráfica del área de medición en las líneas de transmisión.



Anexo 5. Fotografías



Figura 29. Materiales y equipos utilizados.



Figura 30. Medición a campo abierto en las líneas de transmisión.



Figura 31. Toma de coordenadas de posición de las torres.



Figura 32. Toma de datos de campos electromagnéticos.



Figura 33. Toma de Datos en diferentes puntos de las líneas de transmisión



Figura 34. Diferentes escenarios de las mediciones