



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y MANEJO DE  
RIESGOS NATURALES**

**ESTUDIO DE UNA METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN DE  
RADIO INTERFERENCIA EN LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN  
DE ALTA TENSIÓN SANTA ROSA- POMASQUI,  
PERTENECIENTE AL SISTEMA NACIONAL DE TRANSMISIÓN  
DEL ECUADOR.**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERO AMBIENTAL Y MANEJO DE RIESGOS  
NATURALES**

**GEOVANNY MAURICIO DOMINGUEZ JARAMILLO**

**DIRECTOR: ING. BOLÍVAR HARO HARO MSc.**

**Quito, Noviembre 2014**

© Universidad Tecnológica Equinoccial. 2014  
Reservados todos los derechos de reproducción

## **DECLARACIÓN**

Yo **GEOVANNY MAURICIO DOMINGUEZ JARAMILLO**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Tecnológica Equinoccial puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

---

**GEOVANNY MAURICIO DOMINGUEZ JARAMILLO**

**C.I. 172437504-1**

# CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo que lleva por título “**Estudio de una metodología para la medición de radio interferencia en las líneas de transmisión de alta tensión santa Rosa- Pomasqui, perteneciente al sistema nacional de transmisión del Ecuador.**”, que, para aspirar al título de **Ingeniero ambiental y manejo de riesgos naturales** fue desarrollado por **Geovanny Dominguez**, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería; y cumple con las condiciones requeridas por el reglamento de Trabajos de Titulación artículos 18 y 25.

---

Ing. Bolívar Haro Haro MSc.

**DIRECTOR DEL TRABAJO**

C.I. 170015639-9

## **DEDICATORIA**

A mis padres, que han sido un apoyo incondicional a lo largo de mi carrera y realización de la tesis.

A mis hermanos, por su motivación y empuje para no darme por vencido en mis estudios.

A mis tíos, por su cariño y apoyo demostrándome que todo es posible con paciencia y dedicación.

## **AGRADECIMIENTOS**

Una etapa muy importante en mi vida ha terminado, es por ello que quiero agradecer a todas las personas que siempre han estado conmigo, en primer lugar agradezco.

A Dios por permitirme alcanzar todas las metas propuestas en mi vida, bendiciéndome con salud y rodeándome de personas maravillosa que siempre están a mi lado brindándome su apoyo incondicional

A mis padres por su amor, comprensión, por el sacrificio y apoyo a lo largo de mi vida, ya que ellos han sido eje fundamental para alcanzar todas mis metas propuestas, inculcándome valores para ser una mejor persona cada día.

A mis maestros a lo largo de mi carrera por brindarme sus conocimientos para formarme profesionalmente.

Y a mí tutor el Ing. Bolívar Haro por su dedicación, apoyo y paciencia a lo largo de la tesis.

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

## PAGINA

<b>RESUMEN</b> .....	ix
<b>ABSTRACT</b> .....	x
<b>1 INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1 JUSTIFICACIÓN.....	2
1.2 OBJETIVOS.....	2
1.2.1 OBJETIVO GENERAL .....	2
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	3
<b>2 MARCO TEÓRICO</b> .....	4
2.1 ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS .....	4
2.1.1 RADIACIONES NO IONIZANTES.....	5
2.1.1.1 Efecto sobre la salud humana de la radiación no ionizante.....	5
2.1.2 RADIACIONES IONIZANTES .....	6
2.1.2.1 Efecto sobre la salud humana de la radiación ionizante .....	6
2.1.3 ONDAS DE RADIO .....	7
2.2 ESPECTRO RADIOELÉCTRICO .....	9
2.2.1 MEDIDA DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS PRÓXIMOS A LÍNEAS ELÉCTRICAS DE ALTA TENSIÓN.....	9
2.3 EFECTO CORONA.....	10
2.3.1.1 Naturaleza y manifestaciones del efecto corona.....	11
2.3.2 ESTIMACIÓN DE NIVELES DE PERTURBACIONES POR EFECTO CORONA .....	11
2.4 LA INTENSIDAD DEL SONIDO.....	13
2.4.1 SONIDO AUDIBLE.....	13
2.4.1.1 Presión sonora.....	14
2.5 RADIO INTERFERENCIA (RI).....	15
2.6 SISTEMA NACIONAL DE TRANSMISIÓN SNT.....	15

2.6.1	SUBESTACIÓN ELÉCTRICA .....	16
2.6.2	LÍNEAS DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICAS. ....	17
2.6.3	FRANJA DE SERVIDUMBRE .....	17
<b>3</b>	<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>19</b>
3.1	DESCRIPCIÓN.....	19
3.1.1	CELEC EP TRANSELECTRIC.....	19
3.1.2	SUBESTACIÓN SANTA ROSA.....	20
3.1.3	SUBESTACION POMASQUI .....	21
3.1.4	CARACTERÍSTICAS DE LA LÍNEA DE TRASMISIÓN SANTA ROSA- POMASQUI .....	21
3.1.4.1	Características de las torres de transmisión eléctrica.....	23
3.1.4.2	Coordenadas Santa Rosa-Pomasqui.....	25
3.1.4.3	Características Conductor ACAR 1200.....	29
3.1.4.4	Características del cable de Guardia de Acero Galvanizado .....	29
3.1.4.5	Alturas de los conductores sobre el suelo.....	29
3.1.4.6	Franja de servidumbre para la línea a 230Kv .....	30
3.2	IMPACTOS AMBIENTALES .....	31
3.2.1	IMPACTOS AMBIENTALES EN LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN. ....	31
3.2.1.1	Afectación al uso del suelo .....	31
3.2.1.2	Erosión.....	32
3.2.1.3	Desestabilización de taludes.....	33
3.2.1.4	Generación de residuos sólidos y material inerte .....	33
3.2.1.5	Afectación a cuerpos de agua.....	34
3.2.1.6	Afectación a la cobertura vegetal .....	35
3.2.1.7	Alteración y/o disminución de fauna silvestre .....	36
3.2.1.8	Afectación al patrimonio cultural .....	36
3.2.1.9	Generación de empleo.....	36
3.2.1.10	Afectación a la comunidad.....	37
3.2.2	Impactos ambientales sobre la etapa de operación y mantenimiento .....	37



3.2.2.1	Presencia de campos magnéticos .....	37
3.2.2.2	Generación de Ruido .....	38
3.2.2.3	Efecto corona, interferencia radioeléctrica .....	39
3.2.2.4	Peligro de electrocución.....	39
3.2.2.5	Contaminación Visual .....	39
3.3	ALCANCE.....	40
3.4	MATERIALES .....	40
3.5	HERRAMIENTAS .....	40
3.6	MÉTODOS PARA EL CÁLCULO DE RADIO INTERFERENCIA (RI).....	41
3.6.1	MÉTODO SIMPLIFICADO DE CIGRE \.....	41
3.6.2	PROCEDIMIENTO PARA RADIO EQUIVALENTE.....	41
3.6.3	PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN DE CAMPO ELÉCTRICO .....	41
3.6.3.1	Perfil Lateral.....	42
3.6.3.2	Perfil Longitudinal .....	43
3.7	EQUIPOS PARA EL MUESTREO .....	44
3.8	PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	44
3.9	COMPARACIÓN DE LOS DATOS .....	45
3.10	DISEÑO DE LA GUÍA DE MEDICIÓN DE RADIO INTERFERENCIA .....	45
<b>4</b>	<b>ANÁLISIS Y RESULTADOS .....</b>	<b>46</b>
4.1	CAMPOS ELÉCTRICOS A 0.50 KHZ.....	46
4.2	CAMPOS ELÉCTRICOS A 1MHZ .....	54
4.3	RADIO INTERFERENCIA POR FASES .....	55
4.4	RADIO INTERFERENCIA.....	56
4.5	GUIA METODOLÓGICA DE MEDICIÓN DE RADIO INTERFERENCIA PARA LÍNEAS DE TRANSMISIÓN DE ALTA TENSIÓN .....	56
4.5.1	INTRODUCCIÓN .....	56
4.5.2	OBJETIVO .....	57

4.5.3	PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO DE RADIO INTERFERENCIA (RI) .....	57
4.5.3.1	Procedimiento para la medición de campo eléctrico .....	57
4.5.3.2	Perfil Lateral .....	58
4.5.3.3	Perfil Transversal o longitudinal .....	58
4.5.3.4	Método Simplificado de CIGRE .....	58
4.5.4	MÉTODOS PARA EL CÁLCULO DE RADIO EQUIVALENTE.....	61
4.5.4.1	Radio equivalente en fases simples.....	61
4.5.4.2	Radio equivalente en fases dobles .....	61
4.5.4.3	Radio equivalente en fases triples .....	62
4.5.4.4	Radio equivalente en fases cuádruples .....	63
4.5.5	MÉTODOS PARA EL CÁLCULO DEL GRADIENTE SUPERFICIAL DE UN CONDUCTOR .....	64
4.5.5.1	Método de Coeficientes de Potencial.....	64
4.5.5.2	Método de Markt y Mengele.....	66
4.5.5.3	Corrección para conductor con Hebras .....	68
4.5.6	CRITERIO C.I.S.P.R. PARA SUMA DE NIVELES DE RI DE LÍNEAS DE TRES FASES.....	68
4.5.7	NIVELES DE REFERENCIA PARA LIMITAR LA EXPOSICIÓN LA EXPOSICIÓN A RADIO INTERFERENCIA EN LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 15 M DE DISTANCIA.....	69
4.5.8	REPORTE DE LAS MEDICIONES.....	70
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>71</b>
5.1	CONCLUSIONES .....	71
5.2	RECOMENDACIONES.....	72
	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>74</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>79</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	PAGINA
<b>Tabla 1</b> Clasificación de Radio frecuencia.....	8
<b>Tabla 2</b> .Valores resultantes de Radio interferencia al borde de la franja de servidumbre de diferentes tipos de estructuras.....	12
<b>Tabla 3.</b> Coordenadas estructuras de la línea Santa Rosa – Pomasqui.....	25
<b>Tabla 4.</b> Mediciones de campo eléctrico bajo el vano en el Sector de la parroquia Cutuglahua .....	46
<b>Tabla 5.</b> Mediciones de campo eléctrico a 5 m del vano en el Sector de la parroquia Cutuglahua. ....	47
<b>Tabla 6.</b> Mediciones de campo eléctrico a 10 m del vano en el Sector de la parroquia Cutuglahua. ....	47
<b>Tabla 7.</b> Mediciones de campo eléctrico a 15 m del vano en el Sector de la parroquia Cutuglahua. ....	48
<b>Tabla 8.</b> Mediciones de campo eléctrico bajo el vano en el sector de la parroquia de Lloa.....	48
<b>Tabla 9.</b> Mediciones de campo eléctrico a 5 m del vano en el sector de la parroquia de Lloa.....	49
<b>Tabla 10.</b> Mediciones de campo eléctrico a 10 m del vano en el sector de la parroquia de Lloa.....	49
<b>Tabla 11.</b> Mediciones de campo eléctrico a 15 m del vano en el sector de la parroquia de Lloa.....	50
<b>Tabla 12.</b> Mediciones de campo eléctrico bajo el vano en el sector de la parroquia de Pomasqui .....	50
<b>Tabla 13.</b> Mediciones de campo eléctrico a 5 m del vano en el sector de la parroquia de Pomasqui .....	51
<b>Tabla 14.</b> Mediciones de campo eléctrico a 10 m del vano en el sector de la parroquia de Pomasqui .....	51
<b>Tabla 15.</b> Mediciones de campo eléctrico 15 m del vano en el sector de la parroquia de Pomasqui .....	52

<b>Tabla 16.</b> Valores promedios de campo eléctrico de cada sector a diferente distancia .....	52
<b>Tabla 17.</b> Mediciones de campo eléctrico a 15 m del vano en el sector de la parroquia de Cutuglahua .....	54
<b>Tabla 18.</b> Resultados de Radio Interferencia en la línea de Santa Rosa – Pomasqui .....	55
<b>Tabla 19.</b> Análisis de resultados con la norma de radio interferencia .....	56
<b>Tabla 20.</b> Niveles de referencia para limitar la exposición a radio interferencias en líneas de transmisión a 15 m de distancia.....	69

# ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>PAGINA</b>
<b>Figura 1.</b> Propagación de Ondas de radio .....	8
<b>Figura 2.</b> Dirección que viaja el sonido .....	13
<b>Figura 3</b> Presión atmosférica .....	14
<b>Figura 4.</b> Sistema nacional de transmisión del Ecuador .....	16
<b>Figura 5.</b> Subestación Santa Rosa.....	20
<b>Figura 6.</b> Subestación Pomasqui .....	21
<b>Figura 7</b> Estructura Torre AL2 vista frontal .....	23
<b>Figura 8</b> Estructura Torre AL2 vista lateral.....	24
<b>Figura 9.</b> Línea Santa Rosa- Pomasqui .....	28
<b>Figura 10</b> Distancia desde el suelo a los conductores .....	30
<b>Figura 11.</b> Franja de servidumbre en una línea a 230 kV .....	30
<b>Figura 12.</b> Franja de servidumbre de la línea Santa Rosa- Pomasqui .....	31
<b>Figura 13.</b> Perfil lateral vista superior del vano .....	43
<b>Figura 14.</b> Perfil Longitudinal vista superior del vano.....	44
<b>Figura 15.</b> Medición de campo eléctrico a 0.50 KHz .....	53
<b>Figura 16.</b> Fases de una línea de alta tensión. ....	55
<b>Figura 17.</b> Radio equivalente en fase doble.....	61
<b>Figura 18.</b> Radio equivalente en fases triples .....	62
<b>Figura 19.</b> Radio equivalente en fases cuádruples .....	63
<b>Figura 20.</b> Simulación del plano a tierra con su imagen.....	64
<b>Figura 21.</b> Distancias geométricas entre múltiples conductores .....	65
<b>Figura 22.</b> Distribución geométrica de conductor en Haz.....	66

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>PAGINA</b>
<b>ANEXO I</b>	.
Matriz de evaluación de impactos ambientales .....	79
<b>ANEXO II</b>	.
Características del conductor ACAR 1200.....	80
<b>ANEXO III</b>	.
Características del cable de guardia de acero galvanizado .....	81
<b>ANEXO IV</b>	.
Características Equipo de medición SPECTRAN NF-5035. ....	82
<b>ANEXO V</b>	.
Certificado de Calibración del equipo de medición. ....	83
<b>ANEXO VI</b>	.
Formato propuesto para entrega de reportes de radio interferencia.....	89

## RESUMEN

El espectro radioeléctrico es un recurso natural, el cual las ondas electromagnéticas se expanden en el espacio, guiadas sin necesidad de algún medio artificial, teniendo como función principal la prestación de servicios de telecomunicaciones. En líneas de transmisión de alta tensión desde 220 kV o superiores se produce el efecto corona que ocurre cuando al transportar energía por un conductor se concentran excesiva energía en un punto, abandonando el conductor, causando efectos nocivos para el medio ambiente, uno de ellos es la radio interferencia que se da a causa de la unión de dos o más ondas. El objetivo principal de esta tesis fue desarrollar una guía metodológica para la medición de radio interferencia en las líneas de transmisión de alta tensión. Para realizar este estudio se recopiló información la cual ayudo a determinar la radio interferencia obteniendo mediciones y cálculos los cuales ayudaron a desarrollar la guía metodológica. Se realizó mediciones de campo eléctrico a 1 MHz de frecuencia a 15 m en el sector de la parroquia Cutuglahua, parroquia Lloa y la parroquia Pomasqui encontrando valores muy bajos solo en la parroquia Cugtulahua y en las otras dos no se encontró campo eléctrico a esa frecuencia. Utilizando la información recolectada se calculó la radio interferencia en la línea de trasmisión Santa Rosa – Pomasqui a 230 kV obteniendo como resultados en tiempo seco 28.52 dB/1 $\mu$ V/m y en tiempo lluvioso 45.52 dB/1 $\mu$ V/m muy por debajo de 53 dB/1 $\mu$ V/m manteniéndose dentro del rango establecido para la líneas de voltaje de 230 kV. Una vez obtenidos los resultados se desarrolló la guía metodológica para la medición de radio interferencia en las líneas de alta tensión la cual puede ser adaptada para diferentes configuraciones dependiendo de la línea que va a ser estudiada.

## **ABSTRACT**

Radio spectrum is a natural resource which can expand in space without an artificial mean of transportation, where it's main function is to provide telecommunications services. In high voltage overhead transmission lines from 220 kV or higher, the corona effect occurs when excessive energy is transported through a conductor concentrating on a certain spot. The energy separates from the conductor causing harmful effects for the environment, one of them being radio interference because of the combination of 2 or more waves. The main objective of this thesis was to develop a methodological guide to measure radio interference in high voltage transmission lines. To help develop the methodological guide, certain information was obtained such as measurements and calculations to help determine the radio interference. Electric field measurements were performed at 15 m with a 1 MHz frequency in the area of parishes Cutuglahua, Lloa and Pomasqui. Finding very low values only in the parish of Cutuglahua and in the other two no evidence of an electric field was found at that frequency. Using the information collected, the radio interference was calculated on the transmission line Santa Rosa – Pomasqui at 230 kV obtaining as results in dry weather 28.52 dB/1 $\mu$ V/m and in rainy weather 45.52 dB/1 $\mu$ V/m, well below 53 dB/1 $\mu$ V/m staying within the stated range for the 230 kV voltage line. After obtaining the results, the methodological guide was developed to measure radio interference in high voltage lines that can be adapted to different configurations depending on the line that is to be studied.



# **1 INTRODUCCIÓN**

# 1 INTRODUCCIÓN

Se puede entender como una guía metodológica a una herramienta que ayuda a seguir una serie de pasos para llegar a un objetivo, partiendo de esto se desarrolló de una manera adecuada donde esta cuenta con respaldos científicos y un entendimiento no muy complejo.

El efecto corona es una causa de varios efectos perjudiciales que afectan el medio ambiente uno de ellos es la radio interferencia en las líneas de alta tensión produciendo descargas en la cercanía de la superficie de los materiales por la cual circula cuando la intensidad de campo eléctrico llega un valor que supera la rigidez dieléctrica del aire (Andrade, Liptching, & Gomez, 2005).

La radio interferencia causa perturbaciones en dispositivos de perturbación de radio, siendo una de las mayores preocupaciones de las telecomunicaciones y también de la medicina, por la afectación en los equipos electrónicos que ellos utilizan como son los marcapasos, prótesis, equipos de monitores entre otros que de alguna forma pueden afectar la salud del paciente (Comité de Especialistas Latinoamericanos en Campos Electromagnéticos de Alta Frecuencia y Salud Humana, 2010).

Una interferencia electromagnética es la que perjudica o degrada la calidad o el funcionamiento que posee una señal, la interferencia solo es causada si la magnitud de la energía es demasiada grande (Leboran, 2008).

Para la elaboración de la guía metodológica se determinó el grado de campo eléctrico que posee a cierta distancia de manera transversal de la línea de transmisión de alta tensión siguiendo ciertas normas. Para concluir con la investigación se aplicó modelos y cálculos para llegar de una manera adecuada a la obtención de la medición de radio interferencia

## **1.1 JUSTIFICACIÓN**

Ecuador no cuenta con una guía metodológica que ayude a medir la radio interferencia en las líneas de alta tensión del sistema nacional.

Debido al problema del fenómeno corona y los efectos ambientales que este genera en las líneas de transmisión, siendo uno de sus efectos la radio interferencia, se tuvo la necesidad de implementar un protocolo de medición de radio interferencia que cuente con máximos y mínimos permisibles en el cual podríamos observar si existe algún efecto en el recurso natural como es el espectro radioeléctrico y ayudándonos como un indicativo de la presencia del fenómeno corona.

El espectro radioeléctrico es un recurso natural, muy limitado, el cual permite transmitir servicios de comunicación, ya que sin este medio no se podría hacer, por este motivo se debe cuidarlo y preservarlo. (Luzuriaga, 2010)

Esta información puede ser útil, para que las instituciones encargadas de controlar la radio interferencia, puedan dar apoyo a las zonas más afectadas, ayudando a resolver algunos problemas como es el fenómeno corona que genera efectos de origen ambiental, tomando las acciones respectivas para el mejoramiento de las mismas.

El desarrollo de este estudio tuvo auspicio de la empresa CELEC-EP Transelectric, ya que es de interés de la misma.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar una guía metodológica para la medición de radio interferencia en las líneas de transmisión de alta tensión

## 1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir los efectos de la radio interferencia en el espectro radioeléctrico.
- Formular el procedimiento para medir radio interferencia.
- Determinar franjas mínimas y máximas permisibles de radio interferencia.

## **2 MARCO TEÓRICO**

## 2 MARCO TEÓRICO

### 2.1 ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS

En la naturaleza, las fuerzas eléctricas se originan de dos maneras, en primer lugar está la atracción o la repulsión eléctricas entre las cargas eléctricas positivas (+) y negativas (-). Y en segundo lugar está la atracción y la repulsión entre corrientes eléctricas semejantes. La física tuvo su primer logro, el descubrimiento de las ondas electromagnéticas, teniendo como primer indicio la relación espontánea entre los fenómenos eléctricos y la velocidad de la luz (Stern, 2004).

Un tipo de radiación son las ondas electromagnéticas que se propaga por el espacio en forma de ondas, denominadas "electromagnéticas". Estas ondas se clasifican según su frecuencia ( $f$ ) y longitud de onda ( $\lambda$ ), pudiendo ser visibles o no visibles. Dentro de las no visibles las más reconocidas en los fenómenos cotidianos son las microondas, las infrarrojas (IR) y las ultravioletas (UV). En la medicina y en ciencia en general, son comunes las radiaciones que tienen mayor frecuencia y energía como son los rayos X y los rayos gamma (Jordano, 2010).

La frecuencia se puede definir por el número de ondas que se transmiten en un segundo y la longitud de onda se define como la distancia que recorre una onda electromagnética en un tiempo igual a un período. Si una aumenta la otra disminuye (Sánchez, 2006).

Las ondas electromagnéticas se desplazan en el vacío a una velocidad de 299.792 km/s. independientemente de la frecuencia y la longitud de onda, Todas las radiaciones del espectro electromagnético tienen movimientos ondulatorios, como la interferencia y la difracción. La longitud de onda va desde billonésimas de metro hasta varios kilómetros, es importante para

determinar su energía, su visibilidad, su poder de penetración y otras características (Bassetto, 2007).

### **2.1.1 RADIACIONES NO IONIZANTES**

La radiación no ionizante es parte del espectro electromagnético, mediante la cual la energía fotónica es muy débil para romper enlaces atómicos (Fundacion Anna Vasquez, 2007).

Una manera de transmisión de la energía de las radiaciones no ionizantes es por ondas electromagnéticas. Su radiación está determinada por la longitud de onda, energía y frecuencia la cual oscila en una onda que se mide en hercios (Hz) (Menendez, Llana, Rodriguez, 2008).

#### **2.1.1.1 Efecto sobre la salud humana de la radiación no ionizante**

Los humanos viven en un manantial electromagnético natural, como campos geomagnéticos y los fenómenos ondulatorios electromagnéticos atmosféricos. La actividad humana también produce campos electromagnéticos como las torres eléctricas, electrodomésticos, usos industriales específicos y los radares. En los últimos años se ha apreciado un incremento sin precedentes de fuentes de campos electromagnéticos (CEM) utilizados con fines diferentes. El nivel de producción ha alcanzado elevaciones tales que los expertos alertan de una contaminación electromagnética ambiental (electrosmog) (Soto, 2006).

En relación con la salud humana las radiaciones emitidas por los campos electromagnéticos (CEM) en las radiaciones no ionizantes tienen efectos biológicos como son el calentamiento y la inducción de corrientes eléctricas en los tejidos y células. Consecuentemente, las ondas electromagnéticas sobrellevan el peligro de efectos biológicos que pueden desembocar en efectos desfavorables para la salud. Un ejemplo es que se puede producir

una reacción orgánica en el incremento del riego sanguíneo cutáneo producida por un ligero calentamiento debido a la exposición de radiación no ionizante (Fundacion Anna Vasquez, 2007).

Se plantea que los efectos de las radiaciones no ionizantes son de 3 tipos: térmico (hace referencia al calor o a la temperatura), no térmicos (no tiene calor ni temperatura) y atérmicos (No deja pasar las radiaciones caloríficas o infrarrojas) (Soto, 2006)

## **2.1.2 RADIACIONES IONIZANTES**

Las radiaciones ionizantes son ondas electromagnéticas mediante la cual la energía fotónica es capaz de romper enlaces químicos a nivel molecular de células (Soto, 2006)

Las radiaciones ionizantes transfiere energía en forma de partículas electromagnéticas, las cuales poseen una longitud menor o igual a 100 nanómetros, o frecuencia mayor o igual a  $3 \times 10^{15}$  hercios, produciendo electrones enlazados a los átomos neutros y dejan iones cargados positivamente, estos electrones cargados emitidos pueden ionizar material sobre otros átomos neutros (Menendez, et. al.2008).

### **2.1.2.1 Efecto sobre la salud humana de la radiación ionizante**

La Organización Mundial de la Salud, 2012 hace referencia a la radiación ionizante como un tipo de energía liberada por los átomos en forma de ondas electromagnéticas (rayos gamma o rayos X) o partículas (partículas alfa y beta o neutrones). Se denomina radiactividad a la desintegración espontánea de los átomos. Los elementos inestables que se desintegran y emiten radiación ionizante se denominan radionúclidos (Organizacion mundial de la salud, 2012).



Las radiaciones ionizantes son producidas por equipos electrónicos o de materiales radiactivos artificiales o naturales (Rodríguez, 2003).

La radiación ionizante produce efectos químicos inmediatos en los tejidos humanos y son emitidos por rayos X, los rayos gamma y el bombardeo de partículas (haz de neutrones, electrones, protones, mesones y otros). Este tipo de radiación es de gran uso para exámenes y tratamientos médicos, propósitos industriales y de manufactura, armamento y desarrollo de armas, entre otros (Feldman, 2007).

### **2.1.3 ONDAS DE RADIO**

Según Giordano, 2009 la frecuencia del espectro electromagnético se puede dividir y ordenar en los siguientes grupos:

- Oscilaciones eléctricas de baja frecuencia
- Radiofrecuencia (RF)
- Microondas
- Infrarrojo (IR)
- Visible (VIS)
- Ultravioleta (UV)
- Rayos X
- Rayos Gamma
- Rayos Cósmicos

Las ondas de radio son como la luz y la electricidad una forma de radiación electromagnética, las cuales son transmitidas a cierta frecuencia en el espectro electromagnético mediante las cuales hacen posible la comunicación entre varias localidades (Herrera E. , 2004).

Las ondas de radio son ondas electromagnéticas de radio frecuencia (RF) que poseen un componente eléctrico y un componente magnético, las cuales

son capaces de transportar información (Tomasi, Sistema de comunicaciones electronicas, 2003).

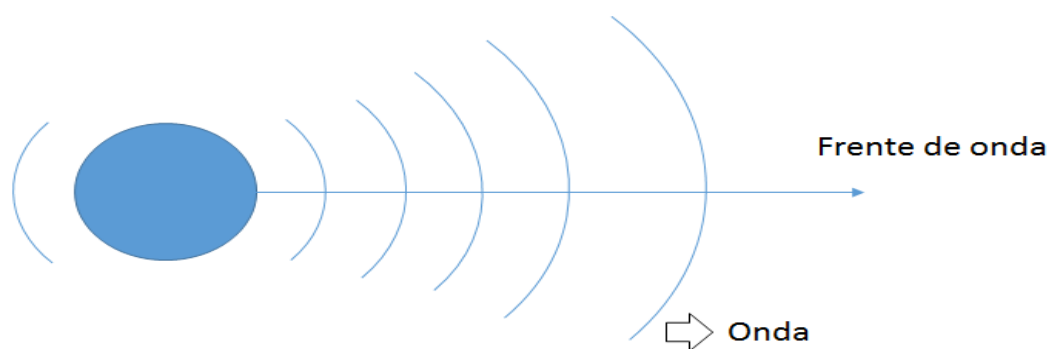
La (RF) es la frecuencia de las ondas de radio clasificándose como se muestra en la tabla 1.

**Tabla 1** Clasificación de Radio frecuencia

Denominación	Valores	Siglas
frecuencias muy bajas	3 khz => 30 khz	V.L.F.
Frecuencias bajas	30 khz => 300 khz	L.F.
Frecuencias medias	300 Khz => 3000 Khz	M.F.
Frecuencias altas	3 Mhz => 30 Mhz	H.F.
Frecuencias muy elevadas	30 Mhz => 300 Mhz	V.H.F.
Frecuencias ultra-elevadas	300 Mhz => 3000 Mhz	U.H.F
Frecuencias super-elevadas	3000 Mhz => 30000 Mhz	S.H.F

(Reveron, 2006)

Las ondas de radio se transmiten desde un punto dispersándose como fuentes de ondas esféricas. Los frentes de la onda viajan perpendicularmente delante de cada onda como se indica en la figura 1(Herrera, 2004).



**Figura 1.** Propagación de Ondas de radio

## **2.2 ESPECTRO RADIOELÉCTRICO**

El espectro radio eléctrico es un recurso natural limitado por un conjunto de ondas electromagnéticas en la cual se expanden éstas por el espacio sin requerir de alguna guía artificial que los conduzcan, es utilizado para la prestación de servicios de telecomunicaciones, radiodifusión sonora, televisión, seguridad, defensa, emergencias, transporte e investigación científica, así como para un elevado número de aplicaciones industriales y domésticas. Por lo cual, el espectro radioeléctrico es uno de los elementos sobre los que se basa el sector de la información y las comunicaciones para su desarrollo, para el acceso y la admisión de los ciudadanos a la información (Saiz, 2013).

El sistema de telecomunicaciones utiliza bandas de frecuencias desde 1KHz hasta 30 GHz, las longitudes de onda son las principales bandas de espectro radioeléctrico (Vega, Zamanillo, & Lopez, 2007).

La ley orgánica de comunicación de Ecuador señala que el espectro radio eléctrico es de dominio público y que el Estado central a través de la autoridad de telecomunicaciones poseen la administración para el uso y aprovechamiento del espectro radioeléctrico (Asamblea Nacional del Ecuador, 2013).

El estado podrá decidir sobre su asignación para defensa de los intereses generales (Universidad Politécnica Catalunya, 2003).

### **2.2.1 MEDIDA DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS PRÓXIMOS A LÍNEAS ELÉCTRICAS DE ALTA TENSIÓN.**

Voltaje se refiere a una magnitud física que, en un circuito eléctrico, impulsa o conduce a los electrones a lo largo de un conductor. (Allier, 2006)

La medida fundamental de una línea eléctrica es su tensión o voltaje al que funciona. Para minimizar las pérdidas sufridas durante el transporte se debe elevar la tensión de las líneas eléctricas ya que dependen fundamentalmente del calentamiento por efecto Joule (Pérdida por calentamiento de los conductores debido al choque de las moléculas con los electrones) (Cañar, 2007) y la intensidad de corriente que atraviesa el cable en cada momento, al incrementar la tensión se reduce la intensidad necesaria para transportar la misma cantidad de energía. Las líneas eléctricas a alta tensión son regularmente trifásicas lo que quiere decir es que constan de tres fases o cables y el conjunto de las 3 fases denomina un circuito. Normalmente las líneas tienen 1 ó 2 circuitos, aunque en algunos casos se puede tener más de 2 circuitos. (Lecumberri, 2001)

### **2.3 EFECTO CORONA**

El fenómeno corona ocurre cuando al transportar energía por un conductor en un punto de este se concentra demasiada energía para abandonar el conductor por donde circula siendo capaz esta energía de pasar al aire adyacente formando un haz luminoso alrededor de los conductores la cual se puede observar en noches oscuras y a grandes distancias (Mujal, 2002).

La descarga corona en líneas de transmisión de alta tensión corresponde a descargas eléctricas parciales en el aire alrededor de los conductores de las líneas aéreas de alta tensión, producidas por la alta magnitud de campo eléctrico que provoca ionización del aire. La literatura técnica pertinente indica que tanto los niveles de ruido como las concentraciones de ozono alrededor de líneas de alta tensión no tienen consecuencias dañinas para la salud de las personas (Osorio, 2007).

La radio interferencia tiene un incremento proporcional hasta que el voltaje del sistema causa la pérdida del efecto corona medible. Después de este voltaje, el incremento de la radio interferencia se convierte rápidamente a

muy alta. El aumento de la radio interferencia depende de la naturaleza de la superficie del conductor y el diámetro. Para conductores de superficie lisa en buenas condiciones climáticas la interferencia de radio es pequeña, mientras que en el diseño de la línea de transmisión es muy importante (Bakshi & Bakshi, 2008).

### **2.3.1.1 Naturaleza y manifestaciones del efecto corona**

Según ARIAS, 2008 los efectos derivados de este fenómeno son:

- Ruido audible el cual se puede percibir a través del sonido
- Perturbaciones a frecuencias de radio y televisión mediante la unión o más ondas de radio.
- Generación de ozono al producirse ionización.
- Pérdidas de energía debido a las descargas eléctricas
- Viento iónico producido por la inducción de fuerzas electrostáticas

### **2.3.2 ESTIMACIÓN DE NIVELES DE PERTURBACIONES POR EFECTO CORONA**

Según norma CISPR, (Comité Internacional Especial de Perturbaciones Radioeléctricas), de la IEC (Comisión Electrotécnica Internacional) es una organización de normalización en los campos eléctrico, electrónico y tecnologías relacionadas.) El valor de radio interferencia de una línea posee una norma, a una frecuencia de 0,5 MHz o 1 MHz, una distancia lateral de 15 metros al conductor más próximo y una altura de la antena de 2 metros, se debe analizar para mal tiempo ya que en estas condición producen el máximo nivel generado de las perturbaciones electromagnéticas. Existen factores de corrección para evaluar la perturbación a otras distancias y otras frecuencias a la cual se requiera corregir (Osorio, 2007).

En la tabla 2 se observa un ejemplo de valores resultantes de la estimación de radio interferencia en el borde de la franja de servidumbre en diferentes

tipos de estructuras analizadas, empleando el método aproximado propuesto por CIGRE, para tiempo seco y lluvia intensa (Osorio, 2007).

**Tabla 2** .Valores resultantes de Radio interferencia al borde de la franja de servidumbre de diferentes tipos de estructuras

<b>Estructura</b>	<b>Borde franja Tiempo seco RI (dB)</b>	<b>Borde franja Lluvia intensa RI (dB)</b>
Suspensión en “line post” disposición B	3,56	20,56
Poste tubular de anclaje circuito simple	3,37	20,37
Estructura de Suspensión en Line Post Disposición E	6,89	23,89
Estructura de Suspensión en Line Post Disposición EA	4,17	21,17
Estructura de Suspensión en Line Post Disposición H-T	3,35	20,35
Estructura de Suspensión en Line Post Disposición F	6,34	23,34

## 2.4 LA INTENSIDAD DEL SONIDO

Es la cualidad del sonido por la que se diferencian los sonidos fuertes de los débiles. Dependiendo de la energía que viaja a través de una onda por unidad de tiempo (Giancoli, 2006).

La intensidad del sonido viaja en una dirección señalada en un punto del campo sonoro siendo el flujo de energía sonora a través de una unidad de área en ese punto, con la unidad de área perpendicular a la dirección especificada como se muestra en la figura 3 (Barbero, 2005).

En temperaturas de aire de 20°C donde la velocidad del sonido es 344 m/s, las ondas de sonido audible poseen longitudes de onda desde 0,0172 m (0,68 pulgadas) a 17,2 metros (56,4 pies) (Nave, 2009).

A continuación se muestra un gráfico de la dirección del sonido.



**Figura 2. Dirección que viaja el sonido**

(Montaño. 2013)

### 2.4.1 SONIDO AUDIBLE

Generalmente se utiliza para indicar el sonido que puede ser percibido por el oído humano, se refiere al sonido audible, siendo el sonido audible una onda de presión con contienen una frecuencia entre 20 Hz y 20.000 Hz, y

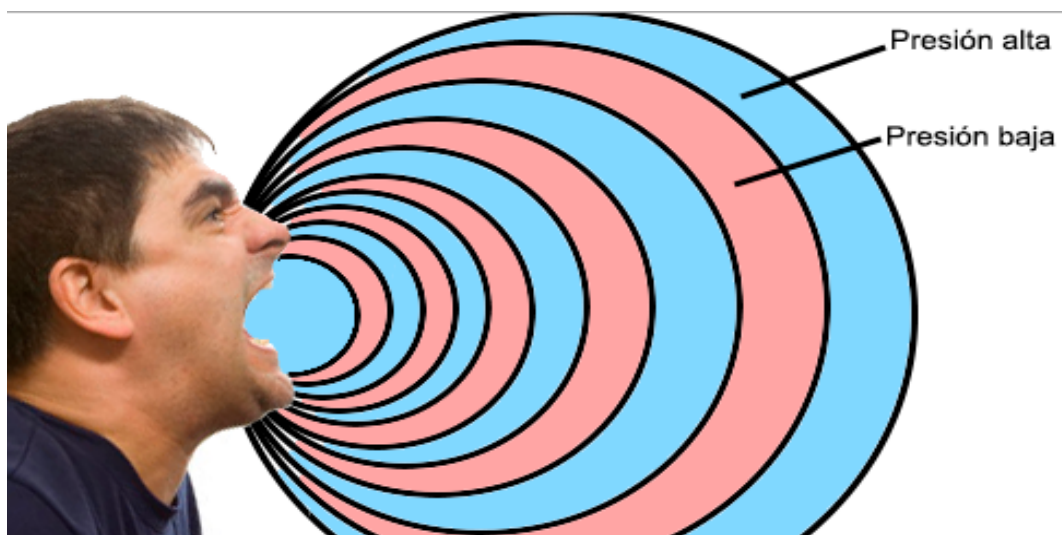
con una intensidad por encima del umbral de audición dado que el oído está rodeado por el aire (Nave, 2009).

#### 2.4.1.1 Presión sonora

La presencia de sonido genera en el aire pequeñas diferenciaciones de presión que se añade a la presión atmosférica, actuando sobre los oídos humanos dando la sensación de oír como se muestra en la figura 4 (Sbarato, Sbarato, & Ortega, 2007).

“Es producto de la propia propagación del sonido” (Barbero, 2005).

Las ondas sonoras poseen características esféricas que se irradian en todas las direcciones según todos los radios de una esfera siendo el centro donde se encuentra la fuente que produce el sonido es decir donde vibra. Las ondas sonoras no solo se propagan en el aire sino también en todos los medios materiales como sólidos, líquidos y gaseosos (Enciclopedia guía del estudiante, 2005).



**Figura 3** Presión atmosférica  
(Ciencia del sofa, 2013)



## **2.5 RADIO INTERFERENCIA (RI)**

La unión de dos o más ondas electromagnéticas produce la interferencia de onda de radio afectando así el funcionamiento del sistema de la radio difusión (Tomasi, Sistemas de Comunicaciones Electrónicas, 2013).

Las descargas eléctricas parciales en el aire alrededor de los conductores de las líneas, son producidas por la gran magnitud de campo eléctrico por el Fenómeno Corona en líneas de transmisión eléctrica de alta tensión el cual provoca ionizaciones del aire en las superficies de los conductores. Esto genera campos electromagnéticos de alta frecuencia afectando la frecuencia de radio y televisión (Arcadis, 2013).

Los conductores o haz de conductores de las líneas de alta tensión generan ruido de radio, en ciertas condiciones es estable y reproducible. Se produce el máximo nivel de perturbación que se genera por las líneas cuando llueve. Al ser posible reproducir la perturbación se ha posibilitado el desarrollo de diversos métodos de medición de radio interferencia mediante el cual ayuda medir el nivel de perturbación en las frecuencias de radio (Osorio.2006).

Se acostumbra estudiar el nivel de interferencia en función de los siguientes parámetros supuestamente independientes:

- Medida de frecuencia (espectro de frecuencia).
- Distancia de la línea (perfil transversal).
- Condiciones atmosféricas y otras variables estadísticas.

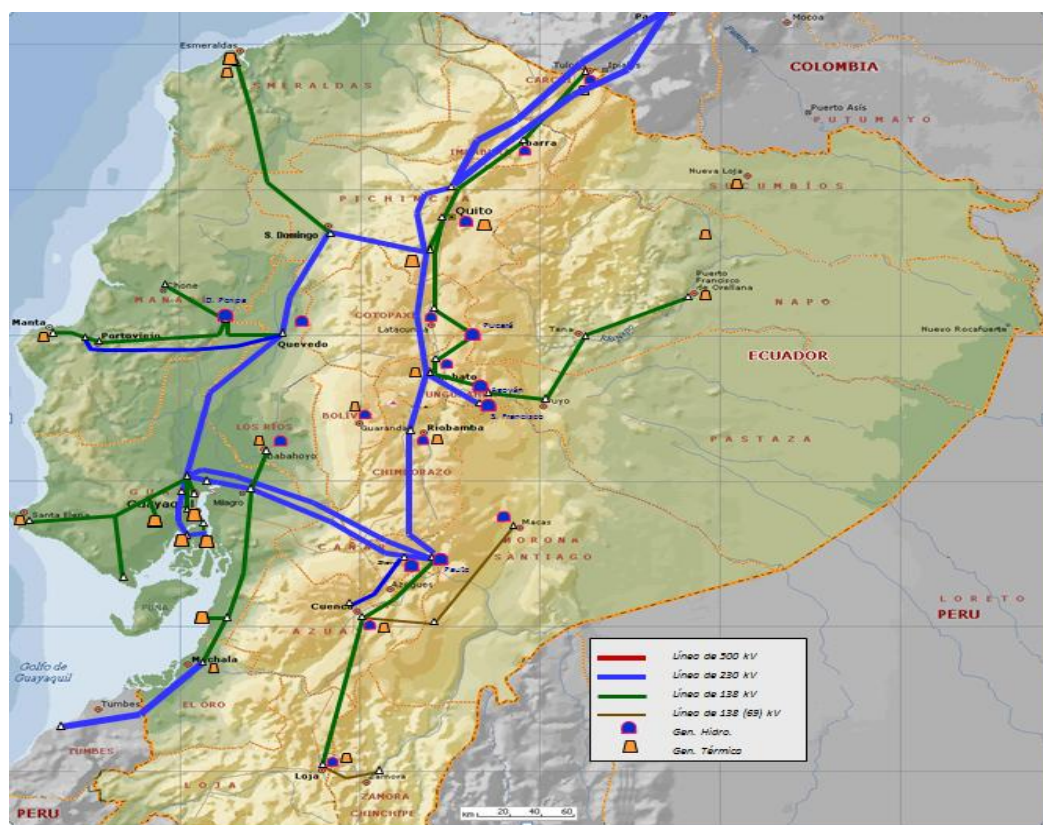
## **2.6 SISTEMA NACIONAL DE TRANSMISIÓN SNT**

Es el sistema de intercambio entre los centros de generación y los consumidores de energía eléctrica, que permite el intercambio de energía en todo el territorio nacional. Las líneas de transmisión y las subestaciones son

los principales componentes del sistema de transmisión (Echeverría & Preciado, 2008).

Según CELEC-EP Traselectric, 2014 El Sistema Nacional de Transmisión está compuesto por subestaciones y líneas de transmisión a lo largo de todo el territorio nacional.

A continuación se muestra la figura 2 donde se observa la distribución del Sistema Nacional de Transmisión en el Ecuador.



**Figura 4.** Sistema nacional de transmisión del Ecuador  
(CELEC-EP Traselectric, 2013)

## 2.6.1 SUBESTACIÓN ELÉCTRICA

Una Subestación eléctrica es un conjunto de elementos o aparatos que permite cambiar o conservar ciertas características de energía eléctrica (Corriente, Voltaje, Frecuencia. Etc) (Harper, 2005).

Las Subestaciones eléctricas están ubicadas en los alrededores de las centrales eléctricas, las cuales incrementan el voltaje a la salida de sus generadores, y en las cercanías de las poblaciones y los consumidores sirve para bajar el voltaje. Esta operación tiene la utilidad de realizar el transporte de energía eléctrica en larga distancias (Astudillo, 2005).

Las subestaciones son conformadas por equipos de protección, conexión, conductores, transformadores barras y equipos auxiliares, permitiendo o interrumpiendo la transmisión de energía eléctrica empleada para la transformación de voltaje y corriente según a los niveles de energía que se requieran (Echeverría & Preciado, 2008).

### **2.6.2 LÍNEAS DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICAS.**

Una línea de transmisión eléctrica, es el medio físico mediante el cual se realiza la transmisión y distribución de la energía eléctrica desde una fuente de generación a los centros de consumo, compuesta por: conductores, estructuras de soporte, aisladores, accesorios de ajustes entre aisladores y estructuras de soporte, y cables de guarda (usados en líneas de alta tensión, para protegerlas de descargas atmosféricas) (Jiménez, Cantu, & Conde, 2007).

### **2.6.3 FRANJA DE SERVIDUMBRE**

La franja de servidumbre tiene el objetivo de garantizar una distancia mínima de seguridad de la línea y de los seres vivos que se encuentre cercanos a ese lugar, con la limitación en construcciones, algunos tipos de sembríos y el uso de suelo (Terrambiente, 2009).

La franja de servidumbre es un derecho que se describe como una imposición sobre una superficie de terreno en la cual se instalara la línea y es negociada entre el propietario del terreno y la empresa distribuidora de

energía las cuales llegarán a un mutuo acuerdo en ciertas normas (Herrera, 2009).

Las franjas de servidumbres eléctricas quedarán definidas dentro de las servidumbres públicas o propiedades privadas concedidas o adquiridas mediante una negociación. En dicha franja se construirán las infraestructuras necesarias para ubicar las líneas de transmisión de la empresa, que serán diseñadas de forma que los conductores se encuentren fuera de la línea de propiedad de los diferentes lotes y el límite de la servidumbre eléctrica generalmente, defina el límite de construcción de las propiedades (Gas Natural fenosa, 2008).

El tiempo de utilidad de uso de servidumbres es el tiempo de vida del proyecto para la cual se creó. Se pueden crear por un determinado número de años o indefinidamente. Las servidumbres creadas a favor de las instituciones públicas, tienen el deber de pagar una indemnización o impuesto por año o por determinado número de años al propietario del predio afectado (Gonzalez, 2012).

Según Zambrano (2011), Las servidumbres se dividen en:

- Naturales que provienen del normal desarrollo de la naturaleza.
- Legales que son impuestas por las leyes.
- Voluntarias que son constituidas por un hecho del hombre

### **3 METODOLOGÍA**

## **3 METODOLOGÍA**

### **3.1 DESCRIPCIÓN**

#### **3.1.1 CELEC EP TRANSELECTRIC**

La Empresa Pública Estratégica Corporación Eléctrica del Ecuador, CELEC EP, posee la unidad de negocios llamada TRANSELECTRIC, siendo esta la responsable de operar el Sistema Nacional de Transmisión (CELEC EP Transelectric, 2013).

CELEC-EP Transelectric en sus Reglamentos tienen la autorización exclusiva para operar, mantener y ampliar las líneas y subestaciones de transmisión del Sistema Nacional Interconectado del país ya que poseen la conformidad con la Ley de Régimen del Sector Eléctrico (Entrix, 2004).

Las líneas de transmisión recorren todo el territorio nacional como es Esmeraldas, Portoviejo, Guayaquil Machala, Babahoyo, Tulcán, Ibarra Quito Latacunga, Guaranda, Riobamba, Azogues, Cuenca, Loja Nueva Loja, Fco de Orellana, Tena, Puyo, Macas y Zamora

CELEC-EP Transelectric dispone de:

- 44 subestaciones 230/138/69 kV.
- Potencia de 6.937 MVA (Megavoltioamperio) de transformación en operación y potencia de 950 MVA (Megavoltioamperio) en reserva.
- 1.967 km de líneas de transmisión de 230 kV.
- 1.769 km de líneas de transmisión de 138 kV
- 115 km de líneas de sub-transmisión de 69 kV

CELEC EP transelectric es la encargada de la transmisión de la energía eléctrica a la cual le pertenece la línea de transmisión Santa Rosa-

Pomasqui las cuales están conectadas a las subestación de Santa Rosa y la subestación Pomasqui.

### 3.1.2 SUBESTACIÓN SANTA ROSA

A continuación en la figura 5 se muestra la subestación santa rosa.



**Figura 5.** Subestación Santa Rosa

En 1981 la Subestación Santa rosa inicio sus operaciones. Ésta ubicada en la Panamericana Sur, Km a 17 ½, de la Parroquia Cutuglahua, Cantón Mejía, Provincia de Pichincha a una altura de 3073 msnm con un área total aproximada de 74.462 m<sup>2</sup>, limitado al Sur por CENACE y al Oeste las Instalaciones Termopichincha (CELEC-EP Transelectric, 2012).

### 3.1.3 SUBESTACION POMASQUI

En la figura 6 se muestra la subestación Pomasqui



**Figura 6.** Subestación Pomasqui

La subestación Pomasqui posee un área de 43.233 m<sup>2</sup>. Esta se ubica en el cantón Quito, Provincia de Pichincha, en el sitio conocido como Pacpo, situado entre los barrios de Santa Clara de Pomasqui y Marquesa de Solanda Parroquia Pomasqui, a una altitud de 2.837 msnm (CELEC-EP Transelectric, 2012).

### 3.1.4 CARACTERÍSTICAS DE LA LÍNEA DE TRASMISIÓN SANTA ROSA- POMASQUI

La línea de Transmisión Santa Rosa – Pomasqui a 230 kV, fue construida por la gran demanda de energía eléctrica del Distrito Metropolitano de Quito

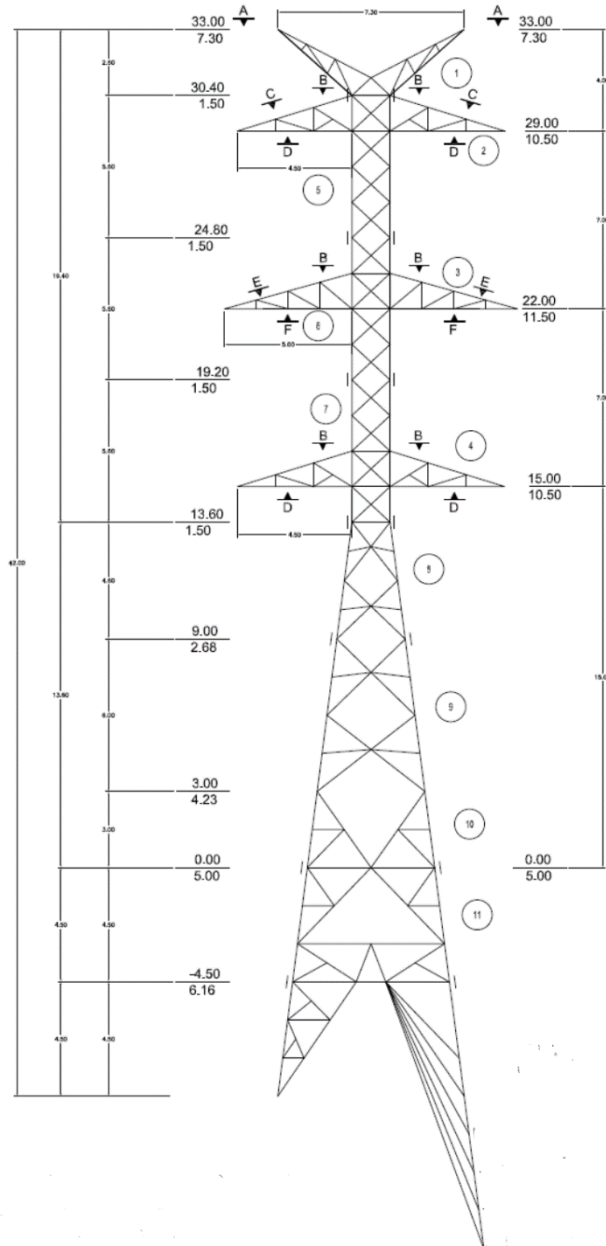


La Línea de transmisión Santa Rosa- Pomasqui posee una longitud de 46 km aproximadamente, iniciando su recorrido en la subestación Santa Rosa pasando por la parroquia Cutuglahua, parroquia Lloa y terminando en la parroquia Pomasqui. En la Subestación Santa Rosa se conectan los dos circuitos que van hacia la primera estructura de la línea desde los dos pórticos del patio de 230 kV de la subestación, luego se dirige por las laderas del Pichincha de sur a norte hasta llegar a la subestación Pomasqui ubicada al este de la parroquia de Pomasqui. La capacidad nominal de transporte de la línea de transmisión es de 480 megawatts MW (240 MW por circuito) (Entrix, 2004).

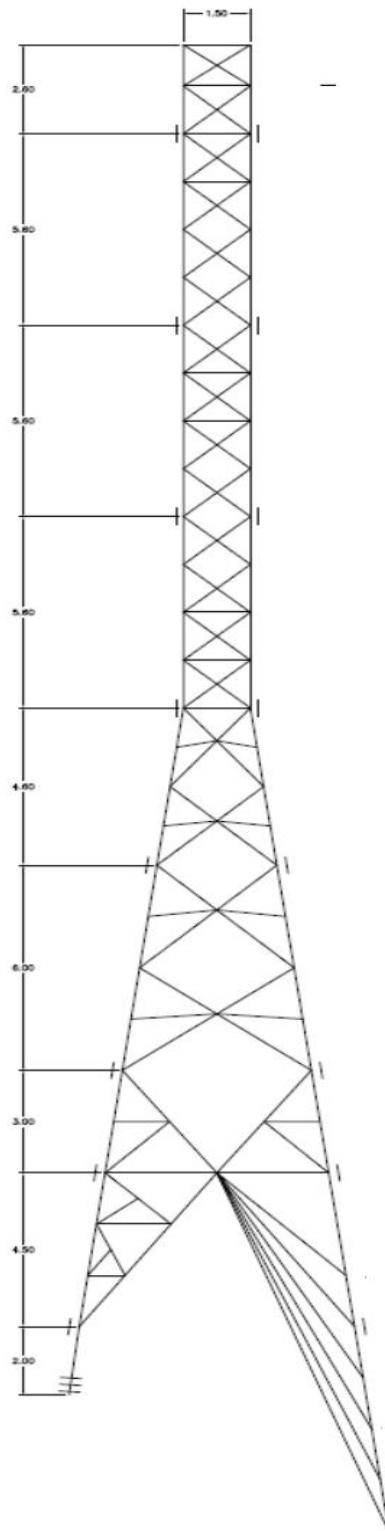
La línea Santa Rosa- Pomasqui atraviesa cultivos de legumbres y pastizales los cuales son utilizados en la ganadería. Los pajonales, pasto, arbustos, cultivos de hortalizas y legumbres son vegetación de baja altura existente a lo largo de la línea, como en las zonas relativamente planas o de poca pendiente en las depresiones y quebradas existen diferentes tipos de arbustos que inclusive sirven para estabilizar los taludes (Arbus, 2009).

### 3.1.4.1 Características de las torres de transmisión eléctrica

La Figura 7 y 8 es el diseño de una estructura de una torre donde se puede encontrar el diseño y sus medidas en la línea Santa Rosa Pomasqui.



**Figura 7.** Estructura Torre AL2 vista frontal  
(CELEC-EP Transelectric, 2014)



**Figura 8.** Estructura Torre AL2 vista lateral  
(CELEC-EP Transelectric, 2014)

La línea de transmisión Santa Rosa – Pomasqui, Se encuentra sobre estructuras autosoportantes reticuladas de acero galvanizado, tienen aproximadamente 42 m de altura promedio, Poseen conductores de aluminio con alma de acero, con dos cables de guardia siendo estos de acero galvanizado con núcleo de fibra óptica. Los conductores están sujetos a las estructuras mediante herrajes y cadenas de 21 aisladores de porcelana de 10” de diámetro por 5 ¾” de altura. Los cables de guardia están conectados fuertemente a cada estructura las cuales a su vez están puestas a tierra mediante conectores, cables y varillas de cooperweld. Están asentadas con fundiciones de tipo zapata de hormigón armado (Arbus, 2009).

### 3.1.4.2 Coordenadas Santa Rosa-Pomasqui

En la tabla 3 se presenta las coordenadas en UTM (universal transversal de Mercator) que tiene como bordes dos meridianos separados en seis grados donde se puede referenciar cualquier punto sobre la superficie de la tierra basándose en un sistema cartográfico en cuadrículas (Franco, 2000).

**Tabla 3.** Coordenadas estructuras de la línea Santa Rosa – Pomasqui

COORDENADAS UTM						
NO.	COORDENADAS (METROS)			NO.	COORDENADAS (METROS)	
	Este	Norte			Este	Norte
1	774051.79	9960049.57		44	773485.79	9982380.64
2	773781.89	9960036.32		45	773646.81	9982824.75
3	773383.98	9960181.87		46	773887.33	9983488.09
4	773230.73	9960367.48		47	773998.28	9983794.10

**Tabla 3.** Coordenadas estructuras de la línea Santa Rosa – Pomasqui  
continuación

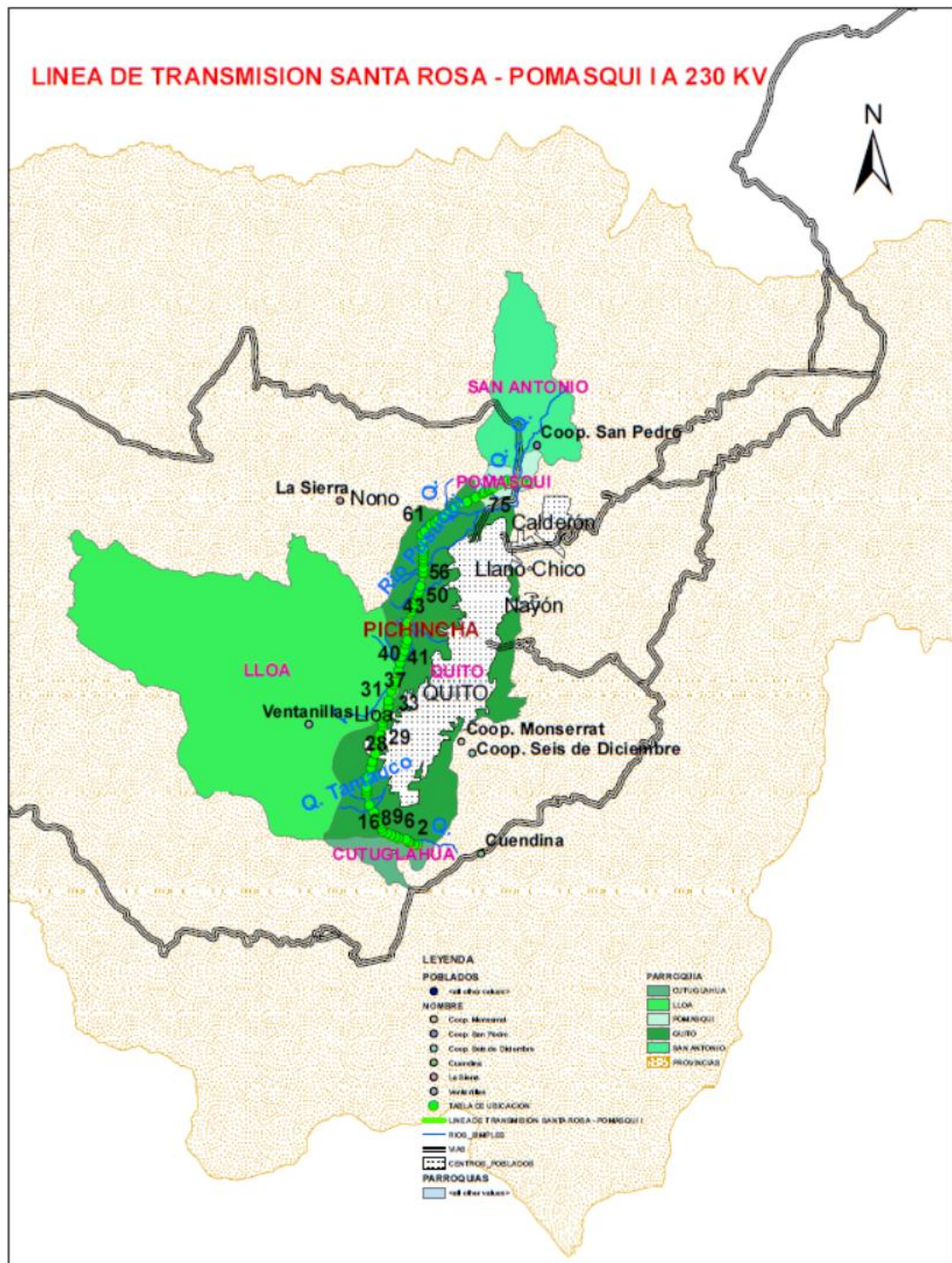
5	772951.19	9960560.14		48	774070.82	9983994.15
6	772305.50	9960685.24		49	774177.89	9984289.44
7	772017.60	9960796.38		50	774360.76	9984793.81
8	771582.59	9960964.30		51	774558.11	9985927.36
9	771115.11	9961144.75		52	774592.47	9986124.69
10	770686.35	9961310.27		53	774591.95	9986547.49
11	770539.48	9961628.18		54	774591.22	9987142.29
12	770389.48	9961952.91		55	774591.20	9987415.19
13	770251.93	9962250.67		56	774580.16	9987806.53
14	770004.12	9962752.86		57	774569.77	9988174.39
15	769842.16	9963138.43		58	774562.66	9988425.79
16	769509.65	9963858.57		59	774543.47	9989104.62
17	769135.23	9964900.96		60	774524.60	9989772.55
18	769159.82	9965180.18		61	774792.93	9990053.36
19	769190.53	9965528.93		62	775391.29	9990679.53
20	769252.67	9966234.60		63	775721.57	9990917.19
21	769319.62	9966473.39		64	776060.06	9991160.74
22	769574.94	9967383.98		65	776497.49	9991475.49
23	769728.16	9967953.25		66	776736.13	9991647.20
24	769958.59	9968779.93		67	777518.88	9992210.43
25	770247.23	9969815.45		68	777690.06	9992333.60
26	770322.63	9970085.94		69	778754.68	9992879.02

**Tabla 3.** Coordenadas estructuras de la línea Santa Rosa – Pomasqui  
continuación

27	770463.40	9970590.99		70	779629.73	9993327.32
28	770679.74	9971367.10		71	780315.74	9993678.78
29	770765.50	9971718.09		72	780553.2	9993800.43
30	770900.53	9972159.20		73	780879.83	9993967.76
31	771217.22	9973295.36		74	781083.37	9994072.04
32	771363.81	9973821.25		75	781376.89	9994222.42
33	771635.55	9974735.62		76	781934.09	9994571.29
34	771823.24	9975367.22		77	782570.24	9994881.12
35	771903.38	9975636.87		78	782701.05	9994944.83
36	772228.24	9976730.02		79	783159.85	9994864.35
37	772438.47	9977437.44		80	783362.97	9994793.56
38	772613.21	9978025.43		81	783532.84	9994804.06
39	772780.71	9978589.06		82	783829.94	9994817.56
40	772972.37	9979233.99		83	784118.54	9994817.68
41	773086.52	9979618.08		84	784980.15	9994660.43
42	773134.01	9980732.27		85	785266.82	9994615.99
43	773158.15	9981298.66				

(CELEC-EP Transelectric, 2014)

En la figura 9 se muestra un diagrama de la línea de transmisión Santa Rosa- Pomasqui



**Figura 9.** Línea Santa Rosa- Pomasqui

Fuente: Datos obtenidos de CELEC-EP Transelectric

### **3.1.4.3 Características Conductor ACAR 1200**

El conductor ACAR 1200 tiene una aleación de aluminio de 4.574mm con un diámetro de 32.02mm la cual tiene un peso de 1.669 kg/m ver todas las características en el anexo II (Electro cables, 2012).

### **3.1.4.4 Características del cable de Guardia de Acero Galvanizado**

El cable de guardia de acero con un diámetro de 9.52 mm la cual tiene un peso de 0.497 kg/m ver todas las características en el anexo III (Electro cables, 2012).

### **3.1.4.5 Alturas de los conductores sobre el suelo**

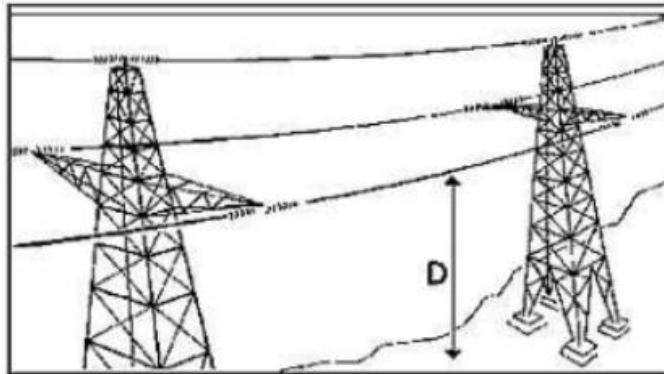
La distancia mínima sobre el conductor dependiendo de las características donde cruza la línea, los conductores deben tener una distancia de seguridad como se muestra en la tabla 4 (Terrambiente, 2009).

**Tabla 4. Distancias de seguridad**

Regiones poco transitadas (m)	7.32
Regiones transitadas (m)	7.82
Cruces sobre caminos y calles (m)	8
Cruces sobre vías férreas (m)	12
Cruces sobre caminos mineros (m)	16



En la figura 10. Muestra la manera correcta de tomar la distancia desde el suelo al conductor de una línea de transmisión.

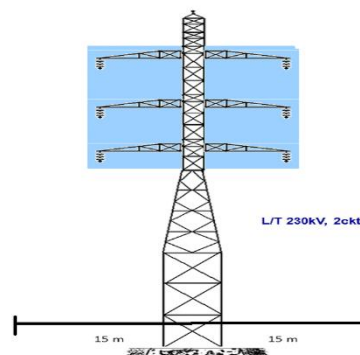


**Figura 10** Distancia desde el suelo a los conductores  
(Rovira, 1983)

#### 3.1.4.6 Franja de servidumbre para la línea a 230Kv

LA franja de servidumbre recomendada para la línea de transmisión de Santa Rosa – Pomasqui es de 30 m tomando en cuenta 15 m a cada lado desde la mitad de la línea proyectada.

En la figura 11 y 12. Se observa la franja de servidumbre de una línea de 230 kV la cual corresponde a 30 m dividido desde el centro de la línea 15 m a cada lado



**Figura 11.** Franja de servidumbre en una línea a 230 kV  
(CELEC-EP Transelectric, 2014)



**Figura 12.** Franja de servidumbre de la línea Santa Rosa- Pomasqui

## **3.2 IMPACTOS AMBIENTALES**

En este capítulo se identifican los impactos ambientales en las actividades de construcción, operación y mantenimiento de la línea de transmisión Santa Rosa- Pomasqui.

Los impactos son descritos con base a las diferentes actividades generadoras de impactos

### **3.2.1 IMPACTOS AMBIENTALES EN LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN.**

#### **3.2.1.1 Afectación al uso del suelo**

Según Mejía, 2001 este impacto son generados exclusivamente en los sitios de implantación de torres y en los tramos donde la línea tiene que pasar, por bosques plantados ( 3%) y por matorral húmedo (15%), en razón en la cual

es necesario desbrozar vegetación para la formación de la franja de servidumbre.

El 55 % del suelo son de cultivos estacionales y pastos artificiales distribuidos a lo largo de todo el trazado de la línea, donde no se producen afectaciones importantes en el uso del suelo.

El 27% corresponde a zonas en proceso de urbanización y a vegetación de páramo dominado por pajonal, este no requiere de desbroce de vegetación para la conformación de la franja de servidumbre donde el uso del suelo no es afectado.

### **3.2.1.2 Erosión**

La remoción del suelo para la construcción de accesos al lugar donde se instalaran las estructuras y la colocación de las mismas, deja expuestos los materiales que conforman el suelo causando desprendimiento de las partículas por agentes como el viento, agua pluvial, escurrimiento superficial y por desprendimiento de las partículas del suelo, se desencadenan fenómenos erosivos sobre el terreno generando material suelto o sedimentos sobre toda la vía y su posterior arrastre hacia los niveles bajos, afectando los drenajes (Mejía, 2001).

El agente atmosférico causal en la zona norte sería el viento con velocidades de hasta 5.9 m/s. y sus suelos que están conformados por materiales piroclásticos sueltos, con humedad natural baja y son susceptibles de ser afectados por erosión eólica y fluvial, el agente causal en la zona central y sur de la línea son las lluvias, ya que se tiene valores de precipitación media mensual entre 1300 mm y 1500 mm (Mejía, 2001).

### **3.2.1.3 Desestabilización de taludes**

Las excavaciones o cortes de altura significativa, con inclinaciones superiores a los 25° pueden generar desequilibrio causando desestabilización en terrenos cubiertos por materiales granulares sueltos. La remoción de material de corte expone la superficie del terreno a la acción de agentes atmosféricos. Estos deslizamientos se encuentran presentes en las laderas del volcán Casitagua, en las laderas del borde oriental del valle de Pomasqui y en algunas quebradas que descienden del Rucu Pichincha señalando que en todo el trazado de la línea no se encontraron grandes fenómenos de inestabilidad de tipo deslizamientos, los fenómenos observados son puntuales y de baja magnitud (Mejía, 2001).

### **3.2.1.4 Generación de residuos sólidos y material inerte**

Según Mejía, 2001 La construcción de cada torre de la línea de transmisión de Santa Rosa-Pomasqui genera alrededor de 1 m<sup>3</sup> de desechos sólidos compuestos por cartones, trapos, restos de ropa de trabajo, amarres, cajas, empaquetaduras en general, material en exceso de piezas, cajas de cartón y de madera, ataduras, fundas de cemento, al ser estos desechos dispuestos sobre los campos, causan alteraciones sobre la vegetación y el suelo. Los plásticos sobre el suelo conforman un forro que impide el paso de agua y luz, esto provoca la interrupción de la fotosíntesis, la muerte de la vegetación y los animales asociados y se interrumpe la permanente interrelación suelo – vegetación, el vidrio por acción de los rayos solares pueden servir como espejos que concentran la energía solar provocando incendios, principalmente en paramos y épocas de verano cuando se encuentra seco el pajonal.

### **3.2.1.5 Afectación a cuerpos de agua**

Según Mejía, 2001 la aportación de sedimentos a cuerpos de agua superficiales, pueden producir deposición de material sobre su lecho dando lugar a modificaciones en el curso natural de las aguas, represamientos, formación de barreras y zonas de depósito de material, alteración de la dinámica fluvial, generación de condiciones anaerobias por la presencia de material orgánico, alteración de los procesos físico-biológicos e incremento en la turbiedad del agua por presencia de sólidos en suspensión,. Adicionalmente, el aporte de sedimentos puede afectar a captaciones y obras existente para uso y aprovechamiento de aguas como son las plantas de potabilización de agua en las estribaciones orientales del volcán Pichincha: Planta sistema Noroccidente, Filtos Cochapamba, Planta Pambachupa, Planta Toctiuco, Planta Chilibulo y Sistema de Vertientes Pichincha.

Los cursos de agua que atraviesa la línea Santa Rosa- Pomasqui son los siguientes:

Zona norte: Quebradas Cruzhuayco, y Puruhuicu y el río Monjas.

Zona Centro: Río Cinto, seis quebradas de tercer orden Sin Nombre, quebradas Arco Cucho, Arrayán Loma, Singuno, Cuchohacienda.

Zona sur: Quebradas Sagunchi, Jatucungo, De Monjas, San José, Rundobalín, Ayaloma, Arrayán y Santa Rosa.

En la zona norte la línea atraviesa el río Monjas, en el cual las aguas son de mala calidad al recibir los vertidos líquidos de las actividades que se desarrollan en la población de Pomasqui y sus alrededores.

En la zona central de la línea se atraviesa las quebradas Rumicucho, Verde Cocha, Singuna, Rumipamba entre otras, la calidad de agua es buena, en cuanto a que las estructuras atraviesan en alturas superiores a los 3000 msnm, en donde no existe casi ninguna actividad antrópica que contamine estos cursos de agua.

La calidad del agua de las quebradas Sanguanchi, San José, son de calidad baja debido a la presencia de basura y de sólidos en suspensión, producto de actividades antrópicas que se desarrollan en las microcuencas aportantes.

#### **3.2.1.6 Afectación a la cobertura vegetal**

Cabe recalcar que las áreas por donde se desarrolla la línea de transmisión Santa Rosa-Pomasqui han sido sometidas a cultivos intensivos y creación de áreas urbanas, por lo que la vegetación característica de la zona ha desaparecido, a excepción de la vegetación de páramo y los matorrales que están en las pendientes inaccesibles de las quebradas.

Según Mejía, 2001 dentro de los 46 km aproximadamente que tiene la línea, existen 5 tipos de cobertura vegetal que son afectados dentro de estos son:

- Bosques de pino y eucalipto sus afectaciones son bajas ya que es un monocultivo que no permiten el desarrollo de flora y fauna.
- Pastos plantados y pastos naturales con afectaciones relativamente bajas por su capacidad rápida de recuperación no se verán mayormente afectados por el transporte de los cables de las líneas de transmisión.
- Cultivos de ciclos cortos como son papas, maíz, cebolla, habas y hortalizas con afectación baja ya que si estos se encuentran en época de madures se podrá realiza la cosecha antes de la construcción.
- Matorral de quebradas, esta se encuentran en todas las quebradas nombradas anterior mente en este estudio, la cual sirve para la

protección de los cuerpos de agua tanto en su cantidad como en su calidad, la alteración en este tipo de vegetación altera el equilibrio ecológico desapareciendo el los hábitats naturales alterándose las especies de flora y fauna.

- Páramo de pajonal en la línea tiene una extensión de 3.150 m siendo este un ecosistema importante por ser frágil y de difícil capacidad de recuperación.

### **3.2.1.7 Alteración y/o disminución de fauna silvestre**

Este impacto se produce en la zona de páramo con cobertura vegetal natural, y en la vegetación de matorral de quebradas, debido a que los animales como conejos, venados, ratones, golondrinas, colibrí decola corta, entre otros son ahuyentados por las actividades de la construcción de la línea teniendo en cuenta que los trabajadores pueden ser una amenaza, ya que al momento de la construcción de la línea realicen cacería furtiva, pues en estas áreas la caza es prohibida (Mejía, 2001).

### **3.2.1.8 Afectación al patrimonio cultural**

Las obras civiles y las excavaciones pueden causar una afectación del Patrimonio Cultural con la destrucción y/o alteración de yacimientos arqueológicos prehispánicos o coloniales, donde cabe indicar que en todo el trazado de la línea se encontró evidencias de restos arqueológicos en un solo punto únicamente (Mejía, 2001).

### **3.2.1.9 Generación de empleo**

Uno de los aspectos importantes que genera el proyecto, mediante el cual es necesariamente la contracción de mano de obra no calificada de la zona, con lo cual cumple con las expectativas de la población del área. A través de

este mecanismo, aunque temporalmente, se incrementan los ingresos de varias familias y por lo tanto mejora la calidad de vida de sus miembros; este impacto se presenta por el uso, adecuación y/o construcción de accesos, excavación y obras civiles y despeje de la franja de servidumbre (Mejía, 2001).

#### **3.2.1.10 Afectación a la comunidad**

Según Mejía, 2001 La construcción de la línea de transmisión Santa Rosa-Pomasqui ocasiona interrupciones temporales de actividades en las zonas pobladas y a las actividades de desarrollo productivo de las áreas rurales, causando malestar a la población.

### **3.2.2 IMPACTOS AMBIENTALES SOBRE LA ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO**

#### **3.2.2.1 Presencia de campos magnéticos**

En el ámbito de la salud de han realizado diversas investigaciones biomédicas han señalado efectos en la sobre la glándula pineal, el transporte de iones intercelular, la melatonina, la barrera hematoencefálica, sobre el sistema endocrino y la fijación del yodo, alteraciones de los ritmos circadianos de sueño y vigilia, por campos eléctricos a baja frecuencia etc. (Belmonte, 2005)

Teniendo con un máximo medido bajo la línea de 3789 V/m estando dentro de la norma de campos eléctricos y un máximo medido de 2.2  $\mu$ teslas estando dentro de norma a una distancia de 3m de la línea de transmisión. Ver anexo para valores máximos y mínimos de campos eléctricos y magnéticos (Entrix, 2004).



### **3.2.2.2 Generación de Ruido**

El ruido que es emitido en las líneas de transporte eléctrico causa daño o molestia para las personas cercanas y efectos significativos al medio ambiente (Área de Gobierno de Medio Ambiente, 2008).

El ruido está asociado con la radio interferencia produciendo la interferencia de onda de radio afectando así el funcionamiento de los sistemas de la radio difusión causando así malestar en la sociedad (Tomasi, Sistemas de Comunicaciones Electrónicas, 2013) .

Los efectos causados en la salud por ruido es la pérdida auditiva, pitidos internos que son a causa de la alteración del nervio auditivo, alteración del sueño afectando así la conducta de la persona.

Los efectos que causan al medio ambientales son particularmente en la fauna de la zona donde se encuentre la línea de transmisión ya que los animales reacción ante sonidos desconocidos causando que huyan, se escondan, que reaccionen agresivamente dificultando su apareamiento, búsqueda de alimento teniendo como consecuencia grave de que abandonen su hábitat natural por esta causa (Área de Gobierno de Medio Ambiente, 2008).

Los niveles de ruido presentes en la línea se enmarcan dentro de los valores establecidos por las normas Ecuatorianas, sin embargo su generación es constante y permanente, por lo tanto es de considerar que existe un efecto inoportuno sobre las personas que viven cerca de las líneas de trasmisión eléctrica (Entrix, 2004).

### **3.2.2.3 Efecto corona, interferencia radioelétrica**

El efecto corona se produce por la ionización de las superficies de conductores, accesorios, aisladores de las líneas que se ve incrementada por el nivel de voltaje (230 kV), la calidad del aire y aún la contaminación por la humedad y daños en los materiales de los conductores (sales, tierra, etc.)

. Esta ionización del medio propicia una fuga de corriente de mínima intensidad que ocasiona ruido, interferencia en el espectro radioelétrico generación de ozono, viento iónico, también forma halos de luz alrededor de conductores y aisladores, causando una pérdida de energía en el trayecto de la línea (Mejía, 2001).

### **3.2.2.4 Peligro de electrocución**

Según Mejía, 2001 En los trabajos de mantenimiento en línea de transmisión Santa Rosa- Pomasqui, cuando los trabajadores no respetan las distancias mínimas de proximidad con los conductores, el cual evita el contacto directo por movimientos involuntarios, irreflexivos o de objetos conductores, pueden ocasionar lesiones graves e incluso la muerte por electrocución, o cuando no se cumple las normas de seguridad industrial y procedimientos de trabajo.

### **3.2.2.5 Contaminación Visual**

La línea de transmisión Santa Rosa- Pomasqui tiene una afectación visual al paisaje natural ya que son extraños al ambiente de la región siendo el 76% de las estructuras visibles y el 24% no son visibles. (Mejía, 2001)

La contaminación visual causan alteración del paisaje, afectación a la salud psicológica y también causa cambios en los hábitos de los animales en los cuales llegan a emigrar a otros lugares (Mendez, 2012).

### **3.3 ALCANCE**

El presente estudio se realizó en las cercanías de la ciudad de Quito (Santa Rosa- Pomasqui ) en las zonas pobladas de la parroquia Cutuglahua, Parroquia Lloa y la Parroquia Pomasqui se ha tomado en cuenta los puntos de muestreo en el sistema nacional de transmisión del Ecuador, el cual pretende formular una guía metodológica para poder medir radio interferencia en las líneas de alta tensión a nivel nacional, que cuente con máximos y mínimos permisibles , mecanismos adecuados de medición la cual ayude a obtener con mayor exactitud las medidas de radio interferencia, lo que permitirá verificar los efectos que pueda causar en el espectro radioeléctrico, impactos en la sociedad como es la afectación en la salud, cultivos y artefactos electrónicos. Con este estudio se pretende controlar la radio interferencia en el sistema nacional de transmisión ya que el país no cuenta con un control adecuado.

### **3.4 MATERIALES**

- Libreta de campo
- Hojas de papel bond
- Fichas de campo
- Esferos
- Cintas adhesivas
- CD
- Base de datos

### **3.5 HERRAMIENTAS**

- Computadora
- Internet
- Cámara digital

- Medidor de RNI Spectran NF-5035
- Software Aaronia Lcs Analyzer
- GPS

### **3.6 MÉTODOS PARA EL CÁLCULO DE RADIO INTERFERENCIA (RI)**

#### **3.6.1 MÉTODO SIMPLIFICADO DE CIGRE \**

CIGRE (Conferencia Internacional de Grandes Redes Eléctricas) y la IEEE (Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica) desarrollan una fórmula empírica relacionando las líneas más importantes y las condiciones atmosféricas (Osorio N. M., 2007).

$$Ri(dB) = 3.5g_m + 12R - 33\text{Log}_{10} (D_i/20) - 30 \quad (1)$$

Donde:

$R$  : radio equivalente del conductor  $i$  a igual tensión, en cm.

$G_m$  : gradiente superficial máximo del conductor  $i$ , en KV/cm.

$D_i$  : distancia desde el conductor  $i$  al punto de medida de RI, en m.

#### **3.6.2 PROCEDIMIENTO PARA RADIO EQUIVALENTE**

En el caso de esta línea de transmisión Santa Rosa – Pomasqui tiene 3 fases con un solo conductor el cual equivale el radio del mismo.

#### **3.6.3 PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN DE CAMPO ELÉCTRICO**

El GPS será utilizado para la obtención de las coordenadas de los puntos muestreados.

El procedimiento para la medición, se realizara referente al registro oficial N° 41, del Ministerio del Ambiente del Ecuador, relacionado con la norma de Radiaciones No Ionizantes de Campos Electromagnéticos del libro VI anexo 10.

Para la medición se consideró aquellos sitios donde las estructuras y la ruta de la línea de transmisión se encuentren cercanas a casas o zonas pobladas. La toma de medidas bajo la línea de transmisión fue medida a una altura de un 1 metro sobre el nivel del suelo. Teniendo en cuenta que si se considerara otras alturas tendrán que ser indicadas. Se puede medir en 1 eje o 3 ejes dependiendo del equipo con que se esté trabajando, en este caso el medidor de radiaciones no ionizantes Spectran NF-5035 tiene la posibilidad de medir ambos.

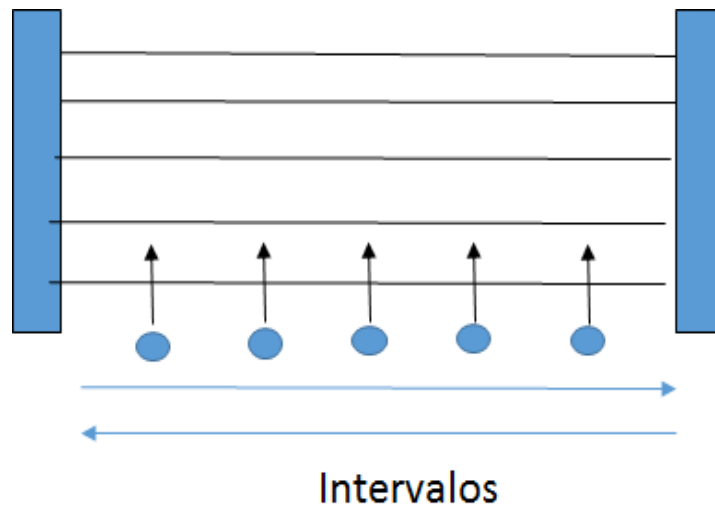
El operador no deberá estar muy cerca de la sonda para así medir los campos no perturbados con mejores resultados teniendo en cuenta que la distancia entre la sonda y los objetos magnéticos permanentes deberá ser por lo menos un metro. Para obtener buenas mediciones se deben medir las líneas de muestreo en perfil lateral y longitudinal

#### **3.6.3.1 Perfil Lateral**

El perfil lateral en la intensidad de campo eléctrico deberá ser realizado en un punto de interés a lo largo de un tramo de la línea de transmisión, el cual tendrá que medirse en intervalos seleccionados en una dirección perpendicular a la línea, a un metro sobre el nivel del suelo.

Se debe empezar a medir desde el centro de la línea en el área de interés y se tomara en cuenta a una distancia lateral de por lo menos 30 metros. Realizando por lo menos 5 mediciones espaciadas debajo de los conductores.

La hora de la medición debe ser registrada periódicamente para así facilitar y poder realizar una revisión posterior de los datos recolectados en sitio de muestreo con los registros de voltajes de línea y datos de carga de las subestaciones (Ministerio del Ambiente, 2007).

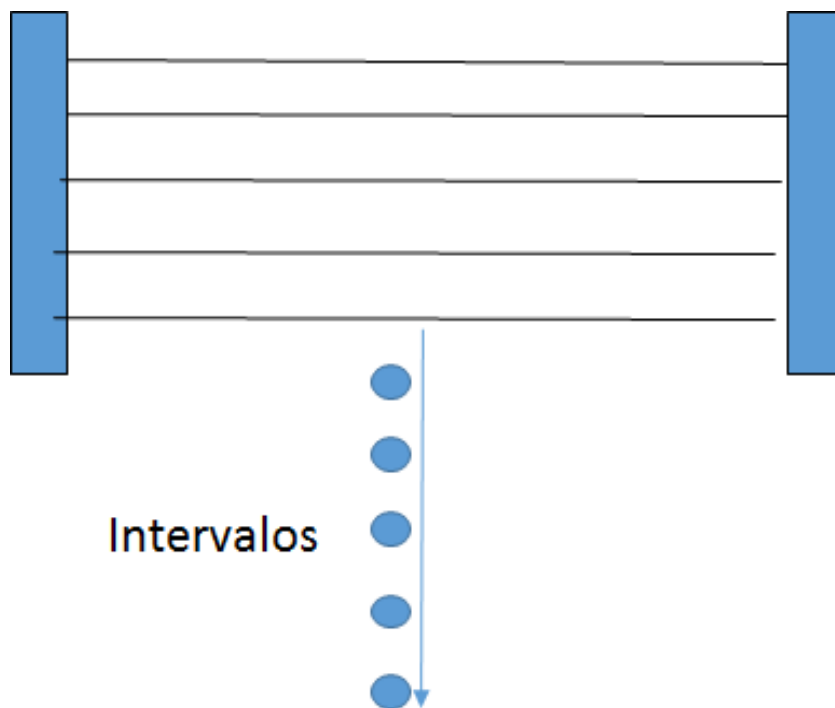


**Figura 13.** Perfil lateral vista superior del vano

### 3.6.3.2 Perfil Longitudinal

Según el ministerio del ambiente, 2007 en su registro oficial No 41 el perfil longitudinal de la intensidad de campo eléctrico se debe considerar el punto de inicio a medir donde se obtuvo la máxima lectura durante la medición a realizarse en la mitad del tramo de línea de transmisión o en otros puntos de interés determinados previamente en el perfil lateral. Las mediciones se deben realizar en paralelo con la línea de transmisión y a un 1 metro sobre el nivel del suelo.

Se debe realizar al menos en 5 incrementos consecutivos separados de igual manera hasta llegar al borde la franja de servidumbre, desde un punto en la mitad del tramo donde se obtuvo la mayor intensidad e campo eléctrico de la línea de transmisión, avanzando para ambas direcciones, para una distancia total equivalente a un tramo de la línea.



**Figura 14.** Perfil Longitudinal vista superior del vano

### **3.7 EQUIPOS PARA EL MUESTREO**

Se realizaron determinaciones de intensidad de campo eléctrico utilizando un Equipo Spectran NF-5035 que fue facilitado por la empresa CELEC-EP TRANSELECTRIC, que cumple con las características requeridas, el cual puede medir campos eléctricos, campos magnéticos, campos magnéticos estáticos y ruido, las cuales son necesarias para la determinación de radio interferencia. Sus características se presentan en el anexo # IV

### **3.8 PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS DE RESULTADOS**

Se utilizó el software Aaronia Lcs Analyzer que fue facilitado por la empresa CELEC-EP TRANSELECTRIC, el cual permite observar los datos y gráficas

obtenidas por el equipo Spectran NF-5035 en los cuales se obtienen los puntos altos y bajos de los lugares muestreados.

### **3.9 COMPARACIÓN DE LOS DATOS**

Se realiza un análisis de los datos en el programa de Microsoft office Excel, mediante el método estadístico del cálculo de la mediana con los datos obtenidos.

### **3.10 DISEÑO DE LA GUÍA DE MEDICIÓN DE RADIO INTERFERENCIA**

Con todos los datos obtenidos se diseñará la guía de medición de radio interferencia para líneas de alta tensión.



## **4 ANÁLISIS Y RESULTADOS**

## 4 ANÁLISIS Y RESULTADOS

### 4.1 CAMPOS ELÉCTRICOS A 0.50 KHZ

Los siguientes valores fueron tomados a dos metros sobre el nivel del suelo a una frecuencia de 0.50 KHz, Tomando el punto de mediciones comenzando del punto más bajo vano (punto medio del vano), a intervalos de cinco metros lateralmente de la línea de alta tensión. Los datos de estas mediciones se encuentran indicados desde la tabla 4 a la tabla 15

**Tabla 4.** Mediciones de campo eléctrico bajo el vano en el Sector de la parroquia Cutuglahua

Número de medición	Valor (V/m)
1	881.20
2	832.79
3	823.19
4	835.11
5	833.43
6	845.43
7	842.53
8	842.18
9	840.41
<b>Promedio</b>	<b>841.81</b>

**Tabla 5.** Mediciones de campo eléctrico a 5 m del vano en el Sector de la parroquia Cutuglahua.

<b>Número de medición</b>	<b>Valor (V/m)</b>
1	741,10
2	775,20
3	776,94
4	771,74
5	777,91
6	770,05
7	773,79
8	775,90
9	777,14
<b>Promedio</b>	<b>771,091</b>

**Tabla 6.** Mediciones de campo eléctrico a 10 m del vano en el Sector de la parroquia Cutuglahua.

<b>Número de medición</b>	<b>Valor (V/m)</b>
1	641,11
2	667,08
3	656,42
4	660,58
5	656,88
6	652,83
7	653,21
8	653,21
9	651,58
<b>Promedio</b>	<b>654,773</b>

**Tabla 7.** Mediciones de campo eléctrico a 15 m del vano en el Sector de la parroquia Cutuglahua.

Número de medición	Valor (V/m)
1	466,19
2	459,16
3	466,19
4	466,42
5	465,09
6	463,88
7	460,27
8	463,56
9	467,89
<b>Promedio</b>	<b>464,29</b>

**Tabla 8.** Mediciones de campo eléctrico bajo el vano en el sector de la parroquia de Lloa

Número de medición	Valor (V/m)
1	185,31
2	203,82
3	204,86
4	203,62
5	204,54
6	203,66
7	203,84
8	203,25
9	204,26
<b>Promedio</b>	<b>202,56</b>

**Tabla 9.** Mediciones de campo eléctrico a 5 m del vano en el sector de la parroquia de Lloa

<b>Número de medición</b>	<b>Valor (V/m)</b>
1	130,00
2	188,86
3	190,87
4	191,43
5	189,71
6	190,27
7	185,62
8	192,99
9	190,20
<b>Promedio</b>	<b>188,40</b>

**Tabla 10.** Mediciones de campo eléctrico a 10 m del vano en el sector de la parroquia de Lloa

<b>Número de medición</b>	<b>Valor (V/m)</b>
1	53,94
2	120,47
3	119,99
4	120,98
5	121,38
6	121,51
7	121,28
8	121,15
9	120,59
<b>Promedio</b>	<b>119,58</b>

**Tabla 11.** Mediciones de campo eléctrico a 15 m del vano en el sector de la parroquia de Lloa

Número de medición	Valor (V/m)
1	73,58
2	72,06
3	76,89
4	78,43
5	77,43
6	76,04
7	75,49
8	76,44
9	75,94
<b>Promedio</b>	<b>75,08</b>

**Tabla 12.** Mediciones de campo eléctrico bajo el vano en el sector de la parroquia de Pomasqui

Número de medición	Valor
1	519,08
2	517,35
3	570,28
4	539,93
5	597,20
6	351,58
7	583,54
8	465,48
9	465,25
<b>Promedio</b>	<b>473,97</b>

**Tabla 13.** Mediciones de campo eléctrico a 5 m del vano en el sector de la parroquia de Pomasqui

Número de medición	Valor (V/m)
1	413,47
2	435,78
3	436,79
4	438,77
5	439,52
6	435,22
7	436,95
8	443,77
9	443,92
<b>Promedio</b>	<b>412,64</b>

**Tabla 14.** Mediciones de campo eléctrico a 10 m del vano en el sector de la parroquia de Pomasqui

Número de medición	Valor (V/m)
1	379,70
2	382,75
3	366,64
4	378,80
5	375,93
6	375,94
7	362,89
8	372,01
9	375,34
<b>Promedio</b>	<b>378,71</b>

**Tabla 15.** Mediciones de campo eléctrico 15 m del vano en el sector de la parroquia de Pomasqui

Número de medición	Valor (V/m)
1	313,94
2	311,18
3	333,37
4	335,13
5	313,89
6	313,88
7	314,53
8	314,53
9	317,84
<b>Promedio</b>	<b>315,13</b>

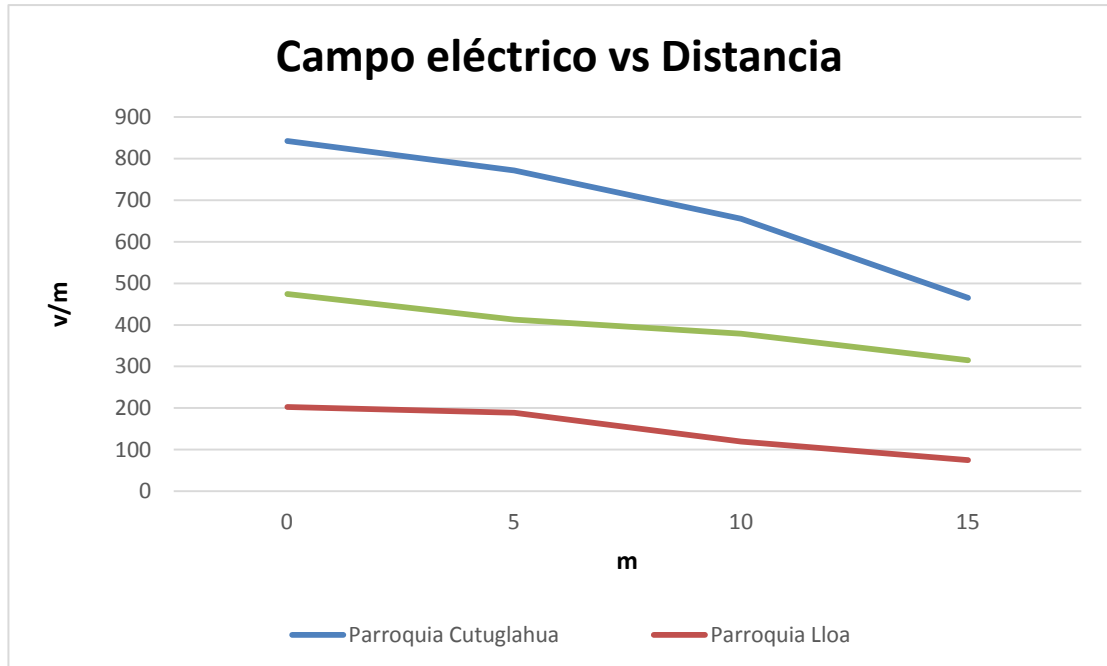
La tabla 16 muestra el promedio de campo eléctrico de cada uno de los sectores muestreados a diferentes distancias en el vano

**Tabla 16.** Valores promedios de campo eléctrico de cada sector a diferente distancia

Sector	Bajo la línea	5 m	10 m	15 m
<b>Parroquia Cutuglahua (V/m)</b>	841,81	771,09	654,77	464,29
<b>Parroquia Lloa (V/m)</b>	202,56	188,40	119,58	75,08
<b>Parroquia Pomasqui (V/m)</b>	473,97	412,64	378,71	315,13



A continuación se presenta un gráfico de campo eléctrico



**Figura 15.** Medición de campo eléctrico a 0.50 KHz

La figura 15 muestra que existe mayor valor de campo eléctrico en el sector de Cutuglahua y un menor valor en la parroquia de Lloa.

Se observa un decrecimiento de campo eléctrico, entre más se aleja de la línea se encuentra menor campo eléctrico.

En el sector de Cutuglahua fue donde se encontró mayor campo eléctrico, por cual motivo es el lugar donde se realizó las mediciones de campo eléctrico a 1MHz teniendo los siguientes valores.

Se realizaron mediciones de campo eléctrico en el sector de Cutuglahua a una frecuencia de 1 MHz a una distancia de 15 m obteniendo valores muy bajos como se muestra en la siguiente tabla

## 4.2 CAMPOS ELÉCTRICOS A 1MHZ

**Tabla 17.** Mediciones de campo eléctrico a 15 m del vano en el sector de la parroquia de Cutuglahua

<b>Número de medición</b>	<b>Valor (V/m)</b>
1	0.0006345
2	0.0006485
3	0.0006435
4	0.0006148
5	0.0006142
6	0.0007048
7	0.0006652
8	0.0006345
9	0.0006452
<b>Promedio</b>	<b>0.0006450</b>

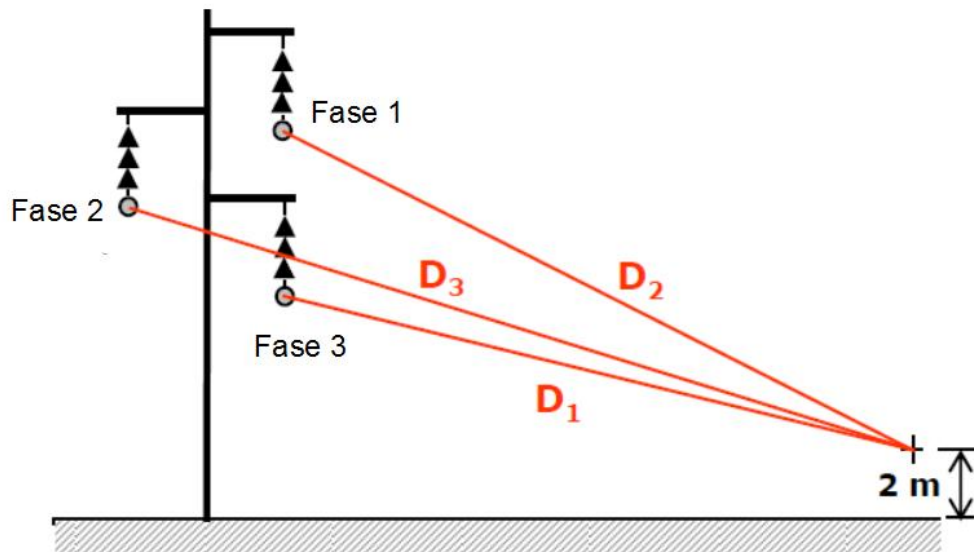
En la tabla 17 se muestran valores muy bajos de campo eléctrico, lo cual a esa frecuencia podemos decir que existe radio interferencia en ese lugar. Las mediciones de campo eléctrico en el sector de Lloa y Pomasqui no tuvieron ningún valor ya que no existe suficiente campo eléctrico para que llegue a la frecuencia de 1 MHz. Por lo cual se puede descartar la existencia de radio interferencia en esos lugares.

### 4.3 RADIO INTERFERENCIA POR FASES

**Tabla 18.** Resultados de Radio Interferencia en la línea de Santa Rosa – Pomasqui

	Fase 1	Fase2	Fase 3
RI Fase dB/1 $\mu$ V/m	15.15	24.88	29.17

A continuación se muestra un gráfico de las fases de una línea de transmisión



**Figura 16.** Fases de una línea de alta tensión.

(Turabay & Lorenzo, 2011)

Se encuentra menor valor de radio interferencia en la fase 1 y mayor valor en la fase 3, esto se debe a que la fase 3 se encuentra más cerca del suelo y del punto de medición generando mayor radio interferencia.

Entre más lejos se encuentren las fases del suelo y del punto de medición se va a encontrar menor radio interferencia.

## 4.4 RADIO INTERFERENCIA

Los resultados obtenidos en el cálculo de radio interferencia total muestra que en tiempo seco a 15 m de la línea es de 28.52 dB/1 $\mu$ V/m y para tiempo lluvioso de 45.52 dB/1 $\mu$ V/m como se muestra en la tabla 19.

**Tabla 19.** Análisis de resultados con la norma de radio interferencia

	Valor medido	Niveles de referencia de máximos y mínimos de RI
RI seco (dB/1 $\mu$ V/m)	28.52	Cumple
RI lluvioso (dB/1 $\mu$ V/m)	45.52	Cumple

## 4.5 GUIA METODOLÓGICA DE MEDICIÓN DE RADIO INTERFERENCIA PARA LÍNEAS DE TRANSMISIÓN DE ALTA TENSIÓN

### 4.5.1 INTRODUCCIÓN

Este instrumento está adecuado para empresas encargadas de la transmisión de energía eléctrica en todo el territorio nacional, está basado en diferentes estudios en ciertos tipos de configuraciones de líneas de extra alta tensión, CIGRE (Conferencia Internacional de Grandes Redes Eléctricas) y la IEEE (Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica) desarrollaron una fórmula experimental en la cual relacionaron las líneas más importantes y en condiciones atmosféricas, este protocolo se lo diseño con ciertos extractos como la norma IEEE 644 Standard Procedures for Measurement of Power Frequency Electric and Magnetic Fields From AC Power Lines -1994 (Procedimientos Estándar para Medición de Campos Eléctricos y Magnéticos

desde Líneas de Transmisión de Corriente Alterna), impulsado por el Instituto Americano para Normas Nacionales y por el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos de EE.UU.

#### **4.5.2 OBJETIVO**

El presente protocolo tiene como objetivo principal proteger la calidad de los recursos naturales, salvaguardar la salud e integridad de las personas así como resguardar el equilibrio de los ecosistemas implicados en las actividades de transmisión eléctrica. Estableciendo los criterios técnicos ambientales para prevenir y controlar las emisiones no ionizantes las cuales causan radio interferencia.

#### **4.5.3 PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO DE RADIO INTERFERENCIA (RI)**

Para el procedimiento del cálculo para la obtención de la radio interferencia se debe tener en consideración de ciertos procedimientos y cálculos de los cuales se detallaran a continuación.

Es recomendable que los puntos de muestreo donde se realicen las mediciones sean cercanos a zonas pobladas.

##### **4.5.3.1 Procedimiento para la medición de campo eléctrico**

Para la medición del campo eléctrico se debe medir a una frecuencia de 0,5 MHz (CISPR) ó 1 MHz (ANSI) a una altura de 2 metros sobre el nivel del suelo.

La distancia recomendada entre el medidor de intensidad de campo eléctrico y el operador deberá ser de por lo menos 2,5 metros. Esta distancia reducirá los efectos de proximidad denominada sombra del campo eléctrico.

#### **4.5.3.2 Perfil Lateral**

Se debe realizar por lo menos cinco mediciones espaciadas debajo de los conductores del vano para verificar que el centro del vano de la línea, en el punto más bajo de los cable se encuentra mayor intensidad de campo eléctrico ya que a partir de ese punto se realizara las mediciones transversal o longitudinal.

#### **4.5.3.3 Perfil Transversal o longitudinal**

Las mediciones del perfil transversal o longitudinal deberán empezar desde el centro del vano en donde se encuentra la mayor intensidad de campo eléctrico de la línea o en el área de interés y deberán realizarse a una distancia lateral de por lo menos del trayecto de la línea hasta llegar al borde de la franja de servidumbre que no excedan los 200 metros de la ubicación del último conductor.

La hora de la medición deberá registrarse para facilitar una revisión posterior de los datos recolectados en sitio con los registros de voltajes de línea y datos de carga de las subestaciones como ciertos parámetros ambientales.

#### **4.5.3.4 Método Simplificado de CIGRE**

Según Osorio, 2006 se utiliza las siguientes fórmulas para calcular la radio interferencia, CIGRE (Conferencia Internacional de Grandes Redes Eléctricas) y la IEEE (Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica) desarrollaron la siguiente fórmula para encontrar radio interferencia:

$$RI_i(\text{dB}) = 3.5g_m + 12R - 33\text{Log}_{10}(D_i/20) - 30 \quad [1]$$

Donde:

RI : Radio interferencia

R : radio equivalente del conductor i a igual tensión, en cm.

G<sub>m</sub> : gradiente superficial máximo del conductor i, en KV/cm.

D<sub>i</sub> : distancia desde el conductor i al punto de medida de RI, en m.

Esta fórmula está sujeta a las siguientes restricciones y condiciones de cálculo:

- 1) La frecuencia de medición es de 0.5 MHz o 1MHz
- 2) Líneas de  $220 \leq U_n \leq 765$  kV
- 3) Radios de conductores  $1 \leq r \leq 2.5$  cm
- 4) Número de subconductores por cada fase  $1 \leq n \leq 4$
- 5) Cuando se requiera cálculo en mal tiempo sumar al resultado 17 dB.
- 6) Se debe sumar al resultado, en dB, para hacer correcciones al cálculo, a los siguientes términos:

Se utilizará la siguiente fórmula para corrección en la frecuencia  $RI_f$ , en dB, debido a diferencias en la frecuencia de medida  $f$ , en MHz.

$$RI_f = 20 \text{Log}_{10} \left[ \frac{1+0.5^2}{1+f^2} \right] \quad [2]$$

La siguiente fórmula se utilizara para corrección en la distancia  $RI_D$ , se corrige cuando se da diferencias con la distancia entre la antena y el conductor central de la línea del cálculo inicial con el estudiado:

$$RI_D = 20k \text{Log}_{10} \left[ \frac{D_0}{D} \right] \text{ Siendo } k \approx 1.65 \quad [3]$$

La siguiente fórmula se utilizara para corrección de la altitud  $RI_h$ , cuando se tiene diferencias con la altura de la línea estudiada con la utilizada en el cálculo inicial.

$$RI_h = \frac{h}{300} \quad [4]$$

Cuando existan diferentes fuentes en fase como por ejemplo, líneas de transmisión que tengan doble circuito, se realiza transformando la magnitud del campo perturbador de la composición de campos de la misma fase debido a cada fuente de dB a  $\mu\text{V/m}$ .

$$E_i = 10^{\frac{RI_i}{20}} \quad [5]$$

Donde  $E_i$  se encuentra en  $\mu\text{V/m}$  y  $RI_i$  en dB.

Superponiendo los campos debido a distintas fuentes en fase. Se utilizara la siguiente formula

$$E = \left\{ \sum_i E_i^2 \right\}^{1/2} \quad [6]$$

El resultado se transformara reiteradamente a dB

$$RI = 20 \text{ Log}_{10} E \quad [7]$$



#### 4.5.4 MÉTODOS PARA EL CÁLCULO DE RADIO EQUIVALENTE

Según Terrassa, 2002 se utilizará las siguientes fórmulas para calcular el radio equivalente.

Para el cálculo de radio equivalente depende del número de conductores que posea la línea de transmisión por fase en paralelo, la cual va a estar dado por las siguientes formulas:

$$R_{eq} = R * \sqrt[n]{\frac{n*r}{R}} = \sqrt[n]{n * r * R^{n-1}} \quad [8]$$

Donde:

n= número de conductores por fase.

R= radio del conductor adoptado en mm.

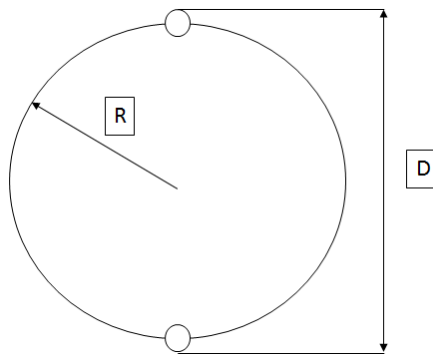
R= radio de la circunferencia que pasa por el centro de los conductores.

##### 4.5.4.1 Radio equivalente en fases simples

Como solo posee un conductor el radio equivalente será el radio del mismo.

##### 4.5.4.2 Radio equivalente en fases dobles

En estas disposiciones se colocaran dos conductores en paralelo por cada fase. D es el diámetro de la circunferencia que uniría a los dos conductores, como se muestra en la figura 17.



**Figura 17.** Radio equivalente en fase doble

La fórmula del radio para esta configuración es:

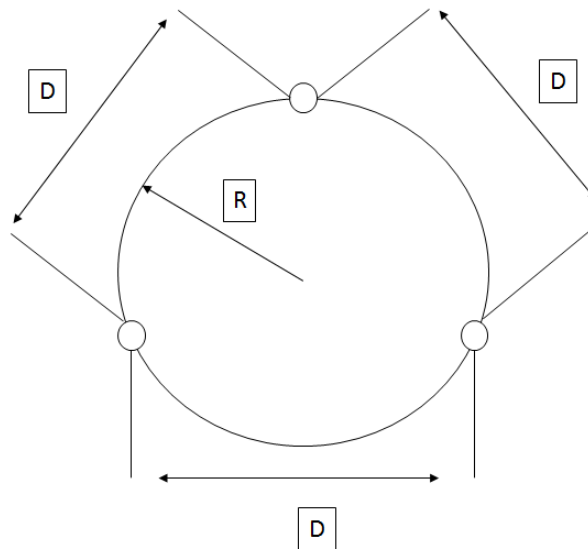
$$R = \frac{D}{2} \quad [9]$$

Aplicando la anterior fórmula en la ecuación general quedaría de la siguiente manera:

$$R_{eq} = \sqrt{r * D} \quad [10]$$

#### 4.5.4.3 Radio equivalente en fases triples

En estas disposiciones se colocaran tres conductores en paralelo por cada fase como se muestra en la figura 18.



**Figura 18.** Radio equivalente en fases triples

La fórmula del radio para esta configuración es:

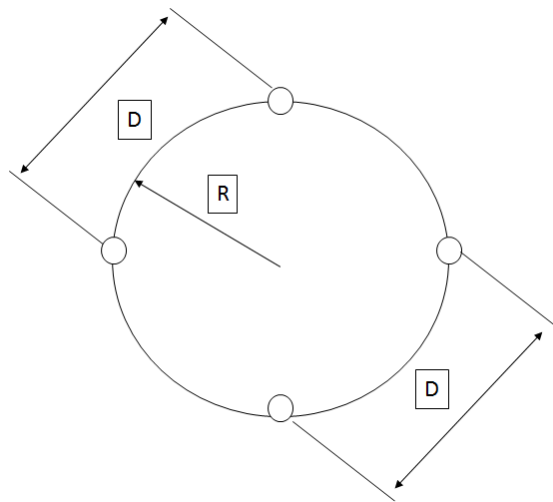
$$R = \frac{D}{\sqrt{3}} \quad [11]$$

Aplicando la anterior fórmula en la ecuación general quedaría de la siguiente manera:

$$R_{eq} = \sqrt[3]{r * D^2} \quad [12]$$

#### 4.5.4.4 Radio equivalente en fases cuádruples

En estas disposiciones se colocaran cuatro conductores en paralelo por cada fase como se muestra en la figura 19.



**Figura 19.** Radio equivalente en fases cuádruples

La fórmula del radio para esta configuración es:

$$R = \frac{D}{\sqrt{2}} \quad [13]$$

Aplicando la anterior fórmula en la ecuación general quedaría de la siguiente manera:

$$R_{eq} = \sqrt[4]{\sqrt{2} * r * D^3} \quad [14]$$

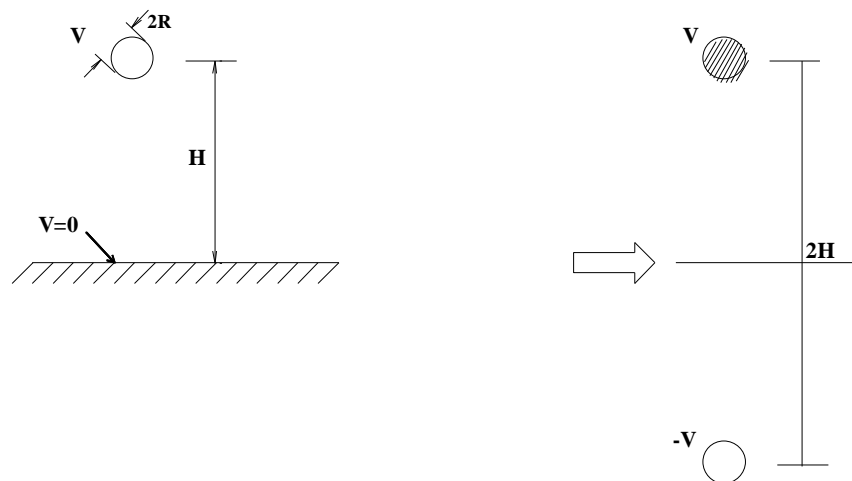
#### 4.5.5 MÉTODOS PARA EL CÁLCULO DEL GRADIENTE SUPERFICIAL DE UN CONDUCTOR

Según Mena, 2008 para el cálculo del gradiente superficial se utilizara los siguientes métodos.

Existen dos métodos para calcular el gradiente superficial, el método de coeficientes de potencial sirve para un solo conductor por fase y el segundo método de Markt y Mengele sirve para varios conductores por fase

##### 4.5.5.1 Método de Coeficientes de Potencial

Las cargas de un conjunto de conductores El método de coeficientes de potencial ayuda a encontrar, utilizando la aplicación de la teoría de imágenes.



**Figura 20.** Simulación del plano a tierra con su imagen  
(Mena, 2008)

Las líneas de cargas representan la distribución de las cargas de un conductor y de su imagen obteniendo el gradiente superficial del conductor, dado por la expresión:

$$E = \frac{V}{R \ln \frac{2H}{R}} \quad [15]$$

Donde:

V : potencial del conductor.

R : radio del conductor.

H : altura media del conductor.

Sobre magnitud de carga, el potencial puede expresarse como:

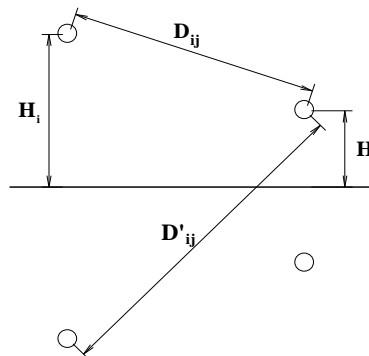
$$V = \frac{q}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{2H}{R} \quad [16]$$

En multiconductores simples se puede determinar el campo eléctrico, donde la altura de los conductores como la separación entre ellos es muy grandes en comparación con el radio del mismo. Se definen los coeficientes de potencial propio del conductor "i" ( $p_{ii}$ ) y mutuo entre conductores "i" y "j" ( $p_{ij}$ ) como:

$$p_{ii} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{2H_i}{R_i}$$

$$p_{ij} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{D'_{ij}}{D_{ij}} = p_{ji}$$

Donde las distancias geométricas  $D_{ij}$  y  $D'_{ij}$  quedan determinadas en la figura 21



**Figura 21.** Distancias geométricas entre múltiples conductores  
(Mena, 2008)

El potencial total debido a los N conductores simples es:

$$V_i = p_{i1} q_1 + \dots + p_{ij} q_j + \dots + p_{iN} q_N \quad i=1,2,\dots,N$$

(17)

Este conjunto de ecuaciones puede expresarse como:

$$V = [P] Q$$

(18)

Con lo que se llega a la siguiente ecuación:

$$Q = [P]^{-1} V = [C] V \quad [19]$$

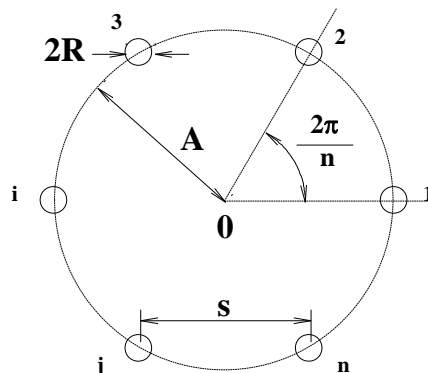
Obteniendo lo largo de cada conductor simple el gradiente superficial promedio a:

$$E_{mi} = q_i / (2\pi\epsilon_0 R_i) \quad [20]$$

#### 4.5.5.2 Método de Markt y Mengele

Esta aplicación se divide en tres etapas para el cálculo de gradiente superficial, solo es adaptable a líneas con conductores en haz por fase.

**Etapas 1:** Conductor único equivalente de igual capacitancia es reemplazado por haz de conductores, esto quiere decir, para un haz de “n” subconductores, distribuidos regularmente en un círculo de centro 0 y radio A, como lo muestra la figura 22:



**Figura 22.** Distribución geométrica de conductor en Haz  
(Mena, 2008)

Donde:

n : número de subconductores.

R : radio del subconductor.

S : distancia entre subconductores consecutivos.

A : radio del círculo de subconductores

$$A = s / (2 \operatorname{sen} (\pi / n)) \quad [21]$$

El conductor único colocado en el centro del haz en cada fase, deberá tener la misma carga total, al mismo potencial.

$$R_c = (n R A^{n-1})^{1/n} = A (n R / A)^{1/n} \quad [22]$$

Donde:

$R_c$  : Radio de conductor equivalente de igual capacidad.

### **Etapa 2:**

En el conductor ficticio se utilizara el método de coeficientes de potencial para calcular la carga total de cada uno de los conductores.

### **Etapa 3:**

Cuando ya se conoce la magnitud de la carga total del haz por cada fase, se procede a calcular el gradiente superficial promedio:

$$E_m = \frac{Q_t}{2\pi\epsilon_0} \frac{1}{nR} \quad [23]$$

El gradiente superficial promedio se define como el promedio aritmético de los gradientes superficiales medios de subconductores individuales, mientras tanto el gradiente superficial promedio máximo del haz está dado por la expresión:

$$E_M = E_m \left[ 1 + \frac{R}{A} \right] \quad [24]$$

### 4.5.5.3 Corrección para conductor con Hebras

Existe una expresión en función del gradiente superficial promedio, ecuación (24), y del ángulo sobre la periferia del conductor debido a la no uniformidad del gradiente de voltaje es cuando el conductor está hecho con hebras; la expresión está dada por:

$$E(\theta) = E_m \left[ 1 + \frac{r_h}{R} \cos \theta \right] \quad [25]$$

Donde:

$r_h$  : radio de la hebra.

$R$  : radio medio del conductor.

$N_h$  : número de hebras en la periferia.

Dando como resultado el campo superficial máximo:

$$E_{\max} = E_m \left[ 1 + \frac{r_h}{R} \right] \quad [26]$$

### 4.5.6 CRITERIO C.I.S.P.R. PARA SUMA DE NIVELES DE RI DE LÍNEAS DE TRES FASES

Cuando ya se obtenga el cálculo del nivel de Radio Interferencia, a 0.5 MHz o 1 MHz, de cada fase en una distancia dada, se evalúa el nivel RI total de una línea de un circuito como se describe a continuación:

- 1) Se deberá ordenar de mayor a menor los niveles de RI de cada fase, se debe verificar si la diferencia del superior con respecto al más cercano es mayor o igual a 3 dB. De ser así se considera el superior como el representativo de la línea.
- 2) Si en el caso de que no se cumpla el punto uno se promedian los dos



niveles mayores y se le suman 1.5 dB a este resultado, siendo el valor consiguiente el nivel de RI representativo de la línea.

$$RI = \frac{RI_1 + RI_2}{2} + 1.5 [dB] \quad [27]$$

Donde  $RI_1$  y  $RI_2$  los 2 niveles de radio interferencia mayores entre las tres fases

#### 4.5.7 NIVELES DE REFERENCIA PARA LIMITAR LA EXPOSICIÓN LA EXPOSICIÓN A RADIO INTERFERENCIA EN LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 15 M DE DISTANCIA.

Estos niveles para radio interferencia son normas recomendadas canadienses “Valeurs limites et methods de mesure du bruit electromagnetique (0.15 a 30 Mhz) produit par les reseaux de courant alternatif >> Can3-C108.31-M84”

**Tabla 20.** Niveles de referencia para limitar la exposición a radio interferencias en líneas de transmisión a 15 m de distancia

Voltaje Nominal entre fases (kV)	Niveles de Radio interferencia (dB/1μV/m)
Menos de 70	43
70-200	49
200-300	53
400-600	60
Sobre 600	63

(Osorio,2007)

#### 4.5.8 REPORTE DE LAS MEDICIONES

El reporte se recomienda entregar con el siguiente formato (Ver anexo IV) el cual contendrá la siguiente información básica.

- Nombre de la línea
- Voltaje
- Longitud
- Tipo de Configuración
- Numero de Fases
- Número de conductores por fase
- Fecha
- Clima
- Y otros datos a consideración

## **5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1 CONCLUSIONES**

Se desarrolló la guía de medición de radio interferencia con el propósito de reducir impactos en el medio ambiente por efectos del fenómeno corona, esto mediante el uso de modelos y cálculos que describen en la generación de radio interferencia

La guía de medición de radio interferencia del presente proyecto puede ser utilizada para cualquier tipo de configuración en líneas de alta tensión, la cual también nos ayuda como un indicador de la existencia del fenómeno corona dependiendo de los resultados obtenidos.

Los impactos ambientales durante la construcción de la línea Santa Rosa-Pomasqui no causaron alteraciones importantes donde se comprometió la salud y seguridad de la población y trabajadores o poner en riesgos los recursos naturales.

Se pudo concluir que en la fase de operación y mantenimiento la mayor alteración son los riesgos de exposición de los campos magnéticos y el ruido donde se encuentran asentadas varias viviendas, teniendo también un alto impacto visual.

El valor de radio interferencia en el borde de la franja de servidumbre de la línea de transmisión Santa Rosa - Pomasqui en tiempo seco es de 28.52 dB/1 $\mu$ V/m y en tiempo lluvioso es de 45.52 dB/1 $\mu$ V/m, por lo tanto existe mayor radio interferencia en tiempo lluvioso.

Los valores medidos de radio interferencia son inferiores a los límites máximos permisibles (53 dB/1 $\mu$ V/m) establecidos para radio interferencia en una línea de 230 kV según la norma internacional adaptada para el presente

estudio, en el cual se determinó franjas mínimas y máximas permisibles de radio interferencia en las líneas de transmisión eléctrica.

Los resultados obtenidos de la interferencia nos indica que existe efecto corona en el sector de la parroquia de Cutuglahua.

Estas referencias bibliográficas a nivel internacional, no se han encontrado un daño en el espectro radio eléctrico por emisiones de radio interferencia.

Se determinó que el campo eléctrico en altas emisiones producidas por el efecto corona en los conductores es el causante de que exista radio interferencia.

La radio interferencia causa perturbaciones electromagnéticas que son perjudiciales a los sistemas de comunicación y dispositivos electrónicos que se encuentran cerca de las líneas de transmisión el cual va acompañado del ruido el cual causa impactos ambientales y de salud en las poblaciones cercanas a la línea.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

Todas las empresas encargadas en la transmisión de energía eléctrica deberían mantener controles periódicos de radio interferencia en poblaciones cercanas a las mismas para verificar la existencia del efecto corona.

Cuando exista radio interferencia que sobre pase la norma se debe tomar medidas de corrección en una o varias variable para disminuir impactos ambientales.

Es recomendable realizar estudios del efecto corona ya que la matriz energética del Ecuador incluye de manera significativa la generación hidroeléctricas y la transmisión por redes, las cuales van a necesitar líneas

de transmisión de muy alto voltaje lo cual va a representar problemas con el efecto corona.

Se recomienda mantener una vigilancia médica para las personas que utilicen dispositivos metálicos o electrónicos como marca paso, implantes óseos, etc en poblaciones que se encuentren cercanas a líneas de alta tensión debido a los campos eléctricos que estos emiten cuando existe radio interferencia.

Se deberían efectuar estudios más profundos sobre los efectos de la radio interferencia y sus efectos en especies que se logre afectar por formas de comunicación como en el caso de las aves.

Implementar un plan de señalización de prevención e información, sobre los efectos que puede causar las líneas de alta tensión, ubicándolos en lugares visibles, siguiendo la norma INEN 439 (colores, señales y símbolos de seguridad), el cual permita prevenir los peligros hacia las poblaciones.

Se recomienda dar capacitaciones de seguridad y prevención sobre los riesgos que causan las líneas de transmisión en las poblaciones cercanas mediante talleres, afiches, etc.

Restringir las construcciones de viviendas o conjuntos habitacionales a una distancia de 200 metros cerca de las líneas de alta tensión, él cual cuente con apoyo de los municipios para mantener un mayor control, mediante la implementación de una Ordenanza Territorial Municipal.

## BIBLIOGRAFÍA

- Allier, A. (2006). En *Física III*. Mexico.
- Andrade, M., Liptching, A., & Gomez, M. (2005). Deteccion de efecto corona en aislamiento de media y alta tension. Montevideo, Uruguay.
- Arbus. (2009). *Auditoria ambiental Para la Línea de transmision Santa Rosa - Pomasqui a 230kV*. Quito.
- Arcadis. (2013). *Campos electromagnéticos*. Santiago.
- Área de Gobierno de Medio Ambiente. (2008). Recuperado el 23 de 02 de 2014, de [http://www.aprendersinruidomadrid.es/para\\_conocer/efectos-del-ruido.htm](http://www.aprendersinruidomadrid.es/para_conocer/efectos-del-ruido.htm)
- Arias, B. (2008). *Efecto corona en las lineas de transmision de 500 kv*. Quito.
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2013). Ley Orgánica de Comunicación. *Registro Oficial N. 22*. Quito, Ecuador.
- Astudillo, I. F. (2005). *Análisis de protocolos de comunicación para la Automatización*. Quito.
- Bakshi, U., & Bakshi, M. (2008). *Elements of power Systems*. India: Technical Publications Pune.
- Barbero, J. (2005). *El Sonido*. España.
- Bassetto, G. (2007). Recuperado el 04 de 01 de 2014, de <http://www.monografias.com/trabajos55/radiaciones-electromagneticas/radiaciones-electromagneticas2.shtml>
- Belmonte, P. (2005). *Los impactos ambientales de las lineas electricas*. Murcia, España.
- Cañar, S. (2007). *Calculo detallado de perdidas en sistemas electricos de distribucion aplicado al alimentador* " Universidad "perteneiente a la empresa electrica Ambato regional centro S.A. Quito, Ecuador: SPN.

CELEC-EP Transelectric. (2012). *Estudio Ambiental definitivo expost, EIAD expost subestaciones electricas del sistema nacional de transmision que no interseca con el sistema nacional de áreas protegidas, bosques y vegetación protectora y patrimonio forestal del estado.* . Quito.

CELEC-EP Transelectric. (2013). *Estudio Ambiental Definitivo Expost, EIAD Expost Del sistema nacional de Transmision de 16 lineas de transmision.* Quito.

*Ciencia del sofa.* (2013). Obtenido de <http://cienciadesofa.com/category/fisica/page/8>

Comité de Especialistas Latinoamericanos en Campos Electromagnéticos de Alta Frecuencia y Salud Humana. (2010). Obtenido de <http://www.wireless-health.org.br/downloads/LAS2010-EfectosBiologicos-EfectosIndirectos-Esp.pdf>

Echeverria, F., & Preciado, E. (2008). Estudio del mantenimiento centrado en confiabilidad en subestaciones del sistema nacional de transmisión. Quito, Ecuador.

Electro cables. (2012). Guayaquil, Ecuador. Recuperado el 08 de 02 de 2014, de <http://electrocable.com/productos/aluminios/ACAR.html>

Enciclopedia guía del estudiante. (2005). Propiedades, comportamientos, efectos y propagación del sonido. Cultural.

Entrix. (2004). *Auditoria Ambiental Externa - L/T Santa Rosa – Pomasqui.* Quito.

Feldman, R. (2007). Campos Electromagneticos. Recuperado el 04 de 01 de 2014

Franco, A. (2000). *Características de las coordenadas UTM y descripción de este tipo de coordenadas.* Obtenido de [http://www.elgps.com/documentos/utm/coordenadas\\_utm.html](http://www.elgps.com/documentos/utm/coordenadas_utm.html)



- Fundacion Anna Vasquez. (2007). Obtenido de <http://fundacionannavazquez.wordpress.com/2007/07/17/radiaciones-no-ionizantes-%C2%BFson-peligrosas-para-la-salud/>
- Gallipoliti, V. A. (2002). Efectos Ambientales Asociados a Líneas de Transporte Eléctrico. Chaco, Argentina.
- Gas Natural fenosa. (2008). Recuperado el 01 de 04 de 2014, de [http://www.gasnaturalfenosa.com.pa/servlet/ficheros/1297131740016/789%5C202%5CServidumbre\\_Electrica.pdf](http://www.gasnaturalfenosa.com.pa/servlet/ficheros/1297131740016/789%5C202%5CServidumbre_Electrica.pdf)
- Giancoli, D. (2006). *Fisica principios de aplicacion*. Mexico: Pearson education.
- Giordano, J. L. (2009). *La Radio*. Santiago.
- Gonzales, R. L. (2012). Recuperado el 06 de 01 de 2014, de <http://robertoloriaavaluos.com/wp-content/uploads/2012/03/SERVIDUMBRES.pdf>
- Harper, E. (2005). *Fundamentos de instalaciones eléctricas de mediana y alta tensión*. Mexico: Lumusa S A.
- Herrera, E. (2004). *Introduccion a las telecomunicaciones modernas*. Mexico: Limusa.
- Herrera, J. (2009). Recuperado el 01 de 04 de 2013, de <http://es.scribd.com/doc/85280295/Servidumbres-de-lineas>
- Jiménez, O., Cantu, V., & Conde, D. (2007). Recuperado el 03 de 01 de 2014, de <http://www.fime.uanl.mx/~omeza/pro/LTD/LTD.pdf>
- Jordano, J. L. (02 de 07 de 2010). *Profisica*. Recuperado el 04 de 01 de 2014, de <http://www.profisica.cl/comofuncionan/como.php?id=45>
- Leboran, I. C. (2008). *Introduccion a la compatibilidad electromagnetica*.
- Lecumberri, C. L. (2001). *Ondas electromagneticas y salud*. Madrid.
- Luzuriaga, C. (2010). *Políticas de contención en el espectro radioeléctrico en el Ecuador*. Cuenca, Ecuador.

- Mejía, E. N. (2001). Estudio de impacto ambiental del sistema de transmisión eléctrica Santa Rosa - Pomasqui. Quito, Ecuador.
- Mena, B. (2008). Efecto corona en líneas de transmisión de 500 kV. Quito, Ecuador.
- Mendez, C. (2012). Contaminacion visual. *Gestion y Ambiente*, 45-60.
- Menendez, F., Fernandez, F., llaneza, F., Rodriguez, J., Exposito, M., & Ignacio, G. (2008). *Formacion Superior de riesgos laborales*. España: Lex Nova.
- Ministerio del Ambiente. (2007). Normas técnicas ambientales para la prevención y control de la contaminación ambiental para los sectores de infraestructura: eléctrico, telecomunicaciones y transporte (Puerto y Aeropuertos). *Registro oficial del Ecuador Numero 41*. Ecuador.
- Mujal, R. (2002). *Calculo de lineas y redes eléctricas*. Barcelona: Upc.
- Nave, O. (2009). Recuperado el 06 de 01 de 2014, de <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/sound/earsens.html>
- Organizacion mundial de la salud. (2012). Recuperado el 04 de 01 de 2014, de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs371/es/>
- Osorio, N. (2006). Fenomeno Corona. Santiago, Chile.
- Osorio, N. M. (2007). *Estudio de Efectos de Campos Electromagnéticos*. Chile.
- Reveron, I. E. (2006). *Radio propagacion*. Venezuela.
- Rodriguez, J. C. (2003). Recuperado el 04 de 01 de 2014, de <http://www.marcoshurvitz.com.ar/Archivos/Docen/ISFT%20190/Radiaciones%20y%20patologia.pdf>
- Rovira, J. M. (1983). Distancias a líneas eléctricas de BT y AT. Barcelona, España.
- Saiz, D. (2013). *Noticias Juridicas*. Recuperado el 04 de 01 de 2014, de <http://noticias.juridicas.com/articulos/15-Derecho%20Administrativo/200709-25638998711254235235.html>

- Sánchez, M. e. (2006). *El laser en medida potencia y sus aplicaciones en medicina*.
- Sbarato, D., Sbarato, V., & Ortega, J. (2007). *Prediccion y evaluacion de impactos ambientales sobre la atmosfera*. Cordoba: Brujas.
- Soto, L. D. (2006). Recuperado el 03 de 01 de 2014, de [http://bvs.sld.cu/revistas/mil/vol35\\_3\\_06/mil08306.htm](http://bvs.sld.cu/revistas/mil/vol35_3_06/mil08306.htm)
- Stern, D. P. (10 de 11 de 2004). Recuperado el 04 de 01 de 2014, de <http://www-sprof.gsfc.nasa.gov/Education/Memwaves.html>
- Terrambiente. (2009). *Línea de Transmisión Santa Rosa Pomasqui II ampliacion de la subestacion Pomasqui*. Quito.
- Terrassa. (2002). *Calculo de lineas y redes electricas*. España.
- Tomasi, W. (2003). *Sistema de comunicaciones electronicas*. Mexico: Prentice Hall.
- Tomasi, W. (2013). *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas* (Cuarta ed.). Mexico: Prentice Hall.
- Turbay, J., & Lorenzo, G. (2011). *Efecto "Corona"*. Santa Fe.
- Universidad Politécnica Catalunya. (2003). *Principios de comunicaciones mobiles*. Barcelona, España.
- Vega, C. P., Zamanillo, J., & Lopez, A. (2007). *Sistemas de telecomunicacion* (Eujo Artes Graficas ed.). España.
- Zambrano, A. (2011). Recuperado el 06 de 01 de 2014, de <http://www.gerencie.com/que-son-las-servidumbres.html>

**ANEXOS**

# ANEXOS

## ANEXO I. MATRIZ DE EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

Componente	indicadores de cambio	ACTIVIDADES- ETAPAS DEL PROYECTO					
		Construcción				Operación y mantenimiento	
		Preparación del área	Transporte y movilización de equipos	Construcción de infraestructuras	Pruebas a sistemas y equipos	Fallos operativos	Mantenimiento de las instalaciones de distribución
AIRE	Alteración de la calidad del aire	-1	-1	-2			-1
RUIDO	Incremento de los niveles de ruido	-1	-2	-2	-1	-2	-1
AGUA	Alteración de la calidad físico-química del agua	-1	-1	-1			
SUELO	Alteración de la estructura del suelo	-1	-1	-2		-1	-1
FLORA	Alteración de la composición de flora	-1	-2	-2		-1	-1
FAUNA	Alteración de la composición de fauna	-1	-1	-1			-1
SOCIAL	Molestias a la población	-2	-2	3	-1	-2	-1
ECONOMICO	Generación de empleo	1	1	2	1	1	1
	Aumento de la demanda de servicios			2	1	1	1
CULTURAL	Alteración del patrimonio cultural			-2			
<b>Simbología</b>							
<b>Grado de Impacto</b>							
Bajo	1			Impactos positivos	#		
Medio	2			Impactos negativos	(-) #		
Alto	3						

## ANEXO II. CARACTERÍSTICAS DEL CONDUCTOR ACAR 1200

	Unidad	Valor
Calibre	KCM	1200
Sección Transversal	mm <sup>2</sup>	608.04
Numero de alambres de acero galvanizado de alta resistencia	c/u	18/19
Aluminio 1350-H19	mm	4.575
Aleación de Aluminio 6201-T81	mm	4.575
Diámetro exterior del conductor	mm	32.02
Peso unitario del conductor	Kg/m	1.669
Resistencia mínima a la rotula	Kgf	13.696
Resistencia eléctrica máxima cc a 20oC	Ohm/Km	0.05
Coefficiente de dilatación lineal	23x10 <sup>-6</sup>	1/°C

Fuente: Catalogo Electroclables C.A

### ANEXO III. CARACTERÍSTICAS DEL CABLE DE GUARDIA DE ACERO GALVANIZADO

Tipo	Unidad	Valor
Calibre	KCM	3/8"
Sección Transversal	mm <sup>2</sup>	51.14
Numero de alambres de acero galvanizado de alta resistencia	c/u	7
Diámetro nominal	mm	9.52
Peso unitario del conductor	Kg/m	0.497
Resistencia mínima a la rotula	Kgf	4900
Resistencia eléctrica máxima cc a 20oC	Ohm/Km	0.05
Coeficiente de dilatación lineal	1/°C	23x10-6

( Terrambiente, 2009)


## ANEXO IV. CARACTERÍSTICAS EQUIPO DE MEDICIÓN SPECTRAN NF-5035.



Fully Customizable
1024 points BFT(FFT)
Frequency range: 1Hz to 1MHz
Typ. level range E-Field: 0,1V/m to 5kV/m
Typ. level range H-Field: 0,1nTto 100μT
Typ. precision: 3%
Superfast FFT spectrum analysis
High-performance DSP (Digital Signal Processor)
3D magnetic field measurement
Frequency and signal strength display
High-resolution multi-function display
DIN/VDE 0848 Exposure limit calculation
Simultaneous M-Display X, Y, Z axes
True RMS signal strength measurement
Average (AVG) measurement
Internal data logger
Internet Flash Software-Updates
USB 2.0 Interface



# ANEXO V. CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DEL EQUIPO DE MEDICIÓN.



Hardware Option List

---

Device                      Spectran NF-5035                      Serial No. 42804

---

The following options are already installed and ready to use.

Hardware Options:	Includes
001	<input checked="" type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> no
005	<input type="checkbox"/> yes <input checked="" type="checkbox"/> no
006	<input type="checkbox"/> yes <input checked="" type="checkbox"/> no
008	<input type="checkbox"/> yes <input checked="" type="checkbox"/> no
009	<input type="checkbox"/> yes <input checked="" type="checkbox"/> no
010	<input type="checkbox"/> yes <input checked="" type="checkbox"/> no

**Kalibrierschein**  
Calibration Certificate

**Nummer 12-1035**  
Number

<b>Gegenstand</b> <i>Item</i>	SPECTRAN EMV-Messgerät
<b>Hersteller</b> <i>Manufacturer</i>	Aaronia AG
<b>Typ</b> <i>Type</i>	NF-5035
<b>Serien Nr.</b> <i>Serial No.</i>	42804
<b>Auftraggeber</b> <i>Customer</i>	
<b>Bestellung Nr.</b> <i>Order No.</i>	
<b>Ort u. Datum der Kalibrierung</b> <i>Place and date of calibration</i>	Strickscheid, 2012-04-26
<b>Umfang der Kalibrierung</b> <i>Scope of calibration</i>	Standart Calibration
<b>Eingangsprüfung</b> <i>Performance of receipt</i>	
<b>Kalibrierergebnis</b> <i>Result of calibration</i>	Measurement results within specifications
<b>Umfang des Kalibrierscheins</b> <i>Extent of the certificate</i>	6 pages incl. this

Dieser Kalibrierschein dokumentiert, dass der genannte Gegenstand nach festgelegten Vorgaben geprüft und gemessen wurde. Die Messwerte lagen im Regelfall mit einer Wahrscheinlichkeit von annähernd 95% im zugeordneten Werteintervall (Erweiterte Messunsicherheit mit  $k=2$ ). Die Kalibrierung erfolgte mit Messmitteln und Normale, die direkt oder indirekt durch Ableitung mittels anerkannter Kalibriertechniken rückgeführt sind auf Normale der PTB/DKD oder anderer nationaler/internationaler Standards zur Darstellung der physikalischen Einheiten in Übereinstimmung mit dem Internationalen Einheitensystem (SI). Wenn keine Normale existieren, erfolgt die Rückführung auf Bezugnormale der Aaronia-Laboratorien. Dieser Kalibrierschein darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Kalibrierscheine ohne Signifizierung sind ungültig. Für die Einhaltung einer angemessenen Frist zur Wiederholung der Kalibrierung ist der Benutzer verantwortlich. This calibration certificate documents, that the named item is tested and measured against defined specifications. Measurement results are located usually in the corresponding interval with a probability of approx. 95% (coverage factor  $k=2$ ). Calibration is performed with test equipment and standarts directly or indirectly traceable by means of approved calibration techniques to the PTB/DKD or other national / international standarts, which realize the physical units of measurement according to the International System of Units (SI). In all cases where no standarts are available, measurements are referenced to standarts of the Aaaronia laboratories. This certificate may not be reproduced other than in full. Calibration certificates without signature are not valid. The user is obliged to have the object recalibrated at appropriate intervals.

**Ausstellungsdatum**  
*Date of Issue*

2012-04-26

**Laborleitung**  
*Head of laboratory*

  
Jörg Steijen

**Bearbeiter**  
*Person responsible*

  
Tobias Adams

Aaronia AG - Gewerbegebiet Aaronia AG - DE-54597 Strickscheid  
Telefon: 0049(0)6556-93033 - Fax 0049(0)6556-93034  
Vorstandsvorsitzender: Stefan Chmielus - Registereintrag: Amtsgericht Wittlich HRB 32462

**Alle Messungen basieren auf dem Rohde & Schwarz NRP-Z31 Power Sensor, SN 101650 sowie der Aaronia Helmholtz Spule HHS1 SN ARHS04.**

*All measurements are based on the Rohde & Schwarz NRP-Z31 Power Sensor, SN101650 and the Aaronia Helmholtz coil HHS1 SN ARHS04*

**Kalibrieranweisung** 1137.6000.01-T-12.00  
*Calibration instruction*

**Eingangsdatum** 2009-09-07  
*Date of receipt*

**Umgebungstemperatur** 23 °C (+/-1 °C)  
*Ambient temperature*

**Relative Luftfeuchte** 20% - 60%  
*Relative humidity*

Gegenstand <i>Item</i>	Typ <i>Type</i>	Serien Nr. <i>Serial number</i>	Kalibrierschein Nr. <i>Certificate number</i>	Kalibr. bis <i>Cal. due</i>
Power Sensor Helmholtz coil	NRP-Z31 HHS1	101650 ARHS04	1137.6000.01-T-12.00 87664	2012-09-07 2012-09-12

**Die Konformitätsaussagen berücksichtigen die Messunsicherheiten**

*Conformity Statements take the measurement uncertainties into account*

**Anmerkungen**

*Notes*

Installierte Optionen sind in der Kalibrierung enthalten. Je nach installierten Optionen sind die Seitenzahlen der Aufzeichnungen nicht aufeinander folgend.

*Installed Options are included in calibration. Depending on installed options, numbers of pages of the record are not consecutive.*

**SPECTRAN Settings bei Kalibrierung**

*SPECTRAN-Settings during calibration*

Centerfrequenz (Hz)	Atten (dB)	Detec	RBW (Hz)	SPAN (Hz)	DIM	SpTime (ms)
40 - 240	0	RMS	30	30	1D	30000
320 - 640	20	RMS	100	200	1D	10000
960 - 7680	20	RMS	300	600	1D	3000
10240 - 30720	20	RMS	1K	5000	1D	1000
40960 - 983040	20	RMS	3K	20000	1D	1000
[Option 008]						
1310720 - 2621440	20	RMS	3K	20000	1D	1000
3932160 - 15728640	0	RMS	3K	20000	1D	1000
[Option 010]						
20971520 - 31457280	0	RMS	3K	20000	1D	1000

**Messergebnisse X-Achse**  
**measurement results X-axis**

Messung fuer Freq. 40.0 ...  
 MEAS: Freq.: 40.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.069e-007  
 Messung fuer Freq. 60.0 ...  
 MEAS: Freq.: 60.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.968e-007  
 Messung fuer Freq. 80.0 ...  
 MEAS: Freq.: 80.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.978e-007  
 Messung fuer Freq. 120.0 ...  
 MEAS: Freq.: 120.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.022e-007  
 Messung fuer Freq. 160.0 ...  
 MEAS: Freq.: 160.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.032e-007  
 Messung fuer Freq. 240.0 ...  
 MEAS: Freq.: 240.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.029e-007  
 Messung fuer Freq. 320.0 ...  
 MEAS: Freq.: 320.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.962e-007  
 Messung fuer Freq. 480.0 ...  
 MEAS: Freq.: 480.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.023e-007  
 Messung fuer Freq. 640.0 ...  
 MEAS: Freq.: 640.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.009e-007  
 Messung fuer Freq. 1280.0 ...  
 MEAS: Freq.: 1280.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.050e-007  
 Messung fuer Freq. 1920.0 ...  
 MEAS: Freq.: 1920.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.013e-007  
 Messung fuer Freq. 2560.0 ...  
 MEAS: Freq.: 2560.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.017e-007  
 Messung fuer Freq. 3840.0 ...  
 MEAS: Freq.: 3840.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.020e-007  
 Messung fuer Freq. 5120.0 ...  
 MEAS: Freq.: 5120.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.014e-007  
 Messung fuer Freq. 7680.0 ...  
 MEAS: Freq.: 7680.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.012e-007  
 Messung fuer Freq. 10240.0 ...  
 MEAS: Freq.: 10240.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.993e-007  
 Messung fuer Freq. 15360.0 ...  
 MEAS: Freq.: 15360.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.973e-007  
 Messung fuer Freq. 20480.0 ...  
 MEAS: Freq.: 20480.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.970e-007  
 Messung fuer Freq. 30720.0 ...  
 MEAS: Freq.: 30720.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.972e-007  
 Messung fuer Freq. 40960.0 ...  
 MEAS: Freq.: 40960.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.005e-007  
 Messung fuer Freq. 61440.0 ...  
 MEAS: Freq.: 61440.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.005e-007  
 Messung fuer Freq. 81920.0 ...  
 MEAS: Freq.: 81920.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.004e-007  
 Messung fuer Freq. 122880.0 ...  
 MEAS: Freq.: 122880.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.005e-007  
 Messung fuer Freq. 163840.0 ...  
 MEAS: Freq.: 163840.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.008e-007  
 Messung fuer Freq. 245760.0 ...  
 MEAS: Freq.: 245760.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.011e-007  
 Messung fuer Freq. 327680.0 ...  
 MEAS: Freq.: 327680.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.008e-007  
 Messung fuer Freq. 491520.0 ...  
 MEAS: Freq.: 491520.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.954e-007  
 Messung fuer Freq. 655360.0 ...  
 MEAS: Freq.: 655360.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.887e-007  
 Messung fuer Freq. 983040.0 ...  
 MEAS: Freq.: 983040.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.024e-007

Erklärung:  
 MEAS: Freq. = Hertz  
 S-Amp. = Soll Amplitude  
 M-Amp. = Mess Amplitude  
 S-Amp & M-Amp = Tesla

Description:  
 MEAS: Freq. = Hertz  
 S-Amp. = Should be amplitude  
 M-Amp. = Measurement amplitude  
 S-Amp & M-Amp = Tesla

**Messergebnisse Y-Achse**  
**measurement results Y-axis**

Messung fuer Freq. 40.0 ...  
 MEAS: Freq.: 40.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.001e-007  
 Messung fuer Freq. 60.0 ...  
 MEAS: Freq.: 60.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.975e-007  
 Messung fuer Freq. 80.0 ...  
 MEAS: Freq.: 80.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.929e-007  
 Messung fuer Freq. 120.0 ...  
 MEAS: Freq.: 120.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.991e-007  
 Messung fuer Freq. 160.0 ...  
 MEAS: Freq.: 160.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.990e-007  
 Messung fuer Freq. 240.0 ...  
 MEAS: Freq.: 240.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.003e-007  
 Messung fuer Freq. 320.0 ...  
 MEAS: Freq.: 320.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.999e-007  
 Messung fuer Freq. 480.0 ...  
 MEAS: Freq.: 480.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.987e-007  
 Messung fuer Freq. 640.0 ...  
 MEAS: Freq.: 640.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.013e-007  
 Messung fuer Freq. 1280.0 ...  
 MEAS: Freq.: 1280.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.028e-007  
 Messung fuer Freq. 1920.0 ...  
 MEAS: Freq.: 1920.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.995e-007  
 Messung fuer Freq. 2560.0 ...  
 MEAS: Freq.: 2560.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.998e-007  
 Messung fuer Freq. 3840.0 ...  
 MEAS: Freq.: 3840.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.001e-007  
 Messung fuer Freq. 5120.0 ...  
 MEAS: Freq.: 5120.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.000e-007  
 Messung fuer Freq. 7680.0 ...  
 MEAS: Freq.: 7680.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.997e-007  
 Messung fuer Freq. 10240.0 ...  
 MEAS: Freq.: 10240.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.983e-007  
 Messung fuer Freq. 15360.0 ...  
 MEAS: Freq.: 15360.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.966e-007  
 Messung fuer Freq. 20480.0 ...  
 MEAS: Freq.: 20480.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.961e-007  
 Messung fuer Freq. 30720.0 ...  
 MEAS: Freq.: 30720.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.965e-007  
 Messung fuer Freq. 40960.0 ...  
 MEAS: Freq.: 40960.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.000e-007  
 Messung fuer Freq. 61440.0 ...  
 MEAS: Freq.: 61440.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.000e-007  
 Messung fuer Freq. 81920.0 ...  
 MEAS: Freq.: 81920.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.000e-007  
 Messung fuer Freq. 122880.0 ...  
 MEAS: Freq.: 122880.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.000e-007  
 Messung fuer Freq. 163840.0 ...  
 MEAS: Freq.: 163840.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.000e-007  
 Messung fuer Freq. 245760.0 ...  
 MEAS: Freq.: 245760.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.002e-007  
 Messung fuer Freq. 327680.0 ...  
 MEAS: Freq.: 327680.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.000e-007  
 Messung fuer Freq. 491520.0 ...  
 MEAS: Freq.: 491520.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.975e-007  
 Messung fuer Freq. 655360.0 ...  
 MEAS: Freq.: 655360.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.951e-007  
 Messung fuer Freq. 983040.0 ...  
 MEAS: Freq.: 983040.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.994e-007

Erklärung:  
 MEAS: Freq. = Hertz  
 S-Amp. = Soll Amplitude  
 M-Amp. = Mess Amplitude  
 S-Amp & M-Amp = Tesla

Description:  
 MEAS: Freq. = Hertz  
 S-Amp. = Should be amplitude  
 M-Amp. = Measurement amplitude  
 S-Amp & M-Amp = Tesla

**Messergebnisse Z-Achse**  
measurement results Z-axis


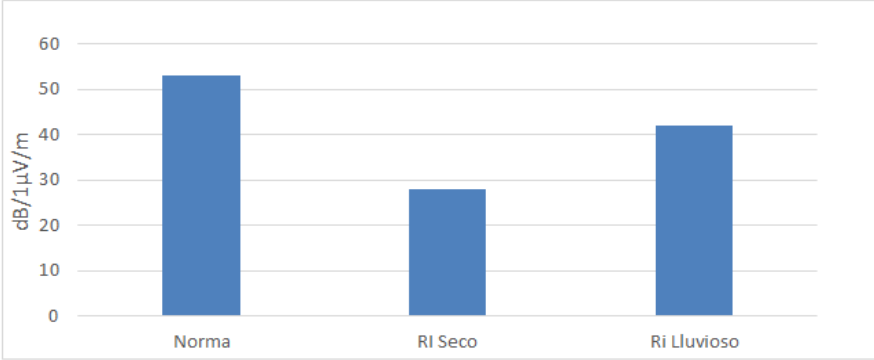
Messung fuer Freq. 40.0 ...  
MEAS: Freq.: 40.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.001e-007  
Messung fuer Freq. 60.0 ...  
MEAS: Freq.: 60.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.916e-007  
Messung fuer Freq. 80.0 ...  
MEAS: Freq.: 80.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.960e-007  
Messung fuer Freq. 120.0 ...  
MEAS: Freq.: 120.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.983e-007  
Messung fuer Freq. 160.0 ...  
MEAS: Freq.: 160.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.004e-007  
Messung fuer Freq. 240.0 ...  
MEAS: Freq.: 240.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.996e-007  
Messung fuer Freq. 320.0 ...  
MEAS: Freq.: 320.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.005e-007  
Messung fuer Freq. 480.0 ...  
MEAS: Freq.: 480.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.985e-007  
Messung fuer Freq. 640.0 ...  
MEAS: Freq.: 640.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.998e-007  
Messung fuer Freq. 1280.0 ...  
MEAS: Freq.: 1280.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.000e-007  
Messung fuer Freq. 1920.0 ...  
MEAS: Freq.: 1920.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.964e-007  
Messung fuer Freq. 2560.0 ...  
MEAS: Freq.: 2560.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.964e-007  
Messung fuer Freq. 3840.0 ...  
MEAS: Freq.: 3840.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.964e-007  
Messung fuer Freq. 5120.0 ...  
MEAS: Freq.: 5120.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.961e-007  
Messung fuer Freq. 7680.0 ...  
MEAS: Freq.: 7680.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.962e-007  
Messung fuer Freq. 10240.0 ...  
MEAS: Freq.: 10240.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.888e-007  
Messung fuer Freq. 15360.0 ...  
MEAS: Freq.: 15360.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.907e-007  
Messung fuer Freq. 20480.0 ...  
MEAS: Freq.: 20480.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.927e-007  
Messung fuer Freq. 30720.0 ...  
MEAS: Freq.: 30720.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.948e-007  
Messung fuer Freq. 40960.0 ...  
MEAS: Freq.: 40960.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.994e-007  
Messung fuer Freq. 61440.0 ...  
MEAS: Freq.: 61440.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.994e-007  
Messung fuer Freq. 81920.0 ...  
MEAS: Freq.: 81920.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.997e-007  
Messung fuer Freq. 122880.0 ...  
MEAS: Freq.: 122880.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.994e-007  
Messung fuer Freq. 163840.0 ...  
MEAS: Freq.: 163840.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.995e-007  
Messung fuer Freq. 245760.0 ...  
MEAS: Freq.: 245760.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.996e-007  
Messung fuer Freq. 327680.0 ...  
MEAS: Freq.: 327680.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.996e-007  
Messung fuer Freq. 491520.0 ...  
MEAS: Freq.: 491520.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.996e-007  
Messung fuer Freq. 655360.0 ...  
MEAS: Freq.: 655360.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.997e-007  
Messung fuer Freq. 983040.0 ...  
MEAS: Freq.: 983040.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.989e-007

Erklärung:  
MEAS: Freq. = Hertz  
S-Amp. = Soli Amplitude  
M-Amp. = Mess Amplitude  
S-Amp & M-Amp = Tesla

Description:  
MEAS: Freq. = Hertz  
S-Amp. = Should be amplitude  
M-Amp. = Measurement amplitude  
S-Amp & M-Amp = Tesla

## ANEXO VI. FORMATO PROPUESTO PARA ENTREGA DE REPORTES DE RADIO INTERFERENCIA

Logo de la Empresa		Nombre de la empresa		
Titulo del Informe			Numero de reporte 001	
Nombre:				
Distancia de Medicion (m)	Coordenadas		Periodo de Medición	
	Este (X)	Norte (Y)	Desde	Hasta
Condiciones climáticas:		Fecha de la Medición:		
<b>Características de la línea de alta tensión:</b>				
longitud (m)				
Voltaje (kV)				
numero de fases				
numero de conductores por fase				
Tipo de conductor				
Numero de circuitos				
Gráfico				
<b>Resultados</b>				
RI Seco (dB/1μV/m)				
RI Lluvioso (dB/1μV/m)				
Observaciones:				
Elaborado por:				
Firma				
Nombre de la persona que elaboró el informe				

 <b>FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA</b>		<b>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL</b>			
<b>INFORME TÉCNICO DE RADIO INTERFERENCIA</b>			<b>Numero de reporte</b> <b>001</b>		
<b>Nombre:</b>		LÍNEA DE TRANSMISIÓN SANTA ROSA - POMASQUI			
<b>Distancia de Medicion (m)</b>		<b>Coordenadas</b>		<b>Periodo de Medición</b>	
15		<b>Este (X)</b> 766833	<b>Norte (Y)</b> 9863268	<b>Desde</b> 15:00:00	<b>Hasta</b> 16:00:00
<b>Condiciones climáticas:</b>	Seco	<b>Fecha de la Medición:</b>		20 de junio del 2014	
<b>Caracetrísticas de la linea de alta tension:</b>					
<b>longitud (Km)</b>				46	
<b>Voltaje (kV)</b>				230	
<b>numero de fases</b>				3	
<b>numero de conductores por fase</b>				1	
<b>Tipo de conductor</b>				ACAR 1200	
<b>Numero de circuitos</b>				2	
					
<b>Resultados</b>					
<b>RI Seco (dB/1µV/m)</b>				28.12	
<b>RI Lluvioso (dB/1µV/m)</b>				42.12	
<b>Observaciones:</b>					
Elaborado por:					
Geovanny Dominguez					