

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
VICERRECTORADO ACADÉMICO
ESCUELA DE POSGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA



Impacto ambiental del campo electromagnético de la línea de transmisión LT-1112, Nuevo Chimbote

Tesis para obtener el Grado de Maestro en Ingeniería Mecánica
Eléctrica con mención en Redes de Distribución Eléctrica

Autor: Alva Burgos, Ruber Gueorgui

Asesor: Dr. Ramos Moscol, Mario Fernando

Chimbote – Perú

2018

1. Palabras claves: Impacto ambiental, campo electromagnético.

Keywords: Environmental impact, electromagnetic field.

Líneas de Investigación: Ingeniería Mecánica

2. Título

Impacto ambiental del campo electromagnético de la
línea de transmisión LT-1112, Nuevo Chimbote.

Resumen

El objetivo de esta investigación ha sido evaluar los Impactos electromagnéticos producido por la Línea de Transmisión Chimbote Sur – Nepeña de 138 Kv que pasa por el Campus 2 de la Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbote.

Es una investigación descriptiva de diseño no experimental transversal, se evaluó la línea de transmisión LT-1112 que pasa por el Campus 2 de la Universidad Nacional del Santa. La técnica a utilizar será la observación y el instrumento una ficha de observación donde se registrará las medidas obtenidas por el Gaussómetro. Los datos serán procesados con Excel y para el análisis se utilizará tablas, gráficos, intervalos de confianza del 95%.

Con respecto al impacto electromagnético, se determinó que el mayor valor promedio de los campos magnéticos se encuentra debajo de la línea de transmisión que fue de 5.39 mili Gauss, este valor se encuentra por debajo del límite máximo permisible de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental, para radiaciones no ionizantes en nuestro País.

4. Abstract

The objective of this research was to evaluate the electromagnetic impacts produced by the Chimbote South – Nepeña Transmission Line of 138 Kv that passes through Campus 2 of the National University of Santa, New Chimbote.

It is a descriptive study of cross non-experimental design, the transmission line LT-1112 was evaluated that passes through Campus 2 of the National University of Santa. The technique used is the observation and observation instrument a tab where the measurements obtained by the Gaussmeter be recorded. The data will be processed with Excel for analysis and tables, charts, confidence intervals of

95% were used.

With respect to the electromagnetic impact it was determined that the highest average value of the magnetic fields is below the transmission line, which was

5.39 milli Gauss, This value is below, the maximum permissible limit of National Environmental Quality Standards for non-ionizing radiation in our country.

Índice general

Tema	Página
Nº Palabras clave.....	
i Títulos.....	
ii Resumen.....	
iii Abstract.....	
iv Índice general.....	
v	
I. Introducción.....	1
II. Metodología.....	26
III. Resultados.....	29
IV. Análisis y discusión.....	39
V. Conclusiones.....	41
VI. Recomendaciones.....	42
VII. Referencias bibliográficas.....	43
VIII. Agradecimiento.....	44
IX Anexos	46

I Introducción

Las Líneas de Transmisión, durante el proceso de montaje, operación y mantenimiento producen una serie de impactos que alteran el medio ambiente en sus diferentes componentes tales como: físicos, biológicos, socioeconómicos y culturales, los cuales son necesarios evitar.

Los impactos ambientales de la Línea de Transmisión ocurren principalmente dentro o cerca de la franja de servidumbre. Cuanto mayor es el voltaje de la Línea, se necesitarán mayores alturas en las estructuras de soporte, franjas de servidumbre más grandes; la cimentación de la estructura requerirá mayor área y la construcción de cercos perimétricos alrededor de la estructura serán necesarios con fines de seguridad para evitar descargas y daños a los seres vivos que circulan cerca de las estructuras de las Líneas de Transmisión.

A pesar que un Estudio de Impacto Ambiental de Campos Electromagnéticos es muy importante porque esto podría causar daños a los seres vivos, no existen muchas empresas y/o instituciones que se dediquen explícitamente a este tipo de investigaciones, prueba de lo cual es el poco material encontrado relacionados a este tema para la presente investigación.

La presente investigación ha sido conceptualizada para evaluar los impactos electromagnéticos de la Línea de Transmisión de 138 Kv que pasa por el Campus 2 de la Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbote.

Para dicha investigación tenemos los siguientes antecedentes: Actualmente continúa la incertidumbre si las radiaciones no ionizantes generadas por líneas de energía eléctrica de alta tensión generan alteraciones en la salud de quienes se exponen diariamente a éstas, independiente si la exposición es de tipo poblacional o laboral. Varias organizaciones internacionales como la OMS y la ICNIRP, han demostrado su preocupación al respecto emitiendo recomendaciones básicas de límites de exposición, las cuales en numerosos países, como el Perú las han adoptado como norma reglamentaria de estricto cumplimiento en el Decreto Supremo N° 010-2005-PCM.

No se pueden determinar claramente cuáles son los posibles efectos que puedan generar los Campos Electromagnéticos debido a que actualmente no se cuenta con una metodología apropiada y/o definida para los respectivos estudios de investigación donde se realicen mediciones de los campos eléctricos y magnéticos. Para la elaboración de la presente investigación se hicieron revisiones previas más exhaustivas en tesis o proyectos de investigación acerca de los posibles efectos y las fuentes generadoras; entre los antecedentes tenemos:

Gallipoliti (2011), en su tesis de Maestría en Ecología y Gestión Ambiental, tiene conclusiones muy interesantes que se evaluarán, en la presente investigación. Mientras más larga sea la línea, mayores serán los impactos ambientales sobre los recursos naturales, sociales y culturales. En su estudio determinó los siguientes impactos positivos significativos: Incremento de la ocupación de mano de obra (directa e indirecta); Mejoramiento de la calidad de vida para la región beneficiada con energía; Incremento de las actividades del comercio y la industria (local y regional); Incremento de actividades agrícolas-ganaderas; Incremento del transporte; Incremento de servicios; Incremento en la recaudación fiscal; Provisión de energía eléctrica. Así mismo considera los siguientes impactos negativos: Afectación del paisaje natural y urbano; Afectación de la flora; Esguerramiento de aguas; Afectación de áreas destinadas a reservas naturales; Afectación de infraestructura preexistente; Afectación de patrimonio cultural; Factores poblaciones y de uso del suelo; Niveles sonoros; Campos eléctricos y magnéticos; Accesibilidad a los inmuebles durante la fase constructiva; De las expropiaciones y servidumbres; Riesgos de accidentes.

En el año 2011 en el “El estudio de impacto ambiental de la Línea de Transmisión de 138 Kv, Subestación Trujillo Norte – Nueva Subestación Trujillo Noreste elaborada por la Empresa Asesoría y Consultoría Empresarial, indica que el área de influencia de los impactos ambientales generados por la Línea de Transmisión en 138 Kv corresponde a 100 metros a cada extremo de la Línea de Transmisión. Además, identifica el área de influencia directa de la Línea de Transmisión de 138 Kv dentro de la faja de servidumbre de la Línea de Transmisión que corresponde a 10 m a cada lado del eje longitudinal de la Línea y define los

conceptos de área de influencia directa e indirecta de la siguiente manera”: “El concepto de área de influencia ambiental, está relacionado con el espacio físico en el cual los impactos ambientales tanto directos como indirectos producto de una determinada actividad, pueden ser percibidos. Se considera Área de Influencia, el grado de interrelación del proyecto con las distintas variables socio-ambientales. El área de influencia se ha dividido en dos áreas: directa e indirecta. Área de Influencia Directa (AID): es la zona sobre la cual el proyecto afecta directamente a los diferentes recursos naturales, ambiente y áreas comunales. En esta área se realizan todas las actividades involucradas en la ejecución y funcionamiento de la obra. Se ha considerado en atención al Código Nacional de Electricidad, como área de influencia directa un ancho de 20 m (10 m a cada lado del eje longitudinal de la línea de transmisión), área que se considera recibirá los impactos directos del desarrollo de actividades del proyecto; Área de Influencia Indirecta (AII): la dimensión de esta área está en función del criterio físico - ambiental, como antrópico, de tal manera que el área de influencia indirecta es el espacio que podrá ser impactado ambientalmente por las actividades e infraestructura del proyecto interrelacionados con una zona más amplia, donde su dinámica será notoria, aunque con mucho menor grado de influencia. Desde este criterio, se calcula que el área de influencia indirecta será de 100 metros a cada lado de la línea de transmisión”.

En el Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental Analítico Especifico del Proyecto Línea de Transmisión 230 Kv Asociada a la Central Hidroeléctrica Misicuni – Santivañez en Cochabamba, Bolivia elaborada por la Empresa Consultora Innova S.R.L. en el año 2009, se señala la predicción de los impactos: “Una vez que los impactos han sido identificados, se debe pronosticar o predecir el comportamiento de cada impacto, la predicción debe especificar las causas y efectos de los impactos, incluyendo las consecuencias secundarias y sinérgicas sobre el medio ambiente y la comunidad local. En el Estudio de Evaluación de Impactos Ambientales la predicción permite anticiparse al comportamiento ambiental y se basa en el cálculo, conocimiento o inferencia de datos o experiencias, antes que tener pruebas”.

“El inventario ambiental comprende la identificación de los aspectos ambientales y el estado de las condiciones ambientales. Así como, el actual uso del suelo y el aprovechamiento de los recursos naturales, teniendo en cuenta las actividades socio económicas, antes de la realización del proyecto. Para esta descripción, el medio ambiente se ha dividido en tres aspectos a saber: Medio Abiótico; Medio Biótico; Medio Humano (socioeconómico y cultural).

Cada uno de ellos se divide a su vez en componentes ambientales y procesos que se han considerado relevantes para el Proyecto. La importancia del impacto es el valor mediante el cual medimos cualitativamente el impacto ambiental en función tanto de la intensidad de la alteración producida como la caracterización del efecto que responde a una serie de atributos cualitativos (extensión, persistencia, plazo de manifestación, sinergia, recuperabilidad, periodicidad, etc.). La importancia del impacto viene representada por un número que se deduce mediante un modelo propuesto, y es función del valor asignado a los atributos (símbolos) considerados. Para la valoración de los impactos negativos se tienen en cuenta los siguientes atributos: intensidad, extensión, momento, plazo de manifestación, persistencia, reversibilidad, recuperabilidad, sinergia, efecto, acumulación y periodicidad. Para la valoración de los impactos positivos se tienen en cuenta: naturaleza del impacto, intensidad, extensión, plazo de manifestación, persistencia, sinergia, acumulación, tipo de efecto y periodicidad”.

En el Estudio de Impacto Ambiental Definitivo para la Construcción y Operación de la Línea de Transmisión a 138 Kv Recuperadora EMAAP-Q y Subestación Eléctrica Tababela en Quito - Ecuador elaborada por la Consultora Biosfera Gestión Ambiental en el año 2012. “Para la identificación de los impactos ambientales significativos, dentro de las actividades que se llevarán a cabo en la construcción operación y mantenimiento de los proyectos Línea se ha considerado dos criterios de evaluación que se describen a continuación: El primer criterio corresponde a una evaluación cuantitativa, la misma que está dada por la importancia ambiental determinada anteriormente para cada uno de los impactos, en la que se establece que existe una condición especial que amerite un manejo específico, dado

el efecto a producirse (intensidad del impacto). Un segundo criterio corresponde a una evaluación cualitativa, la misma que está dada en función de los siguientes indicadores: Aspecto legal y regulatorio, cumplimiento del marco legal ambiental vigente; Aspecto económico, representa costos económicos para la implementación de medidas de manejo o multas por incumplimientos legales; Partes interesadas, relaciones con la comunidad”.

Como fundamentación científica Gallipoliti (2011), en su tesis de Maestría en Ecología y Gestión Ambiental nos menciona que: Las Líneas de Transmisión son importantes, porque a través de ella se lleva la energía eléctrica desde los lugares de generación a los centros de carga que generalmente están a distancias considerables.

En proximidades de estas Líneas se producen una serie de impactos que alteran el ambiente. Como toda infraestructura, la construcción de las Líneas de Transmisión, tienen efectos sobre el entorno que es preciso, prevenir y reducir.

Las Líneas de Transmisión eléctrica, son instalaciones que afectan los recursos naturales y socioculturales; mientras más larga sea la línea, mayores serán los impactos ambientales en lo que respecta a los recursos naturales y socioculturales. Los impactos ambientales de la Línea de Transmisión ocurren principalmente dentro o cerca del derecho de la vía (faja de servidumbre), cuando es mayor el voltaje de la Línea, se necesitan mayores alturas de las estructuras de soporte, derecho de vías cada vez más grandes, la construcción de caminos de acceso para los trabajos de mantenimiento, la cimentación de las estructuras, la construcción de cercos perimétricos alrededor de la estructura con fines de seguridad para evitar descargas y electrocuciones, por lo tanto aumentan los impactos ambientales.

Estructuras de Líneas de Transmisión, son los soportes de las líneas de transmisión y pueden ser postes de madera o estructuras metálicas.

Conductores, es el medio a través del cual se puede transportar la corriente eléctrica, es de un material por la cual la corriente eléctrica tiene cierta facilidad para el flujo de electrones. Los materiales más utilizados para conductores de la línea de transmisión son el cobre, aleación de aluminio y el aluminio-acero.

Catenaria, es la trayectoria de la curva que describe el conductor de la línea de transmisión desde una estructura a otra.

Flecha, es la distancia vertical máxima que existe entre la línea recta imaginaria trazada desde el punto de fijación del conductor de una estructura a otra con el punto más bajo de la curva catenaria formada por el conductor eléctrico.

Distancia de Seguridad, es la distancia mínima vertical desde el conductor hasta el suelo, también es la distancia mínima horizontal desde el conductor a cualquier objeto cercano a la Línea de Transmisión, estas distancias están establecidas por el Código Nacional de Electricidad.

Franja de Seguridad, es la proyección sobre el suelo de la faja ocupada por los conductores más la distancia de seguridad, cuyo ancho mínimo es la indicada en la Tabla 219 del CNE o en cada Resolución de Imposición de Servidumbre emitida por el MEM.

Campo Magnético, es un campo de fuerza creado como consecuencia del movimiento de cargas eléctricas (flujo de la electricidad).

Campo Eléctrico, tienen su origen en diferencias de voltaje, entre más elevado sea el voltaje, más fuerte será el campo que resulta.

Línea de Transmisión LT-1112, es una línea de transmisión en 138Kv que tiene como punto de partida la Sub Estación Chimbote Sur y su punto de llegada es la Sub Estación Nepeña. Tiene una longitud total de 7km, tiene una potencia de 30 MVA, sus líneas son con conductores AAAC-127 mm².

Gallipoliti (2011), nos indica que: “El mayor impacto de las líneas de transmisión de energía eléctrica se produce en los recursos terrestres. Se requiere una franja de servidumbre exclusiva para la línea, en donde no se prohíben el pastoreo o uso agrícola, pero en general, los otros usos son incompatibles. La construcción de la franja de servidumbre puede provocar la pérdida o fragmentación del hábitat, o la vegetación que encuentra en su camino. Estos efectos pueden ser importantes si se afectan las áreas naturales, como humedales o tierras silvestres, o si las tierras recién accesibles son el hogar de los pueblos indígenas. Desde el punto de vista ambiental,

el desbroce selectivo utilizando medios mecánicos es preferible y debe ser analizado en la Evaluaciones Ambientales del proyecto. Se debe evitar el rocío aéreo de herbicidas porque no es selectivo e introduce grandes cantidades de químicos al medio ambiente, y además es una técnica de aplicación imprecisa y puede contaminar las aguas superficiales y las cadenas alimenticias terrestres. Al ubicar líneas bajas o colocarlas cerca de actividades humanas (por ej., carreteras, edificios) se incrementa el riesgo de electrocución. Normalmente, las normas técnicas reducen este peligro.

Según el Código Nacional de Electricidad en su tomo Utilización -2011 establece las siguientes distancias mínimas de la faja de servidumbre:

Tabla 1
Distancias mínimas de fajas de servidumbre.

Tensión Nominal de la Línea (Kv)	Ancho (m)
10 – 15	6
20 – 36	11
50 – 70	16
115 – 145	20
220	25
500	64

Fuente: Código Nacional de Electricidad

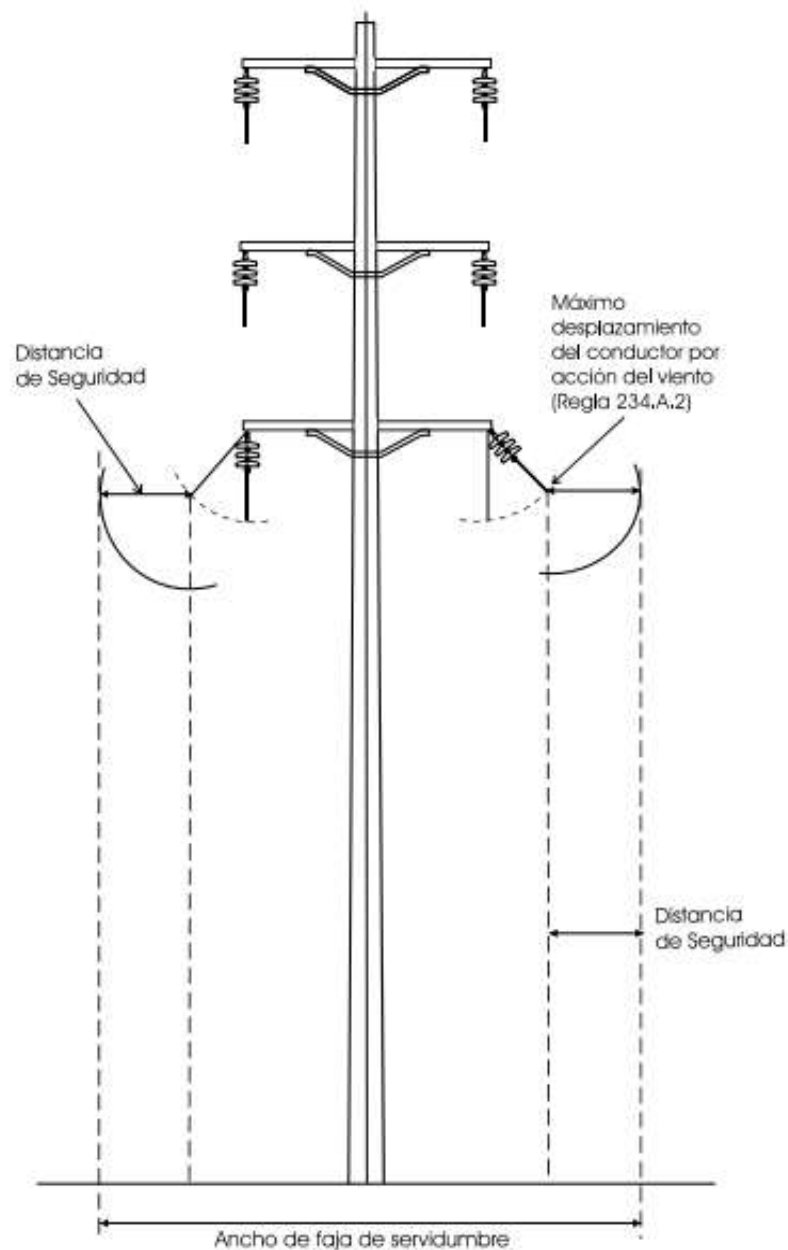


Figura 1. Faja de seguridad – Línea con terna a ambos lados de la estructura.
 Fuente: Código Nacional de Electricidad

Asimismo, el Código Nacional de Electricidad en su tomo Utilización -2011 también establece las siguientes distancias mínimas verticales de seguridad para los siguientes niveles de tensión:

Tabla 2
Distancias mínimas verticales de seguridad en líneas de transmisión.

DESCRIPCIÓN	NIVEL DE TENSIÓN (KV)			
	50 - 60	138	220	500
	Altitud 3000 m.s.n.m.		Altitud 1000 m.s.n.m.	
Al cruce de vías de ferrocarril al canto superior del riel.	9.4	10.5	11.0	13.5
Al cruce de carreteras y avenidas.	7.6	8.1	8.5	12.0
Al cruce de calles.	7.6	8.1	8.5	12.0
Al cruce de calles y caminos rurales.	7.6	8.1	8.5	11.0
A lo largo de carreteras y avenidas.	7.0	8.1	8.5	12.0
A lo largo de calles.	7.0	8.1	8.5	12.0
A lo largo de calles y caminos rurales.	7.0	8.1	8.5	11.0
A áreas no transitadas por vehículo.	5.5	6.6	7.0	9.0
Sobre el nivel más alto de río no navegable.	7.0	7.5	8.0	11.5
A terrenos recorridos por vehículos, tales como cultivos, pastos, bosques, huertos, etc.	7.0	8.1	8.5	11.0

Fuente: Código Nacional de Electricidad

Las líneas de transmisión de energía crean campos electromagnéticos. Se disminuye la potencia de los campos electromagnéticos, si la distancia de las líneas de transmisión es mayor. La comunidad científica no ha llegado a ningún consenso en cuanto a las respuestas biológicas específicas a la fuerza magnética, pero los resultados sugieren que puede haber riesgo para la salud. Se han promulgado normas en varios países europeos y en algunos estados de los Estados Unidos, que reglamentan esta situación”.

“Las líneas de Transmisión generan impactos ambientales significativos en la segmentación y fragmentación del territorio, sobre los suelos y la masa vegetal”.

“Durante la etapa de operación se genera a lo largo de la línea de transmisión eléctrica un campo electromagnético, el cual dada las características técnicas de operación no deberá sobrepasar los límites establecidos por International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP).

La operación y mantenimiento de la línea de transmisión incluye el control químico o mecánico de la vegetación dentro del derecho de vía, reparación y mantenimiento de la línea. Estas actividades, más la presencia física de la línea misma, pueden causar impactos ambientales.

En el lado positivo, al manejarlos adecuadamente, los derechos de vía de las líneas de transmisión pueden ser beneficiosos para la fauna. Las áreas desbrozadas pueden proporcionar sitios de reproducción y alimentación para las aves y los mamíferos. El efecto de "margen" está bien documentado en la literatura biológica; se trata del aumento de diversidad que resulta del contacto entre el derecho de vía y la vegetación existente. Las líneas y las estructuras pueden albergar los nidos y servir como perchas para muchas aves, especialmente las de rapiña.

Las líneas de transmisión de energía eléctrica crean campos electromagnéticos. Se disminuye la potencia de los campos, tanto eléctricos, como magnéticos, con el aumento de la distancia de las Líneas de transmisión. La comunidad científica no ha llegado a ningún consenso en cuanto a las respuestas biológicas específicas a la fuerza electromagnética, pero resultados emergentes en comunidades anexas a esta influencia física, sugieren que hay antecedentes fundamentados de riesgos para la salud, asociados a algunos tipos de cáncer.

El Campo electromagnético es la combinación de campos de fuerza eléctricos y magnéticos invisibles. Los campos eléctricos tienen su origen en diferencias de voltaje: entre más elevado sea el voltaje, más fuerte será el campo que resulta.

Beltrán T., Jiménez I., Padilla J. (2012) nos dice que los campos magnéticos, tienen su origen en las corrientes eléctricas: una corriente más fuerte resulta en un campo más fuerte. Un campo eléctrico existe aunque no haya corriente. Cuando hay corriente, la magnitud del campo magnético cambiará con el consumo de potencia, pero la fuerza del campo eléctrico quedará igual.

Ondas electromagnéticas, es el movimiento de cargas eléctricas en un metal conductor (como una antena de una emisora de radio o TV), origina ondas de campos eléctrico y magnético (denominadas ondas electromagnéticas EM) que se propagan a través del espacio vacío a la velocidad de la luz (300.000 km/s). Estas ondas radiadas llevan asociada una energía electromagnética que puede ser captada por una antena receptora (la antena de TV en una casa o por la pequeña antena incorporada en un teléfono móvil).

Sin embargo, los campos eléctrico y magnético pueden existir independientemente uno del otro, y se les denomina entonces campos estáticos; como los campos eléctricos que se originan entre las nubes y tierra durante una tormenta, antes de saltar el rayo. Cuando en una región del espacio existe una energía electromagnética, se dice que en esa región del espacio hay un campo electromagnético y este campo se describe en términos de la intensidad de campo eléctrico (E) y/o la inducción magnética o densidad de flujo magnético.

La fuente de los campos magnéticos es la corriente eléctrica. Su intensidad se mide en amperios por metro (A/m). Habitualmente, los investigadores de CEM utilizan una magnitud relacionada, la densidad de flujo (en microteslas (μT) o militeslas (mT)). Los campos magnéticos se originan cuando se pone en marcha un aparato eléctrico y fluye la corriente. La intensidad del campo disminuye conforme aumenta la distancia desde la fuente. La mayoría de los materiales no atenúan los campos magnéticos.

La clasificación de los campos electromagnéticos, tienen lugar tanto de forma natural como debido a la actividad humana. Campos electromagnéticos naturales son, por ejemplo, el campo magnético estático de la tierra al que estamos

continuamente expuestos, los campos eléctricos causados por cargas eléctricas presentes en las nubes, la electricidad estática que se produce cuando dos objetos se frotan entre sí o los campos eléctricos y magnéticos súbitos resultantes de los rayos.

Campos electromagnéticos de origen humano son, por ejemplo, generados por fuentes de frecuencia extremadamente baja (FEB) tales como las líneas eléctricas, el cableado y los electrodomésticos, así como por fuentes de frecuencia más elevada, tales como las ondas de radio y de televisión o, más recientemente, de teléfonos móviles y de sus antenas.

“Las mediciones de campos electromagnéticos se deberán efectuar una vez que la línea entre en operación, con una frecuencia anual, tal que permita conocer la magnitud del campo electromagnético en sitios cercanos a viviendas. La normativa ambiental se remite a la densidad de flujo electromagnético o inducción magnética que es una cantidad vectorial (B) que da lugar a una fuerza que actúa sobre cargas en movimiento, y se expresa en teslas (T). En el espacio libre y en materiales biológicos, la densidad de flujo o inducción magnética y la intensidad de campo electromagnético se pueden intercambiar utilizando la equivalencia $1 \text{ A m}^{-1} = 4 \times 10^{-7} \text{ T}$. La Norma de Radiaciones No Ionizantes de campos electromagnéticos publicada en marzo 14, 2007, fue elaborada para conservar la salud y seguridad del público en general y trabajadores derivados de la exposición a radiaciones no ionizantes provenientes de sistemas eléctricos, tales como sistemas de generación, distribución y utilización de energía eléctrica con frecuencia de 60 Hz y para uso de frecuencias dentro del espectro radioeléctrico (3 KHz – 300 GHz).

Se ha determinado los niveles de referencia para la exposición a campos eléctricos y electromagnéticos provenientes de fuentes de 60 Hz, por lo que al efectuar las mediciones de campos electromagnéticos no se podrá exceder los valores fijados en la normativa”.

Tabla 3

Niveles de referencia para la exposición a campos eléctricos y magnéticos de 60 Hz.

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

μ T: micro Tesla, V/m: Voltaje por metro, A/m: Amperaje por metro

Fuente: Comisión Internacional de Protección De Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP), 1988. Recomendaciones para Limitar la Exposición a Campos Eléctricos, Electromagnéticos y magnéticos (Hasta 300 GHz) Tomado del anexo N° 10, Norma de Radiaciones No Ionizantes de Campos Electromagnéticos, Norma Técnica Ambiental R.O. 41, marzo 14, 2007.

ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA RADIACIONES NO IONIZANTES

Rango de Frecuencias (f)	Intensidad de Campo Eléctrico (E) (V/m)	Intensidad de Campo Magnético (H) (A/m)	Densidad de Flujo Magnético (B) (μ T)	Densidad de Potencia (S_{eq}) (W/m^2)	Principales aplicaciones (no restrictiva)
Hasta 1 Hz	-	$3,2 \times 10^4$	4×10^4	-	Líneas de energía para trenes eléctricos, resonancia magnética
1 - 8 Hz	10 000	$3,2 \times 10^4 / f^2$	$4 \times 10^4 / f^2$	-	
8 - 25 Hz	10 000	$4 000 / f$	$5 000 / f$	-	Líneas de energía para trenes eléctricos
0,025 - 0,8 kHz	$250 / f$	$4 / f$	$5 / f$	-	Redes de energía eléctrica, líneas de energía para trenes, monitores de video
0,8 - 3 kHz	$250 / f$	5	6,25	-	Monitores de video
3 - 150 kHz	87	5	6,25	-	Monitores de video
0,15 - 1 MHz	87	$0,73 / f$	$0,92 / f$	-	Radio AM
1 - 10 MHz	$87 / f^{0.5}$	$0,73 / f$	$0,92 / f$	-	Radio AM, diatermia
10 - 400 MHz	28	0,073	0,092	2	Radio FM, TV VHF, Sistemas móviles y de radionavegación aeronáutica, teléfonos inalámbricos, resonancia magnética, diatermia
400 - 2000 MHz	$1,375 f^{0.5}$	$0,0037 f^{0.5}$	$0,0046 f^{0.5}$	$f / 200$	TV UHF, telefonía móvil celular, servicio troncalizado, servicio móvil satelital, teléfonos inalámbricos, sistemas de comunicación personal
2 - 300 GHz	61	0,16	0,20	10	Redes de telefonía inalámbrica, comunicaciones por microondas y vía satélite, radares, hornos microondas

1. f está en la frecuencia que se indica en la columna Rango de Frecuencias
2. Para frecuencias entre 100 kHz y 10 GHz, S_{eq} , E^2 , H^2 , y B^2 , deben ser promediados sobre cualquier periodo de 6 minutos.
3. Para frecuencias por encima de 10 GHz, S_{eq} , E^2 , H^2 , y B^2 , deben ser promediados sobre cualquier periodo de $68 / f^{1.05}$ minutos (f en GHz).

Figura 2. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Radiaciones No Ionizantes.
Fuente: Decreto Supremo N° 010-2005 PCM.

Gallipoliti (2011), en su tesis de Maestría en Ecología y Gestión Ambiental nos indica que:

Efectos biológicos y efectos sobre la salud: La exposición a campos electromagnéticos no es un fenómeno nuevo. Sin embargo, en el siglo XX la exposición ambiental ha aumentado de forma continua conforme la creciente demanda de electricidad, el constante avance de las tecnologías y los cambios en los hábitos sociales han generado más y más fuentes artificiales de campos electromagnéticos.

Todos estamos expuestos a una combinación compleja de campos eléctricos y magnéticos débiles, tanto en el hogar como en el trabajo, desde los que producen la generación y transmisión de electricidad, los electrodomésticos y los equipos industriales, a los producidos por las telecomunicaciones y la difusión de radio y televisión.

En el organismo se producen corrientes eléctricas minúsculas debidas a las reacciones químicas de las funciones corporales normales, incluso en ausencia de campos eléctricos externos. Por ejemplo, los nervios emiten señales mediante la transmisión de impulsos eléctricos. En la mayoría de las reacciones bioquímicas, desde la digestión a las actividades cerebrales, se produce una reorganización de partículas cargadas. Incluso el corazón presenta actividad eléctrica, que los médicos pueden detectar mediante los electrocardiogramas.

Los campos eléctricos de frecuencia baja influyen en el organismo, como en cualquier otro material formado por partículas cargadas. Cuando los campos eléctricos actúan sobre materiales conductores, afectan a la distribución de las cargas eléctricas en la superficie. Provocan una corriente que atraviesa el organismo hasta el suelo.

Los campos magnéticos de frecuencia baja inducen corrientes circulantes en el organismo. La intensidad de estas corrientes depende de la intensidad del campo magnético exterior. Si es suficientemente intenso, las corrientes podrían estimular los nervios y músculos o afectar a otros procesos biológicos.

Tanto los campos eléctricos como los magnéticos inducen tensiones eléctricas y corrientes en el organismo, pero incluso justo debajo de una línea de transmisión de electricidad de alta tensión las corrientes inducidas son muy pequeñas comparadas con los umbrales para la producción de sacudidas eléctricas u otros efectos eléctricos.

El principal efecto biológico de los campos electromagnéticos de radiofrecuencia es el calentamiento. Este fenómeno se utiliza en los hornos de microondas para calentar alimentos. Los niveles de campos de radiofrecuencia a los que normalmente están expuestas las personas son mucho menores que los necesarios para producir un calentamiento significativo. Las directrices actuales se basan en el efecto calefactor de las ondas de radio.

Los científicos están investigando también la posibilidad de que existan efectos debidos a la exposición a largo plazo a niveles inferiores al umbral para el calentamiento del organismo. Hasta la fecha, no se han confirmado efectos adversos para la salud debidos a la exposición a largo plazo a campos de baja intensidad de frecuencia de radio o de frecuencia de red, pero los científicos continúan investigando activamente en este terreno.

Los efectos biológicos son respuestas mensurables a un estímulo o cambio en el medio. Estos cambios no son necesariamente perjudiciales para la salud. Por ejemplo, escuchar música, leer un libro, comer una manzana o jugar al tenis son actividades que producen diversos efectos biológicos. No obstante, no esperamos que ninguna de estas actividades produzca efectos sobre la salud.

El organismo dispone de mecanismos complejos que le permiten ajustarse a las numerosas y variadas influencias del medio en el que vivimos. El cambio continuo es forma parte de nuestra vida normal, pero, desde luego, el organismo no posee mecanismos adecuados para compensar todos los efectos biológicos. Los cambios irreversibles y que fuerzan el sistema durante períodos largos pueden suponer un peligro para la salud.

Un efecto perjudicial para la salud es el que ocasiona una disfunción detectable de la salud de las personas expuestas o de sus descendientes; por el contrario, un efecto biológico puede o no producir un efecto perjudicial para la salud.

No se pone en cuestión que por encima de determinados umbrales los campos electromagnéticos puedan desencadenar efectos biológicos. Según experimentos realizados con voluntarios sanos, la exposición a corto plazo a los niveles presentes en el medio ambiente o en el hogar no producen ningún efecto perjudicial manifiesto. La exposición a niveles más altos, que podrían ser perjudiciales, está limitada por directrices nacionales e internacionales. La controversia que se plantea actualmente se centra en si bajos niveles de exposición a largo plazo pueden o no provocar respuestas biológicas e influir en el bienestar de las personas.

Los campos electromagnéticos activan la respuesta de estrés del cuerpo, y producen cambios en casi todas sus funciones, incluyendo un declive significativo en los sistemas inmunológicos. Otros efectos negativos de los CEM incluyen un impacto negativo en el sistema cardiovascular, endocrino, de control de crecimiento, y sistema nervioso central.

Investigadores han encontrado que una exposición prolongada a campos magnéticos de bajo nivel, como aquellos generados por secadores de cabello, cafeteras y mantas eléctricas, pueden dañar el ADN de las células cerebrales. También se ha encontrado que la exposición continua hace que las células se autodestruyan, debido que no pueden repararse. El estudio sugiere que los efectos son acumulativos, lo que significa que la duración puede ser tan dañina como la intensidad.

El impacto ambiental potencial de líneas de transmisión de energía eléctrica incluye la red de transporte de energía eléctrica, el derecho de vía, las playas de distribución, las subestaciones y los caminos de acceso o mantenimiento. Las estructuras principales de la línea de transmisión son la línea misma, los conductores, las torres y los soportes.

Las líneas de transmisión pueden tener pocos, o cientos de kilómetros de longitud. El derecho de vía donde se construye la línea de transmisión puede variar de 20 a 500 metros de ancho, o más, dependiendo del tamaño de la línea, y el número de líneas de transmisión. Las líneas de transmisión son, principalmente, sistemas terrestres y pueden pasar sobre los humedales, arroyos, ríos y cerca de las orillas de los lagos, bahías, etc. Son técnicamente factibles, pero muy costosas, las líneas de transmisión subterráneas.

Las líneas de transmisión eléctrica son instalaciones lineales que afectan los recursos naturales y socioculturales. Los efectos de las líneas cortas son locales; sin embargo, las más largas pueden tener efectos regionales. En general, mientras más larga sea la línea, mayores serán los impactos ambientales sobre los recursos naturales, sociales y culturales. Como se tratan de instalaciones lineales, los impactos de las líneas de transmisión ocurren, principalmente, dentro o cerca del derecho de vía. Cuando es mayor el voltaje de la línea, se aumenta la magnitud e importancia de los impactos, y se necesitan estructuras de soporte y derechos de vía cada vez más grandes. Se aumentan también los impactos operacionales. Por ejemplo, los efectos del campo electromagnético son mucho mayores para las líneas de 1.000 kV, que para las de 69 kV.

Los impactos ambientales negativos de las líneas de transmisión son causados por la construcción, operación y mantenimiento de las mismas. Las causas principales de los impactos que se relacionan con la construcción del sistema incluyen las siguientes: El desbroce de la vegetación de los sitios y los derechos de vía; y, La construcción de los caminos de acceso, los cimientos de las torres y las subestaciones.

La operación y mantenimiento de la línea de transmisión incluye el control químico o mecánico de la vegetación dentro del derecho de vía y, la reparación y mantenimiento de la línea. Estas actividades, más la presencia física de la línea misma, pueden causar impactos ambientales.

En el lado positivo, al manejarlos adecuadamente, los derechos de vía de las líneas de transmisión pueden ser beneficiosos para la fauna. Las áreas desbrozadas pueden proporcionar sitios de reproducción y alimentación para las aves y los

mamíferos. El efecto de "margen" está bien documentado en la literatura biológica; se trata del aumento de diversidad que resulta del contacto entre el derecho de vía y la vegetación existente. Las líneas y las estructuras pueden albergar los nidos y servir como perchas para muchas aves, especialmente las de rapiña.

Efectos sobre el uso de la tierra: El mayor impacto de las líneas de transmisión de energía eléctrica se produce en los recursos terrestres. Se requiere un derecho de vía exclusivo para la línea de transmisión de energía eléctrica. Normalmente, no se prohíbe el pastoreo o uso agrícola en los derechos de vía, pero, en general, los otros usos son incompatibles. Si bien no son muy anchos los derechos de vía, pueden interrumpir o fragmentar el uso establecido de la tierra en toda su extensión. Las líneas de transmisión largas afectarán áreas más grandes y causarán impactos más significativos.

Las líneas de transmisión pueden abrir las tierras más remotas para las actividades humanas como colonización, agricultura, cacería, recreación, etc. La ocupación de espacio reservado al derecho de vía puede provocar la pérdida o fragmentación del hábitat, o la vegetación que encuentra en su camino. Estos efectos pueden ser importantes si se afectan las áreas naturales, como humedales o tierras silvestres, o si las tierras recién accesibles son el hogar de los pueblos indígenas.

Desbroce y control de la vegetación en los derechos de vía: Hay una variedad de técnicas para limpiar la vegetación del derecho de vía y controlar la cantidad y tipo de la nueva vegetación. Desde el punto de vista ambiental, el desbroce selectivo utilizando medios mecánicos o herbicidas es preferible y debe ser analizado en las evaluaciones ambientales del proyecto.

Se debe evitar el rocío aéreo de herbicidas porque no es selectivo e introduce grandes cantidades de químicos al medio ambiente, y además es una técnica de aplicación imprecisa y puede contaminar las aguas superficiales y las cadenas alimenticias terrestres, y eliminar las especies deseables y envenenar la fauna.

Riesgos para la salud y la seguridad: Al colocar líneas bajas o ubicarlas próximas a áreas con las actividades humanas (carreteras, edificios) se incrementa el riesgo de electrocución. Normalmente, las normas técnicas reducen este peligro. Las torres y las líneas de transmisión pueden interrumpir la trayectoria de vuelo de los aviones cerca de los aeropuertos y poner en peligro las naves que vuelan muy bajo, especialmente, las que se emplean para actividades agrícolas.

Las líneas de transmisión de energía eléctrica crean campos electromagnéticos. Se disminuye la potencia de los campos, tanto eléctricos, como magnéticos, con el aumento de la distancia de las Líneas de transmisión. La comunidad científica no ha llegado a ningún consenso en cuanto a las respuestas biológicas específicas a la fuerza electromagnética, pero resultados emergentes en comunidades anexas a esta influencia física, sugieren que hay antecedentes fundamentados de riesgos para la salud, asociados a algunos tipos de cáncer ²

Se han promulgado normas en varios estados de los Estados Unidos que reglamentan la fuerza electromagnética que está asociada con las líneas de transmisión de alto voltaje.

Si bien, existe gente que argumenta que las líneas de alta tensión pudiesen afectar el medioambiente y a la gente que vive cerca de las líneas de transmisión, lo cierto es que dicha contaminación electromagnética se ve aplacada por los beneficios económicos de transportar la potencia a una tensión elevada. Existen países en los cuales se subsidia a la gente que vive bajo o en las inmediaciones de las líneas de alta tensión, bajo el supuesto que los tejidos orgánicos pudiesen ser perjudicados por los campos electromagnéticos provocados.

La justificación social es que la ejecución de esta investigación permitirá conocer los impactos ambientales electromagnéticos que genera la Línea de Transmisión LT-1112 Chimbote Sur – Nepeña de 138 Kv que pasa por el Campus 2 de la Universidad del Santa, Nuevo Chimbote; lo cual es muy importante porque va a permitir tener información para que se tomen las medidas adecuadas para mitigar estos impactos que pueden afectar, tanto al ambiente como la calidad de vida de los

pobladores que viven en el ámbito de influencia del trazo de ruta de la Línea de Transmisión entre los espacios antes indicados.

La justificación científica es que los campos electromagnéticos deben cumplir con los valores de los estándares Nacionales para Radiaciones No ionizantes, tanto para las personas que tendrán un contacto directo con la línea de transmisión y pobladores que tienen contacto indirecto.

La Línea de Transmisión Chimbote Sur – Nepeña de 138 Kv que pasa por el Campus 2 de la Universidad del Santa. Esta Línea de Transmisión está constituida por la Ternas L 1112.

La Línea de Transmisión tiene una Tensión Nominal de 138 Kv, Potencia Nominal de 30 MVA, Factor de Potencia de 0,85, cuenta con una longitud total de 7 Km y con conductores de AAAC – 127 mm². En el área de investigación se encuentran las estructuras de madera biposte, todas de 25 metros de altura.



Figura 3. Línea de Transmisión LT-1112 de 138 Kv, que pasa por el Campus 2 de la UNS.
Fuente: Google Earth

Toda Línea de Transmisión produce una serie de impactos que alteran el medio ambiente en sus diferentes componentes físico, biológico, socioeconómico y cultural. En el presente estudio evaluaremos sólo los impactos electromagnéticos que está despertando una especial atención, debido a los impactos ambientales que

ocasionan los campos magnéticos generados alrededor de las Líneas de Transmisión como consecuencia del efecto corona que se produce por la alta tensión, lo que ocasiona ruido en las cercanías de las Líneas de Alta Tensión.

Por lo expuesto nos planteamos el siguiente problema de investigación:

¿Cuál es el impacto ambiental del campo electromagnético de la Línea de Transmisión LT-1112, Nuevo Chimbote, que pasa por el Campus 2 de la Universidad del Santa de 138 Kv, diciembre del 2017?

Operacionalización de la variable se muestra en el siguiente cuadro:

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicadores (Unidades de medida)
Impacto ambiental del campo electromagnético de línea de transmisión	Es la evaluación de un campo de fuerza creado como consecuencia del movimiento de cargas eléctricas. Fuente: GreenFacts	La intensidad del campo electromagnético de una línea de transmisión que se mide en Gauss o Tesla, mediante un instrumento llamado Gaussómetro.	Gauss. Tesla.

El conductor de la línea de transmisión LT-1112 es de tipo AAAC, el cual presenta la siguiente definición: es un conductor de Aleación de Aluminio, utilizado normalmente como cable aéreo desnudo para distribución eléctrica primaria y secundaria. Es fabricado usando aleación de aluminio de alta fortaleza propiciando, así, una alta relación resistencia / peso. La aleación de aluminio del cable AAAC ofrece mayor resistencia a la corrosión que el cable ACSR.

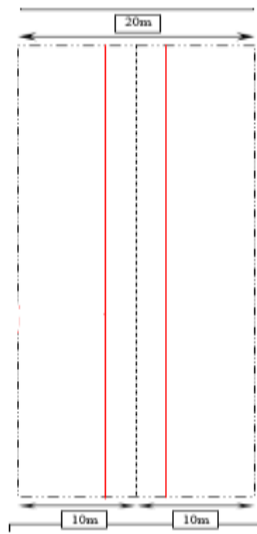


Figura 4. Vista de planta de la línea de transmisión LT-1112
Fuente: Elaboración Propia

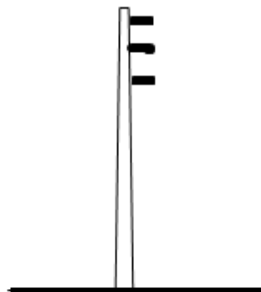


Figura 5. Vista de perfil de la línea de transmisión LT-1112
Fuente: Elaboración propia.

La Hipótesis planteada para la presente investigación es que el campo electromagnético de la Línea de Transmisión LT-1112 Chimbote Sur-Nepeña de 138 Kv, que pasa por el Campus 2 de la Universidad Nacional del Santa genera impactos ambientales negativos, Nuevo Chimbote – diciembre 2017.

El objetivo general es evaluar los Impactos ambientales del campo electromagnético producido por la Línea de Transmisión LT-1112 Chimbote Sur-Nepeña de 138 Kv, que pasa por el Campus 2 de la Universidad Nacional del Santa – Nuevo Chimbote - diciembre 2017.

Como objetivos específicos tenemos:

Identificar el impacto ambiental del campo electromagnético generado por la Línea de Transmisión LT-1112 Chimbote Sur-Nepeña de 138 Kv, que pasa por el Campus 2 de la Universidad Nacional del Santa en cada uno de los tramos medidos en cada turno.

Identificar el impacto ambiental del campo electromagnético generado por la Línea de Transmisión LT-1112 Chimbote Sur-Nepeña de 138 Kv, que pasa por el Campus 2 de la Universidad Nacional del Santa en cada uno de los días medidos, en toda su longitud en estudio.

Medir el campo electromagnético generado por la Línea de Transmisión LT-1112 Chimbote Sur-Nepeña de 138 Kv, que pasa por el Campus 2 de la Universidad Nacional del Santa y compararlo con los Estándares Nacionales, en su longitud total en estudio.

Determinar un análisis a través de intervalos en el cual se visualice un máximo y mínimo valor del campo electromagnético generado por la Línea de Transmisión LT-1112 Chimbote Sur-Nepeña de 138 Kv, en el tramo en estudio, con un nivel de confianza del 95%; en cada uno de los turnos en estudio.

Determinar un análisis a través de intervalos en el cual se visualice un máximo y mínimo valor del campo electromagnético generado por la Línea de

Transmisión LT-1112 Chimbote Sur-Nepeña de 138 Kv, en el tramo en estudio, con un nivel de confianza del 95%; en cada uno de los días en estudio.

Determinar un análisis a través de intervalos en el cual se visualice un máximo y mínimo valor del campo electromagnético generado por la Línea de Transmisión LT-1112 Chimbote Sur-Nepeña de 138 Kv, en el tramo en estudio, con un nivel de confianza del 95%; en su longitud total en estudio.

II Metodología

La investigación requiere tener una percepción clara y exacta de los impactos ambientales de campos electromagnéticos generados por la Línea de Transmisión LT-1112 Chimbote Sur-Nepeña de 138 Kv que pasa por el Campus 2 de la Universidad Nacional del Santa, por lo que se utilizó el método de la observación y medición.

2.1. Tipo y Diseño

El trabajo de investigación es de tipo descriptiva de diseño no experimental transversal. Este tipo de diseño permite describir la realidad tal y conforme se presenta en la naturaleza, en este tipo de investigación no se manipula la variable, solamente se observa y se describe el fenómeno tal y conforme se presenta, se utiliza para problemas de identificación o descubrimiento de las características de la realidad.

2.2. Población y Muestra

2.2.1. Población

La población en estudio se encuentra determinado por el trazo de la ruta de la Línea de Transmisión y limitado solo el tramo que pasa por el Campus 2 de la Universidad Nacional del Santa con una longitud total de 885 metros, en Nuevo Chimbote en el mes de Diciembre 2017.

2.2.2 Muestra:

La muestra está constituida por 60 registros de campos electromagnéticos de la línea, tomándose las medidas a lo largo de la ruta de la Línea de Transmisión que pasa por el Campus 2 de la Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbote.

La muestra fue probabilística de tipo aleatorio sistemático, donde se tomó una medida cada 15 metros (k=15) cuyo inicio fue el punto cero.

Para el cálculo de la muestra se utilizó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{NZ^2S^2}{(N-1)E^2 + Z^2S^2}$$
 Para cuando se conoce el tamaño de la población.

Donde:

Z : Puntaje correspondiente al nivel de confianza

(para 95% de confianza Z= 1.96).

N : Total de elementos de la población en estudio (N=885)

E : Error permitido (E=0.10)

S² : Varianza de la población o su estimación (S²=0.1806).

n : tamaño de muestra a ser estudiada

2.3 Técnicas e Instrumentos de Investigación

La técnica que se utilizó fue la observación y el instrumento es el Gaussómetro que mide los campos electromagnéticos en miligauss de modelo TM-191 de la marca TENMARS, GPS modelo map60 de la marca GARMIN, una ficha de observación y una laptop donde se registrará las medidas, la ruta y la distancia exacta de la línea de transmisión en estudio.

Para documentar la recopilación de información se utilizó una cámara digital, que permite sustentar los trabajos de recopilación realizados dentro del área de influencia del estudio.

2.4 Proceso y Análisis de la Información

Se realizó las mediciones del campo electromagnético en el trazo de ruta de la Línea de transmisión de 138 Kv que pasa por el Campus 2 de la Universidad Nacional del Santa. Se tomó mediciones a las 09:00, 15:00 y 20:00 horas, los días 11, 15 y 17 de diciembre del 2017, en el eje de la Línea de Transmisión y en cada lado lateral del eje se tomó tres mediciones realizadas a 3, 6, 9 metros respectivamente, y en cada medida se tomaron datos en cada uno de sus tres (03) ejes x, y, z.

Después de haber culminado con el trabajo de recopilación de datos, estos se ordenaron, resumieron y se evaluaron de acuerdo a la naturaleza de las variables de interés indicados en la presente investigación, donde el proceso de los datos se realizó utilizando los software del Excel, finalmente para el análisis de la información se realizó a través de tablas, gráficos, promedios, estimación interválica con un nivel de significancia del 95%, luego del análisis estadístico se tomó la decisión de aceptar o rechazar la hipótesis planteada inicialmente.

III. Resultados

Durante los trabajos de campo se ha detectado que la Línea de Transmisión cerca a las redes de distribución en media y baja tensión tiene los valores de campo electromagnético mayores.

En la noche se obtuvieron mayores valores debido al aumento del uso de la energía eléctrica.

El campo electromagnético generado por la línea de transmisión en cada uno de los tramos en estudio tanto por turno y por día se muestran en los siguientes Gráficos:

Ojo: Con respecto a los promedios de campo electromagnético por turno se puede apreciar de acuerdo a los gráficos una secuencia casi homogénea.

Los promedios de campo electromagnético para los tres turnos (mañana, tarde y noche) de los tramos 0 y 1 se puede apreciar que existe un campo electromagnético a lado izquierdo y debajo de la línea de transmisión con picos aproximadamente de hasta 12 a 16 mili gauss, esto es razonable debido a que en esos tramos existen redes de distribución en media y baja tensión.

El campo electromagnético generado por la línea de transmisión en cada uno de los tramos en estudio tanto por turno y por día se muestran en los siguientes Gráficos (figura 6, figura 7, figura 8):

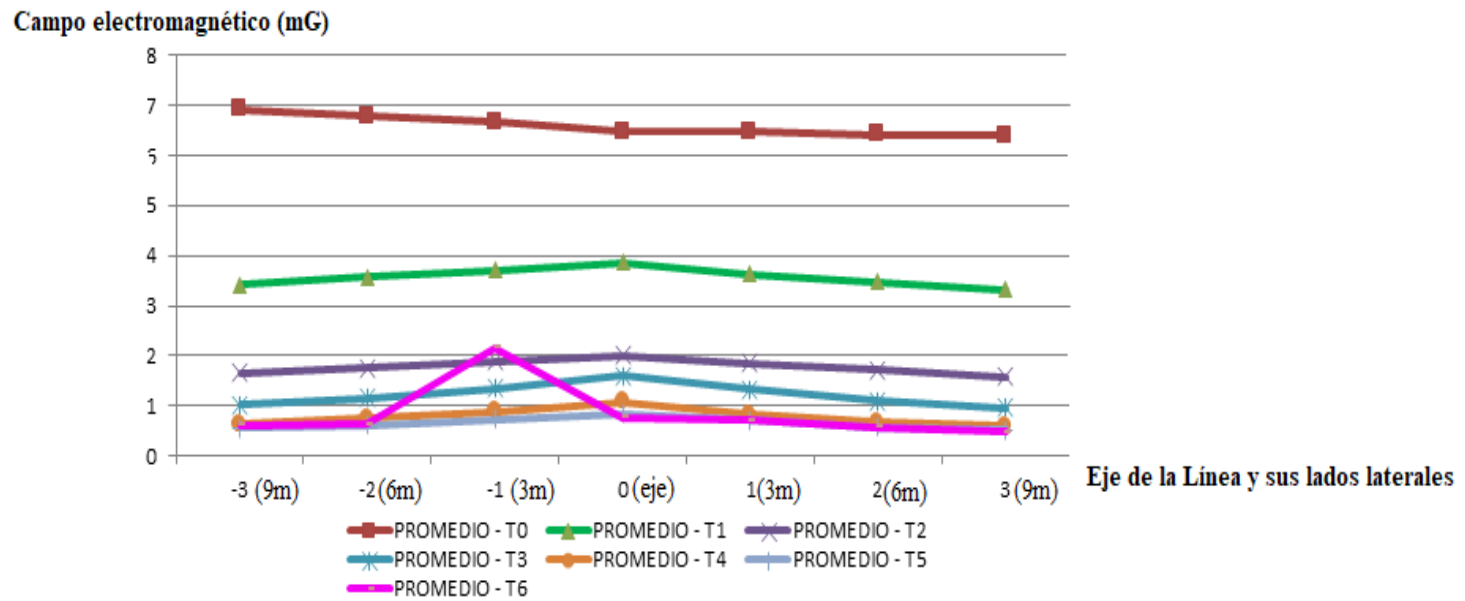


Figura 6. Promedios de campo electromagnético por tramo turno mañana.
Fuente: Elaboración propia.

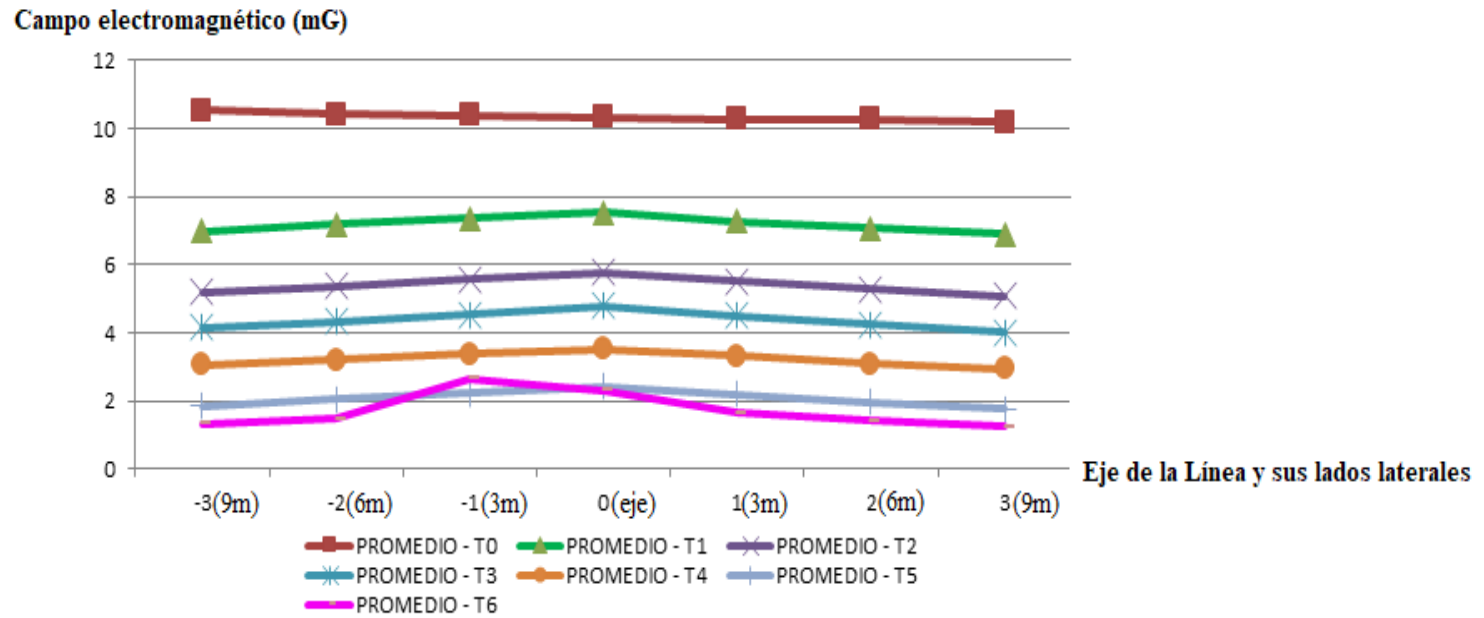


Figura 7. Promedios de campo electromagnético por tramo turno tarde.
Fuente: Elaboración propia.

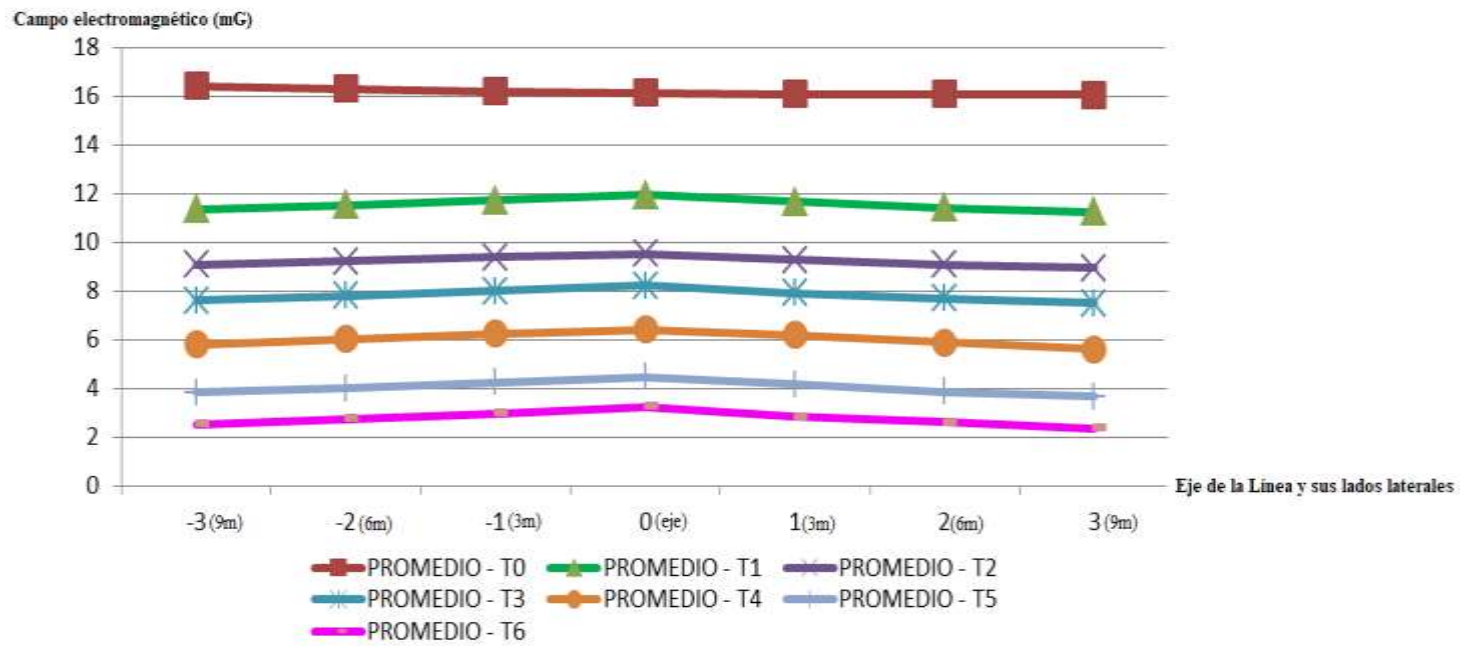


Figura 8. Promedios de campo electromagnético por tramo turno noche.
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 9 podemos apreciar que en los tres turnos (mañana, tarde y noche) se tiene aproximadamente la misma tendencia. En las medidas 01 y 02 se puede observar que se llega casi aproximadamente a picos de 18 mili gauss.

En la figura 10 podemos apreciar una diferencia muy proporcionada en el segundo y tercer día con respecto al primer día de medición.

Asimismo se aprecia picos de casi aproximadamente 14 mili gauss en las medidas 01 y 02.

- ✓ El campo electromagnético generado por la línea de transmisión en su longitud total en estudio tanto por turno y por día se muestran en la tabla 4.

De las figuras 9 y 10, podemos apreciar que para el promedio por turno tenemos un valor pico aproximadamente inferior a 18 mili gauss, y respectivamente para el promedio por día tenemos un valor pico aproximadamente inferior a 14 mili gauss; los cuales los podemos apreciar mejor en los siguientes cuadros de promedios generales por tramo y por día.

- ✓ En los siguientes gráficos podemos visualizar los valores promedios tanto por turno y por día de toda la longitud de la línea de transmisión en estudio.

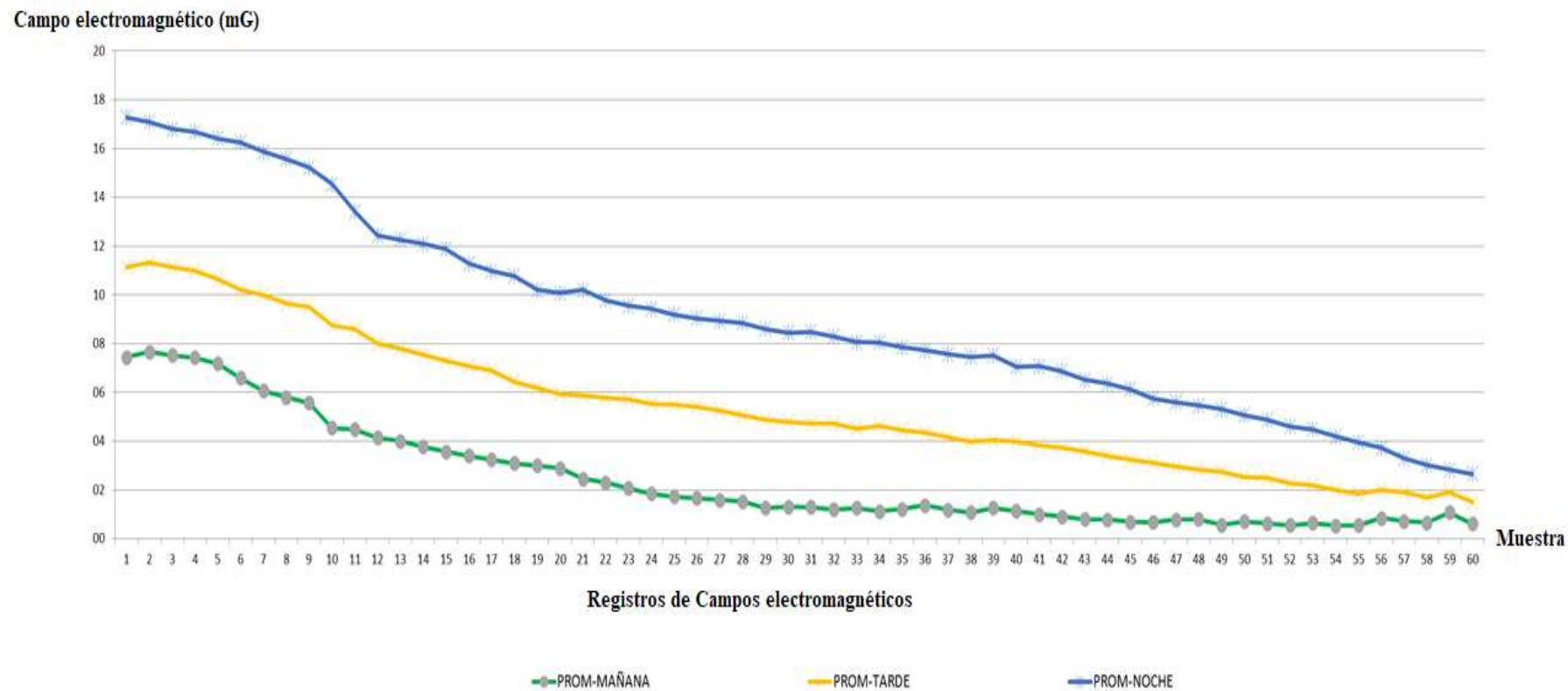


Figura 9. Promedios de campo electromagnético en su longitud total de la línea de transmisión por turno.
Fuente: Elaboración propia.

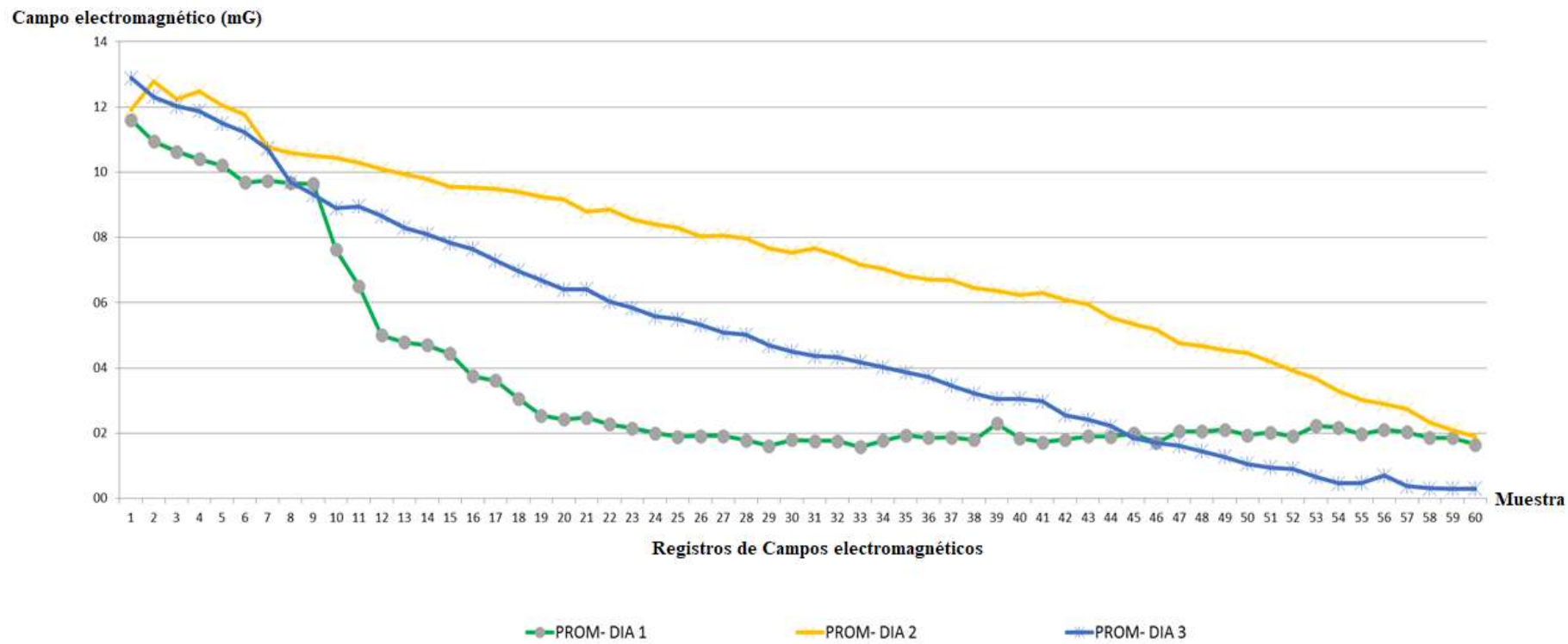


Figura 10. Promedios de campo electromagnético en su longitud total de la línea de transmisión por día.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4
Promedios generales de los campos magnéticos por turno y día de toda la longitud en estudio en los puntos de medición

Promedio	Puntos de medición						
	-3	-2	-1	0	1	2	3
Promedio turno mañana	2,12	2,18	2,48	2,38	2,22	2,07	1,97
Promedio turno tarde	4,72	4,85	5,15	5,23	4,95	4,75	4,58
Promedio turno noche	8,08	8,22	8,39	8,55	8,29	8,08	7,90
Promedio día 1	3,89	4,02	4,17	4,29	4,08	3,84	3,64
Promedio día 2	7,55	7,66	7,88	7,95	7,73	7,56	7,43
Promedio día 3	5,16	5,24	5,37	5,52	5,32	5,16	5,05
Promedio Total	4,97	5,08	5,34	5,39	5,15	4,97	4,82

Los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Radiaciones No Ionizantes aprobadas mediante D.S. N° 010-2005 PCM, establecen como Límite Máximo Permisible del campo electromagnético de 83,3 μ T, equivalente a 833 miliGauss.

Dichos valores comparados con los valores de los estándares nacionales se pueden apreciar que son muchísimos más inferiores.

- ✓ En la siguiente tabla visualizamos a través de intervalos un límite inferior y un límite superior de campos electromagnéticos que se podría generar en la línea de transmisión en cada uno los turnos en estudio con un nivel de significancia del 95%.

Tabla 5
Intervalos por turno de toda la longitud en estudio

PROMEDIOS	PUNTOS DE MEDICIÓN													
	-3		-2		-1		0		1		2		3	
	LI	LS	LI	LS	LI	LS	LI	LS	LI	LS	LI	LS	LI	LS
PROM. MAÑANA	1,76	2,98	1,85	3,02	2,03	3,14	2,12	3,16	1,93	3,01	1,77	2,88	1,66	2,78
PROM. TARDE	4,51	6,03	4,66	6,14	4,87	6,30	5,02	6,41	4,77	6,20	4,55	6,02	4,38	5,86
PROM. NOCHE	7,87	10,06	8,03	10,16	8,21	10,29	8,38	10,42	8,13	10,20	7,89	10,01	7,70	9,86

Se puede observar que los límites superiores o valores máximos con un nivel de significancia del 95% no superan los límites máximos permisibles por los estándares nacionales.

- ✓ En la siguiente tabla visualizamos a través de intervalos un límite inferior y un límite superior de campos electromagnéticos que se podría generar en la línea de transmisión en cada uno los 3 días en estudio con un nivel de significancia del 95%.

Tabla 6
Intervalos por día de toda la longitud en estudio

PROMEDIOS	PUNTOS DE MEDICION													
	-3		-2		-1		0		1		2		3	
	LI	LS	LI	LS	LI	LS	LI	LS	LI	LS	LI	LS	LI	LS
PROM. 1 DIA	3,02	4,76	3,19	4,86	3,36	4,97	3,52	5,06	3,30	4,85	3,06	4,63	2,85	4,43
PROM. 2 DIA	6,80	8,30	6,94	8,39	7,19	8,57	7,25	8,64	7,01	8,44	6,82	8,29	6,68	8,18
PROM. 3 DIA	4,21	6,11	4,31	6,18	4,45	6,29	4,62	6,41	4,40	6,24	4,23	6,09	4,11	5,99

Se puede observar que los límites superiores o valores máximos con un nivel de significancia del 95% no superan los límites máximos permisibles por los estándares nacionales.

- ✓ En la siguiente tabla podemos visualizar a través de intervalos un límite inferior y un límite superior de campos electromagnéticos que se podría generar en la línea de transmisión en toda su longitud en estudio con un nivel de significancia del 95%.

Tabla 7
Intervalos generales por turno y día de toda la longitud en estudio

PROMEDIO	PUNTOS DE MEDICION													
	<u>-3</u>		<u>-2</u>		<u>-1</u>		<u>0</u>		<u>1</u>		<u>2</u>		<u>3</u>	
	LI	LS	LI	LS	LI	LS	LI	LS	LI	LS	LI	LS	LI	LS
PROMEDIO TOTAL GENERAL	4,72	6,35	4,85	6,43	5,05	6,56	5,18	6,66	4,95	6,47	4,74	6,30	4,59	6,16

De la tabla podemos visualizar que los límites superiores o valores máximos con un nivel de significancia del 95% no superan los límites máximos permisibles por los estándares nacionales.

IV. Análisis y discusión

El estudio realizado concuerda con la investigación de Maestría en Ecología y Gestión Ambiental elaborado por Gallipoliti V. (2011), donde menciona que mientras más larga sea la línea, mayores serán los impactos ambientales sobre los recursos naturales, sociales y culturales.

Según tabla 4 la investigación realizada concuerda con el Estudio de impacto ambiental de la Línea de Transmisión de 138 Kv, Subestación Trujillo Norte-Nueva Subestación Trujillo Noreste elaborada por la Empresa Asesoría y Consultoría Empresarial, donde menciona que el mayor impacto ambiental del campo electromagnético será en el área de influencia directa.

Las mediciones del campo electromagnético se realizaron mediante la utilización del Gaussómetro de la marca TENMARS y la longitud en estudio de la Línea de Transmisión LT-1112 de 138 Kv mediante un GPS modelo map60 de la marca GARMIN. Las mediciones del campo electromagnético se realizaron en el trazo de ruta de la Línea de Transmisión de 138 Kv que pasa por el Campus 2 de la Universidad Nacional del Santa. Se tomó mediciones en diferentes horarios y días del mes de Diciembre 2017, en el eje de la Línea de Transmisión LT-1112 y en cada lado lateral del eje se tomó tres mediciones realizadas a 3, 6, 9 metros respectivamente, y en cada medida se tomaron datos en cada uno de sus tres (03) ejes x, y, z.

Los cálculos que corresponden a los valores del campo electromagnético por turno y día de toda la longitud en estudio se encuentran en la tabla 4, donde los valores son menores de 833 miliGauss tal como exige los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Radiaciones No Ionizantes aprobadas mediante D.S. N° 010-2005 PCM.

El mayor valor promedio se encuentra debajo de la línea de transmisión y a lado izquierdo a unos 3 m del eje de la línea de transmisión debido a que en los

primeros tramos se encuentran redes de distribución en media y baja tensión, influye la existencia de viviendas; y en los siguientes tramos la línea se encuentra sobre terreno totalmente despejado sin nada alrededor del eje de la línea de transmisión.

V. Conclusiones

Utilizando el método de promedios en el Excel, obtuvimos que:

- El mayor valor promedio por turno y días de los campos electromagnéticos se encuentra debajo de la línea de transmisión que fue de 5.39 mili Gauss (de la tabla 05), este valor se encuentra por debajo, del límite máximo permisible de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para radiaciones no ionizantes en nuestro País.

- El mayor valor promedio por día de los campos electromagnéticos se encuentra debajo de la línea de transmisión y a lado izquierdo a unos 3 m del eje de la Línea de Transmisión que fue entre 5.39 y 5.34 mili Gauss respectivamente (de la tabla 05), este valor se encuentra por debajo, del límite máximo permisible de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para radiaciones no ionizantes en nuestro País.

El mayor valor promedio se encuentra debajo de la línea de transmisión y a lado izquierdo a unos 3 m del eje de la línea de transmisión debido a que en los primeros tramos se encuentran redes de distribución en media y baja tensión, influye la existencia de viviendas; y en los siguientes tramos la línea se encuentra sobre terreno totalmente despejado sin nada alrededor del eje de la línea de transmisión.

Existe un 95 % de confianza que el campo electromagnético promedio del total promedio del día y turno en toda la longitud en estudio se encuentra entre 5,18 mG y 6,66 mG.

La línea de Transmisión LT-1112 no genera impacto ambiental negativo; por lo tanto, no habrá efectos sobre el uso de la tierra, no presenta riesgo para la salud y seguridad, y no presenta área de vegetación.

VI. Recomendaciones

Analizando los resultados obtenidos en los diferentes aspectos estudiados, así como en base a las conclusiones nos permitimos recomendar:

- Los ciudadanos deben respetar las distancias de seguridad, no acercarse y así evitar cualquier riesgo eléctrico.
- Realizar el monitoreo continuo de los valores de campos magnéticos debido a que estos valores aumentarían conforme el uso de la energía eléctrica se incremente.
- En la actualidad la línea de transmisión LT-1112 pasa por el terreno de la Universidad del Santa, dicho terreno se encuentra por ahora libre solamente está cercado alrededor; pero a futuro será un problema de seguridad y salud para los estudiantes y docentes de la universidad. Se recomendaría tomar medidas y reunirse con las autoridades correspondientes para una solución.
- Se debe evitar la creación de áreas verdes dentro de la faja de servidumbre de la Línea de Transmisión, ya que ante una caída de conductor puede representar una impedancia de falla que podría afectar la actuación de la protección de fase a tierra, pudiendo ocasionar incendios por arcos eléctricos.
- Realizar varias mediciones, ya que el campo magnético de la línea de Transmisión varía de acuerdo a la hora y días, pues habrá días donde el consumo de la energía eléctrica será mayor, en general en las noches es donde más se elevan las medidas.

VII. Referencias bibliográficas

- ✓ Beltrán T., Jiménez I., Padilla J. (2012). *Propuesta y análisis de un método para reducir la interferencia electromagnética en Líneas de Transmisión debido a los Campos Magnéticos de baja frecuencia*. Distrito federal – México: Instituto Politécnico Nacional-México.
- ✓ Bobadilla J., Patazca J., Cáceres A., & Banda D. (2011). *Estudio de Impacto Ambiental para la Línea de Transmisión en 138Kv Subestación Trujillo Norte - Nueva Subestación Trujillo Noreste incluida la nueva subestación, Provincia de Trujillo, Departamento de La Libertad, Perú*. Trujillo: Empresa Asesoría y Consultoría Curba y Asociados S.A.C.
- ✓ Consultora Biosfera Gestión Ambiental. (2012). *Estudio de Impacto Ambiental Definitivo para la Construcción y Operación de la Línea de Transmisión a 138Kv Recuperadora EMAAP-Q y Subestación Eléctrica Tababela*. Quito - Ecuador: Consultora Biosfera Gestión Ambiental.
- ✓ Dirección General de Electricidad. (2006). *Código Nacional de Electricidad-Suministro*. Lima-Perú: Ministerio de Energía y Minas.
- ✓ Empresa Nacional de Electricidad. (2012). *Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental Analítico Específico del Proyecto Línea de Transmisión 230Kv Asociada a la Central Hidroeléctrica Misicuni - Santivañez, Cochabamba - Bolivia*. Cochabamba - Bolivia: Empresa Consultora Innova S.R.L.
- ✓ Gallipoliti V. (2011). *Efectos Ambientales asociados a Líneas de Transporte Eléctrico*. Chaco - Argentina.: Facultad de Arquitectura y Urbanismo - Universidad Nacional del Nordeste.

VIII. Agradecimientos

DEDICADO

A

Mis padres, hermanos, esposa e hijo quienes están siempre a mi lado motivándome para seguir creciendo profesionalmente y cumplir con todas mis metas trazadas.

A Dios

Por darme salud, infinito amor y haber permitido llegar a cumplir un nuevo objetivo en mi vida profesional.

A mis Padres

Ruber y Blanca, por mi formación profesional

A mis Hermanos

Yamir y Ruby, Por su comprensión y apoyo incondicional

A mi Esposa e Hijo

Mayra y Geráld, que son mi motivación para esforzarme día a día

A los Docentes del curso de Maestría por su asesoría.

IX. Anexos

Anexo 1:

Ficha de observación

TURNO:

DIA

Medida	Eje	-3	-2	-1	0	1	2	3
1	x							
	y							
	z							
2	x							
	y							
	z							
3	x							
	y							
	z							
4	x							
	y							
	z							
5	x							
	y							
	z							

Anexo 2:



GPS map60 navegador, GARMIN



Medidor digital de Campos Electromagnéticos C-7301

Anexo 3:



“Punto 0” inicio de las mediciones



Línea de Transmisión de 138 kv que pasa por el Campus 2 de la UNS.



Redes de Distribución en Media y Baja Tensión cerca a la LT-1112.