

**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO  
VICERRECTORADO  
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES INGENIERÍA ELECTRÓNICA**



**“ESTIMACIÓN DE NIVELES DE RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA PRODUCIDA POR  
ANTENAS DE TELEFONÍA MÓVIL EN EL DISTRITO MUNICIPAL 1 DE EL ALTO”**

Resolución HCC N° 020/2022

**EQUIPO DE INVESTIGADORES:**

Ing. Braulio Paco Huanca  
Univ. Zuleyda Mendoza Basilio  
Univ. Orlando Cardozo Condarco

EL ALTO – BOLIVIA

2022



## UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO

### **AUTORIDADES**

Dr. Carlos Condori Titirico  
**RECTOR**

Dr. Efrain Chambi Vargas Ph. D.  
**VICERRECTOR**

Dr. Antonio López Andrade Ph. D.  
**DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

Ing. Roger Omar Llanque Villavicencio  
**DECANO DE ÁREA DE INGENIERÍA “DESARROLLO TECNOLÓGICO PRODUCTIVO”**

M.Sc. Ing. Fernando Quispe Suca  
**DIRECTOR DE CARRERA INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

M.Sc. Ing. Ronald Calla Huallpa  
**COORDINADOR DEL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES  
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

REGISTRO EN SENAPI: Resolución Administrativa N°1-2959/2022  
DERECHOS RESERVADOS: Universidad Pública de El Alto

Dirección UPEA: Av. Sucre s/n Zona Villa Esperanza

Diciembre 2022  
El Alto – Bolivia

## PRESENTACIÓN

---

En el marco del proyecto de investigación "Estimación de niveles de radiación electromagnética producida por antenas de telefonía móvil en el Distrito Municipal 1", se presenta un estudio sobre la exposición a la radiación electromagnética en el primer distrito municipal de la ciudad de El Alto. Se analizaron los niveles de radiación en relación con la densidad de antenas y se estimaron los niveles de exposición personal. Los resultados indican que el nivel de radiación en el área estudiada es bajo y no representa un riesgo para la salud

En esta investigación se pretendió analizar el impacto que pueden tener estas antenas en la salud de las personas. Para ello, se realizaron mediciones de los niveles de radiación en diferentes puntos del Distrito Municipal 1 y se compararon con los límites recomendados por la Comisión Internacional para la Protección contra las Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP). Los resultados indican que los niveles de radiación electromagnética en el Distrito Municipal 1 se encuentran dentro de los límites recomendados por la ICNIRP.

Al llegar al ocaso de la gestión 2022, nos permitimos difundir los resultados de este trabajo de investigación realizado por un equipo de investigación de la carrera de Ingeniería Electrónica de la Universidad Pública de El Alto, apropiándose del método científico, desarrollando de esta manera un proyecto multidisciplinario de carácter innovador, aportando conocimientos que respondan a las necesidades de nuestra sociedad.

M.Sc. Ing. Ronald Calla Huallpa  
**COORDINADOR DEL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES  
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

## AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES

---

El equipo de investigadores del presente proyecto de investigación agradece la colaboración a las siguientes instituciones:

- Universidad Pública de El Alto
- Dirección de Investigación Ciencia y Tecnología
- Área de Ingeniería “Desarrollo Tecnológico y Productivo”
- Dirección de Carrera Ingeniería Electrónica
- Centro de Estudiantes de la Carrera Ingeniería Electrónica
- Habitantes del Distrito Municipal 1 de El Alto que colaboraron en el llenado de las encuestas y las mediciones.

Ing. Braulio Paco Huanca  
**DOCENTE INVESTIGADOR**  
**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

# ÍNDICE GENERAL

---

PRESENTACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES.....	III
ÍNDICE GENERAL.....	IV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
RESUMEN.....	X
ABSTRACT.....	XI
CAPÍTULO I.....	1
1    INTRODUCCIÓN.....	1
1.1    PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.2    SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.....	3
1.2.1    FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
1.3    OBJETIVOS.....	5
1.3.1    OBJETIVO GENERAL.....	5
1.3.2    OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
1.4    HIPÓTESIS.....	5
1.5    JUSTIFICACIÓN.....	5
1.5.1    JUSTIFICACIÓN ACADÉMICA.....	5
1.5.2    JUSTIFICACIÓN SOCIAL.....	6
1.6    JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA.....	6
1.7    ALCANCES Y LÍMITES DE LA INVESTIGACIÓN.....	6
1.7.1    ALCANCES.....	6
1.7.2    LÍMITES.....	7
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	8
2    ANTECEDENTES.....	8
2.1.1    INVESTIGACIÓN A NIVEL NACIONAL.....	8
2.1.2    INVESTIGACIÓN A NIVEL INTERNACIONAL.....	8
2.2    PUNTOS DE VISTA DE OTROS INVESTIGADORES.....	10
2.3    BASES TEÓRICAS.....	12
2.4    ANTENAS.....	12

GANANCIA .....	12
DIRECCIÓN .....	13
POLARIZACIÓN:.....	13
DIAGRAMA DE RADIACIÓN .....	14
2.4.1 TIPOS DE ANTENAS. ....	16
2.5 RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA .....	16
2.5.1 EL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO.....	17
RADIACIÓN NO IONIZANTE .....	20
RADIACIÓN IONIZANTE .....	21
IONIZACIÓN .....	22
2.5.2 APLICACIONES BENEFICIOSAS DE LA RADIACIÓN.....	23
2.5.3 LÍMITES DE EXPOSICIÓN HUMANA A LA RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA. 23	
2.5.4 LÍMITES DE EXPOSICIÓN HUMANA A LA RADIACIÓN A EMPLAZAMIENTOS CELULARES.....	24
2.5.5 RIEGOS POR EXPOSICIÓN A LA RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA .....	26
2.6 CIUDAD DE EL ALTO.....	28
2.6.1 MUNICIPIO DE EL ALTO. ....	28
DISTRITO MUNICIPAL 1 .....	29
2.6.2 TELEFONÍA MÓVIL EN LA CIUDAD DE EL ALTO. ....	32
2.6.3 ANTENAS INSTALADAS EN EL DISTRITO 1.....	32
2.7 IDENTIFICACIÓN DE LAS FUENTES. ....	33
CAPITULO III. MARCO METODOLÓGICO .....	34
3 ASPECTOS GENERALES .....	34
3.1 ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN.....	34
3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	35
3.3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	35
3.4 VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN .....	37
3.5 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	37
3.6 AMBIENTE DE LA INVESTIGACIÓN.....	39
3.6.1 EN GABINETE.....	39
3.6.2 EN CAMPO .....	40
3.6.3 EN LABORATORIO .....	40
3.7 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS .....	40
3.7.1 TÉCNICA E INSTRUMENTOS PARA LA VARIABLE INDEPENDIENTE.....	41

3.7.2	TÉCNICA E INSTRUMENTO PARA VARIABLE DEPENDIENTE .....	42
3.8	PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN .....	42
	CAPÍTULO IV. RESULTADOS.....	45
4	RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN .....	45
4.1	ANTENAS INSTALADAS EN EL DISTRITO MUNICIPAL 1 DE LA CIUDAD DE EL ALTO. ....	45
4.2	TIPOS DE ANTENAS INSTALADAS.....	49
	ANTENAS SECTORIALES. ....	49
	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LAS ANTENAS KATHREIN .....	50
4.3	BANDA DE FRECUENCIAS UTILIZADA EN BOLIVIA PARA TELEFONÍA CELULAR.....	51
4.4	TIPOS DE INFRAESTRUCTURA PARA ANTENAS. ....	52
4.4.1	RADIO BASES CON TORRES AUTOSOPORTADAS (TORRES).....	53
4.4.2	RADIO BASES CON TORRES TIPO MONOPOLO ENCIMA DE LA AZOTEA (ROOFTOP).....	54
4.5	SECTORES CON MÁS ANTENAS DE TELEFONÍA MÓVIL INSTALADAS. ....	54
4.6	TOMA DE MUESTRAS DE MEDICIÓN .....	57
4.6.1	MEDICIÓN DE RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA.....	59
4.6.2	LUGARES CON NIVELES MÁS ALTOS DE RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA. ....	62
4.7	SALUD RELACIONADA CON LA RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA. ....	66
4.7.1	ANÁLISIS A LAS RESPUESTAS OBTENIDAS. ....	68
	FUNCIONAMIENTO DE ANTENAS DE TELEFONÍA MÓVIL.....	68
	CONOCIMIENTO EN ESTACIONES DE TELEFONÍA MÓVIL .....	69
	ANTENAS INSTALADAS CERCA DE LAS ZONAS DENTRO DEL D-1 .....	70
4.8	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN CON RESPECTO A LOS RIESGOS.....	70
	CAPÍTULO V. CONCLUSIONES .....	72
	CAPÍTULO VI. RECOMENDACIONES.....	75
	BIBLIOGRAFÍA .....	76
8	ANEXOS.....	80
8.1	RESOLUCIÓN SENAPI .....	81
8.2	EJEMPLOS DE REPORTES DE CAMPO. ....	84
8.3	MODELO DE CUESTIONARIO.....	108
8.4	MANUAL DE FUNCIONAMIENTO DE MEDIDOR DE RADIACIÓN .....	109

## ÍNDICE DE FIGURAS

---

FIGURA 1. EMISIÓN Y RECEPCIÓN DE ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS .....	13
FIGURA 2. EMISIÓN DE UNA ANTENA DE TELEFONÍA.....	15
FIGURA 3. DIAGRAMA DE RADIACIÓN DE UNA ANTENA.....	15
FIGURA 4 ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS .....	17
FIGURA 5. ESPECTRO ELECTROMAGNETICO .....	18
FIGURA 6. LONGITUD DE ONDA.....	19
FIGURA 7. EJEMPLOS DE RADIACIÓN NO IONIZANTE .....	21
FIGURA 8. EJEMPLOS DE APLICACIÓN DE RADIACIÓN IONIZANTE.....	22
FIGURA 9. MAPA DEL DISTRITO MUNICIPAL 1 .....	31
FIGURA 10. INVESTIGACIÓN NO EXPERIMENTAL .....	36
FIGURA 11. DISEÑO TRANSVERSAL.....	36
FIGURA 12. VARIABLES DE INVESTIGACIÓN. ....	37
FIGURA 13. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS .....	41
FIGURA 14. GEOLOCALIZACIÓN DE FOCOS CON MAYOR RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA.....	41
FIGURA 15. UBICACIÓN DE ANTENAS EN EL D-1 .....	48
FIGURA 16. RADIACIÓN DE ANTENAS SECTORIALES CON 120° .....	49
FIGURA 17. VISTA DE ANTENA MULTIBANDA MARCA KATHREIN .....	50
FIGURA 18. ANTENA SECTORIAL DE LA MARCA COMBA .....	51
FIGURA 19. VISTA DE UNA TORRE AUTOSOPORTADA.....	53
FIGURA 20. ANTENA EN TORRE TIPO MONOPOLO UBICADA EN LA PARTE SUPERIOR DEL EDIFICIO.....	54
FIGURA 21. RADIACIÓN 200 METROS DE LAS ESTACIONES BASE .....	57
FIGURA 22. PUNTOS DE INTERSECCIÓN CON MAYOR CANTIDAD DE RBS .....	58
FIGURA 23. LUGARES CON NIVELES ALTOS .....	62
FIGURA 24. TEJADA ALPACOMA, AV. PANORÁMICA ESQ. CALLE 2 .....	63
FIGURA 25. 12 DE OCTUBRE, AV. TIAHUANACU, ESQ. CALLE 3 .....	64
FIGURA 26. 12 DE OCTUBRE, CALLE 1, PLAZA DEL LUSTRA BOTAS.....	64
FIGURA 27. 12 DE OCTUBRE, AV. FRANCO VALLE ENTRE CALLES 2 Y 3 .....	65
FIGURA 28. SANTA ROSA, AV. CÍVICA ESQ. CALLE 4 .....	65

FIGURA 29. RANGO DE EDADES DE MUESTRA.....	66
FIGURA 30. SEXO DE LA MUESTRA.....	66
FIGURA 31. RESPUESTAS A PREGUNTAS CERRADAS.....	67
FIGURA 32. RESULTADOS A TIEMPO DE USO DE TELÉFONO MÓVIL.....	67
FIGURA 33. RESULTADOS A COBERTURA DE TELEFONÍA MÓVIL .....	68
FIGURA 34. PREGUNTA 1 DE CUESTIONARIO .....	69
FIGURA 35. PREGUNTA 2 DEL CUESTIONARIO .....	69
FIGURA 36. RESPUESTAS A PREGUNTA 3.....	70

## ÍNDICE DE TABLAS

---

TABLA 1. BANDA DE FRECUENCIAS.....	19
TABLA 2. LÍMITES MÁXIMOS PARA AMBIENTES CONTROLADOS – EXPOSICIÓN LABORAL.....	24
TABLA 3. LÍMITES MÁXIMOS PARA AMBIENTES NO CONTROLADOS – PÚBLICO EN GENERAL.....	24
TABLA 4. EJEMPLOS DE RANGO DE ESPECTROS ARTIFICIALES Y NATURALES....	26
TABLA 5. URBANIZACIÓN DEL DISTRITO MUNICIPAL 1.....	29
TABLA 6. COORDENADAS DE ANTENAS DE TELEFONÍA MÓVIL DENTRO EL D-1....	45
TABLA 7. ASIGNACIÓN DE FRECUENCIAS A OPERADORES DE TELEFONÍA MÓVIL .....	52
TABLA 8. PUNTOS CENTRALES CON MAYOR CANTIDAD DE ANTENAS.....	55
TABLA 9. ZONAS CON MÁS PUNTOS CRÍTICOS.....	59
TABLA 10. VALORES DE RADIACIÓN MEDIDOS.....	59
TABLA 11. ZONAS CON LUGARES DE RADIACIÓN ALTA.....	63

## RESUMEN

Los dispositivos móviles principalmente smartphones, y tablets y computadoras personales se han convertido en herramientas preferidas para la conexión a internet y hoy forman parte de nuestras vidas, tener internet representa un gran despliegue redes móviles implementadas en distintos puntos del área urbana y rural a su vez las proveedoras de servicios han implementado estaciones base para tener cobertura tanto en el área urbana y rural.

Ya por el año 2001 con la llegada del GSM en Bolivia, existieron reclamos menores sobre las instalaciones de antenas, pero con la llegada del COVID-19 se intensificó más este problema, los medios informativos indicaban a destrucción de las antenas de telefonía móvil en otros países y lo mismo fue replicado en los departamentos Santa Cruz y Cochabamba al hecho de que el año 2022 los habitantes pertenecientes al Distrito Municipal 1 de El Alto hicieron conocer sus reclamos a medios de prensa para ser atendidos sobre los supuestos casos de enfermedad provocados por las antenas instaladas alrededor de la Av. Panorámica.

La incertidumbre que se difundió fue que la radiación que emiten las antenas de telefonía móvil podía afectar a la salud de los seres humanos.

En la presente investigación demostramos con pruebas fehacientes de los daños que puede provocar la radiación ionizante y la no ionizante, de acuerdo con la investigación realizada se puede afirmar que, los niveles de densidad de potencia medidas en los lugares con mayor emplazamiento celular están por debajo de los límites de exposición permitidos según normativas internacionales y regulaciones existentes en Bolivia

## ABSTRACT

Mobile devices, mainly smartphones, tablets and personal computers, have become preferred tools for connecting to the Internet and today they are part of our lives. Having the Internet represents a great use of mobile networks implemented in different parts of urban and rural areas, in turn Service providers have implemented base stations to have coverage in both urban and rural areas.

In 2001, with the arrival of GSM in Bolivia, there were minor complaints about the antenna installations, but with COVID-19 this problem intensified further, the media indicated the destruction of mobile phone antennas in other countries. and the same was replicated in the departments of Santa Cruz and Cochabamba to the fact that in 2022 the inhabitants belonging to Municipal District 1 of El Alto made their claims known to the press to be attended to on the alleged cases of disease caused by the antennas. installed around Av. Panorámica.

The uncertainty that was spread was that the radiation emitted by mobile phone antennas could affect the health of human beings.

In the present investigation we demonstrate with reliable evidence the damage that ionizing and non-ionizing radiation can cause, according to the investigation carried out, it can be affirmed that the levels of power density measured in the places with the largest cell location are below of the exposure limits allowed according to international and existing regulations in Bolivia

## CAPÍTULO I.

### 1 Introducción.

La implementación de la tecnología GSM (Global System for Mobile communications) en Bolivia, involucró la instalación de una mayor cantidad de estaciones base de telefonía móvil, no pasaron muchos años hasta que en 2008 se implementó la tecnología 3G Tercera generación de transmisión de voz y datos a través de telefonía móvil mediante UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) llegando posteriormente en el año 2014 se implementa la tecnología 4G.

Los dispositivos móviles principalmente smartphones y tablets se han convertido en herramientas preferidas para la conexión a internet y hoy forman parte de nuestras vidas, tener internet representa un gran despliegue de redes móviles implementadas en distintos puntos del área urbana y rural, las estaciones base de telefonía móvil, son herramientas importantes para las telecomunicaciones.

Hechos históricos sin precedentes ocurrieron en abril de 2020, donde incendiaron varias antenas de telefonía móvil en Reino Unido, bajo el pretexto de la pandemia, en junio de 2020, en los departamentos de Santa Cruz y Cochabamba pobladores de comunidades rurales destruyeron antenas de operadores de telefonía móvil asentadas por sector creyendo que este sería un medio de transmisión para el contagio del COVID-19, pero muchos años antes ya había la susceptibilidad respecto posibles enfermedades y daños en la salud ocasionada por la radiación que emitían las antenas instaladas en diferentes puntos de la ciudad.

En enero de 2022, hubo una preocupación y reclamo de los habitantes aledaños al sector de la Av. Panorámica perteneciente al Distrito Municipal 1 de El Alto, en esa oportunidad mostraron temor y la incertidumbre de contraer alguna enfermedad por efectos de la radiación electromagnética generada por las antenas de telefonía móvil y repetidoras de estaciones radiales y televisivas.

Este hecho despertó el interés para focalizar este proyecto en el distrito 1; realizando una inspección visual, entre el límite de la Ciudad de La Paz y El Alto se puede encontrar una gran cantidad de antenas instaladas, entre ellas de televisión, radio, telefonía móvil y servicios privados.

En el desarrollo de trabajo se realizó estudios de campo inicialmente para verificar el tipo y tecnologías de estaciones base instaladas en el sector, posterior a ello se realiza el análisis mediante software para determinar los puntos geográficos con mayor cantidad de emplazamiento celular, finalmente se realiza las mediciones en 49 puntos centrales con gran concentración de antenas de telefonía móvil y las encuestas realizadas a la población relacionado con posibles casos de enfermedad en los puntos más críticos.

Con la información obtenida a través de la presente investigación, se logra encontrar datos relacionados al funcionamiento de las antenas, márgenes y límites de exposición humana a la radiación electromagnética, los beneficios y perjuicios ocasionados por la radiación electromagnética, estudios mencionados por la OMS y normativas establecidas por entes Internacionales que regulan el funcionamiento de las redes de telecomunicaciones.

La presente investigación no establece las enfermedades que podrían ocasionar los efectos de la radiación electromagnética, este factor necesariamente tiene que ser estudiado de manera multidisciplinaria, además se tendrían que tener casos clínicos relacionados con la radiación ocasionada por antenas de telefonía móvil.

### **1.1 Planteamiento del problema**

Con la aparición de los primeros casos de contagio de la enfermedad respiratoria coronavirus de 2019 (COVID-19), los rumores y farsas relacionados con la tecnología de telefonía móvil, se difundieron rápidamente por internet, redes sociales y servicios de mensajería instantánea, afirmando que el virus se transmitía por las ondas de radio proporcionados por la tecnología de telefonía móvil; esta situación ha ocasionado un despertar social entorno a las radiofrecuencias, el WiFi (Wireless Fidelity), los teléfonos móviles, las antenas y muy en particular con la tecnología relacionadas con telefonía móvil, en muchos casos surgieron movimientos ciudadanos para detener el desarrollo tecnológico o para ir destruyendo la tecnología en proceso de implementación de los cuales podríamos mencionar los siguientes desenlaces:

- En abril de 2020, incendiaron varias antenas de telefonía móvil en Reino Unido, bajo el pretexto de la pandemia (Sinclair, 2020).

- En muchos países, las personas que viven cerca de las instalaciones donde están asentadas las estaciones base, han evitado que se realice el mantenimiento esencial de los equipos (Sánchez, 2020).
- En junio de 2020, en los departamentos de Santa Cruz y Cochabamba pobladores de comunidades rurales destruyeron antenas de operadores de telefonía móvil asentadas por sus zonas creyendo que este sería un medio de transporte para el contagio del COVID-19 (Mendoza, 2020).
- Ese mismo año la Autoridad de Regulación y Fiscalización de Telecomunicaciones y Transporte (ATT) tuvo que sacar un comunicado aclarando que las antenas no propagan la enfermedad y tampoco existen antenas 5G instaladas (ATT, 2020).
- En Enero de 2022, existió una preocupación e incertidumbre por contraer alguna enfermedad causada por la radiación debida a la instalación desproporcionada de antenas entre el límite de la ciudades La Paz y E Alto, según el (EA Bolivia, 2022) reporta que:

Vecinos que viven en cercanías de las avenidas Panorámica y del Policía de Ciudad Satélite, consultados por este matutino, manifestaron su preocupación por la ubicación cercana de estas antenas a sus viviendas. Por ello solicitaron mayor información de las empresas telefónicas, de ATT y de alguna organización ambientalista para asumir una posición colectiva (p.1)

Este último caso mencionado, indica que los habitantes afectados se encuentran dentro el territorio que abarca la Subalcaldía del Distrito Municipal 1 de la Ciudad de El Alto.

## 1.2 Situación problemática

De acuerdo con la proyección de población realizada por el INE, al 2022 el municipio de El Alto contará con 1.109.048 habitantes, situándose como el segundo municipio con la mayor cantidad de habitantes solo por debajo de Santa Cruz de la Sierra (INE, 2020). Actualmente es uno de los centros urbanos con un gran despliegue de estaciones base instaladas en diferentes puntos de la ciudad que dan servicios de comunicaciones, sin embargo, para no tener inconvenientes con la tecnología actual o las venideras es necesario conocer y demostrar el funcionamiento y los posibles efectos nocivos en los habitantes de esta ciudad para así evitar los casos descritos anteriormente relacionados a:

- Desconocimiento de las diferentes tecnologías relacionadas con la telefonía móvil y su funcionamiento.
- Las políticas de educación en etapa escolar y pregrado relacionado con las Tecnologías de Información y Comunicación son casi nulas.
- En El Alto prima una “nostalgia campesina” de retorno a cosmovisiones andinas, a la “marka” precolombina: es decir, se evidencian actitudes nostálgicas acerca de tecnologías y formas de vida póstumas, promovidas por sentimientos de exclusión, discriminación racial, aislamiento, que idealizan una época de oro que quizás nunca existió (Quintana, 2004)
- Teorías conspirativas sobre las antenas de telefonía celular que indican ser el medio para propagación de enfermedades y repercuten en trabajadores y antenas (Lucas-Bartolo, 2020)
- La incertidumbre que se ha comenzado a difundirse es que la radiación que emiten las antenas de telefonía móvil puede afectar a la salud de los seres humanos (Enterarse - Equipo de investigación, 2020).
- Falta de normativas autoridades competentes del gobierno nacional como la ATT y el ministerio de salud para el uso adecuado de la tecnología, basado en la revisión de publicaciones de la ATT (ATT, 2022).

Un hito social resaltante ocurrió en el año 2003, donde esta ciudad lideró unas de las movilizaciones en defensa de los hidrocarburos (Quintana, 2004). Describir esta ciudad es sintetizar en una urbe caracterizada por ser pujante, rebelde y emprendedora; al tener estas particularidades es necesario brindar información y dar respuestas científicas y actualizados sobre los beneficios y desventajas que pueden causar las antenas de la tecnología de telefonía móvil instaladas en varios puntos de la ciudad de El Alto y además como UPEA ser la referencia científica y responder ante la sociedad temas relacionados con las nuevas generaciones de tecnología.

### **1.2.1 Formulación del Problema de la investigación**

¿La medición de la radiación electromagnética producida por las antenas pertenecientes a la tecnología de la telefonía móvil, permitirá identificar los riesgos que representa en la salud de los habitantes del distrito municipal 1 de la ciudad de El Alto?.

### 1.3 Objetivos

#### 1.3.1 Objetivo General

Determinar los niveles de radiación electromagnética producida por las antenas pertenecientes a la tecnología de la telefonía móvil para identificar los riesgos que representa en la salud de los habitantes del distrito municipal 1 de la ciudad de El Alto.

#### 1.3.2 Objetivos Específicos

- Obtener información de estudios anteriores relacionados con enfermedades producidas por la radiación emitida por antenas de telefonía móvil para realizar un análisis comparativo.
- Analizar el comportamiento del espectro electromagnético, ondas electromagnéticas y radiación electromagnética para verificar el tipo de radiación dañina.
- Verificar el comportamiento y funcionamiento de las antenas de telefonía móvil y el tipo de antenas con las que trabaja la tecnología de telefonía Móvil.
- Realizar mediciones de densidad de potencia en sectores con mayor emplazamiento de estaciones base de telefonía móvil.

### 1.4 Hipótesis

En la ciudad de El Alto, se puede estimar niveles de radiación electromagnética producida por antenas telefonía móvil.

### 1.5 Justificación

#### 1.5.1 Justificación académica

Como universidad, se debería tener un criterio científico acerca de los posibles problemas y riesgos que pueden ocasionar el estar expuesto a la gran cantidad de tecnología en funcionamiento, en algunos casos controlada y no controlada que se tienen instalados en diferentes puntos de esta urbe.

No se tiene disponibles los medidores de radiación electromagnética en los laboratorios que tiene la Universidad Pública de e Alto, en el mercado tampoco se puede encontrar este tipo de medidores ya que no es de uso habitual y solamente es utilizado para análisis de laboratorio.

### **1.5.2 Justificación Social**

Cuando se menciona de equipamiento tecnológico que pueden interferir con la salud humana, las personas suelen ponerse susceptibles y pueden llegar a obstruir la integración e implementación de nuevos sistemas o tecnología, por ello es importante conocer los riesgos que pueden significar el estar expuestos a las antenas de telefonía móvil; la información científica sobre este caso nos ayudará a descartar o afirmar los posibles daños a la salud ocasionada por esta nueva tecnología.

La información adquirida en el presente trabajo, sentará una base fundamental para para la socialización con la población de la ciudad de El Alto, a la fecha solo se cuenta con conjeturas y bulos de referencia relacionadas a la salud de las personas con la telefonía móvil.

### **1.6 Justificación Económica**

En laboratorios de nuestra universidad y en nuestra ciudad no existe a disponibilidad el equipo de medición, adquirir un equipo de medición de Radiación Electromagnética, necesariamente implicaría la importación del desde el exterior, los costos varían entre 400 y 800 dólares americanos, además de impuestos y del tiempo que se demora en llegar a nuestro país.

### **1.7 Alcances y límites de la investigación**

#### **1.7.1 Alcances.**

El presente proyecto de investigación estará focalizado netamente a la adquisición de datos mediante un medidor para el análisis de estos datos de acuerdo con las siguientes consideraciones:

- Las mediciones se realizarán dentro el área que comprende la jurisdicción de la Sub Alcaldía del Distrito Municipal 1 de la Ciudad de El Alto.
- La adquisición de datos para el análisis correspondiente, se realizará en los centros de las zonas con más habitantes.
- Se analizará el diseño de un prototipo en base a materiales y dispositivos existentes en el mercado de la ciudad de El Alto.

- El análisis estará dentro el estudio de nivel máximo de radiación permitido para el ser humano.

### **1.7.2 Límites**

- No se realizarán mediciones con equipos de gama alta.
- Los estudios de radiación se limitan a una exposición de 30 minutos.
- El equipo de medición no contempla el uso automático, para cada medición se deberá realizar la activación y la georreferenciación manual del punto o lugar de medición.
- No se realizarán mediciones en otras zonas que corresponden a otros distritos ajenos al Distrito Municipal 1 de la ciudad de El Alto.
- No se realizarán estudios del sistema biológico, solo se darán a conocer los niveles cuantitativos de radiación en diferentes puntos ubicados entro la jurisdicción del Distrito municipal 1 de la ciudad de El Alto.
- No se profundizará en un estudio de radiación al uso de más de 12 horas de teléfonos móviles.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2 Antecedentes

A nivel internacional, se tienen algunos estudios relacionados con el tema de la radiación electromagnética, a nivel nacional lamentablemente se carece de información relacionada con el objetivo de estudio. Sin embargo, se buscó y analizó información relacionada al tema de investigación los cuales se describen a continuación.

#### 2.1.1 Investigación a Nivel Nacional.

A nivel nacional, existen más conjeturas que escritos con respaldo científico, en el presente capítulo se expondrán estudios relacionados con la radiación electromagnética que presentan diferentes autores.

La tesis de pregrado realizada en la UMSA, La Paz, por IVONNE J. PACOHUANCA CRUZ, bajo el título “MEDICIÓN DEL NIVEL DE RADIACIÓN DE ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS CON ARDUINO” muestra lo siguiente:

**Objetivo:** Desarrollar un lector que mida el nivel de radiación de las ondas electromagnética que emiten los campos magnéticos

**Planteamiento de Problema:** ¿Cómo medir el nivel de radiación de las ondas electromagnéticas que emiten los campos magnéticos?

**Marco Metodológico:** En la elaboración del presente trabajo utilizaremos el Modelo en V o de cuatro niveles. El modelo en V es un proceso que representa la secuencia de pasos en el desarrollo del ciclo de vida de un proyecto. Describe las actividades y resultados que han de ser producidos durante el desarrollo del producto.

**Resultados:** Los datos obtenidos del lector de radiación debe tenerse en cuenta el nivel máximo en el que una persona puede estar expuesto a una radiación además del tiempo.

#### 2.1.2 Investigación a Nivel Internacional.

Un estudio realizado en la tesis de Maestría realizada en la Universidad Autónoma de Nayarit, México, por Hiram Navarrete Andrade, con el título: “PERCEPCIÓN DE RIESGOS PARA LA SALUD DE HABITANTES DE LUGARES CERCANOS A ANTENAS QUE

“GENERAN RADIACIONES ELECTROMAGNÉTICAS” habla de riesgos y beneficios de la tecnología, e ese sentido expone:

**Objetivo:** Conocer la percepción de personas que habitan cerca de una Estación Base de Telecomunicaciones sobre contaminación electromagnética y los riesgos a los que se están expuestos y su relación con variables sociodemográficas.

**Planteamiento de Problema:** La contaminación electromagnética o contaminación invisible, es un tipo de contaminación la cual está presente entre toda la población de manera constante debido a que es producida por las tecnologías procedentes de telefonía móvil y de la electrificación de los hogares y las propias ciudades.

**Marco metodológico:** Estudio observacional, transversal y correlacional en la colonia “Luis Echeverría Álvarez”, de la ciudad de Tepic, Nayarit, por medio de un muestreo no probabilístico (n=40) mediante una encuesta estructurada de 10 preguntas y una pregunta global, relacionada con la percepción hacia los riesgos a la salud provocado por las radiaciones no ionizantes. La encuesta se aplicó mediante una entrevista. Se usó Análisis de Correspondencias Múltiple (ACM) para el análisis de los datos.

**Resultados.** Aproximadamente el 70% de los encuestados tiene un desconocimiento sobre el peligro potencial de las antenas, y además considera que las autoridades también lo desconocen. La percepción del riesgo está relacionada con la edad y los años que los encuestados llevan viviendo en la zona.

En la Tesis Doctoral de la Universidad de Cádiz, España, defendida por el Dr. Francisco Sánchez de la Campa Lozano bajo el título “CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO DE LAS RADIACIONES ELECTROMAGNÉTICAS NO IONIZANTES GENERADAS Y RADIADAS EN LOS BUQUES Y EXPOSICIÓN LABORAL” contiene lo siguiente:

**Objetivo:** El Conocimiento de la existencia de Radiaciones No Ionizantes generadas y radiadas en los buques que nos conducirá a su Evaluación para un mejor control de las mismas respecto a la Exposición y Sobreexposición de los trabajadores a los Efectos Adversos para la Salud. Medir los valores de CEM y Evaluar las mediciones realizadas en los distintos buques “tipo” y zonas portuarias.

**Planteamiento de Problema:** orienta al análisis simultáneo y comparado de las normativas pertinentes relacionadas con la temática de nuestro trabajo; pero esto puede ser objeto de otros temas de estudio que difieren sustancialmente de nuestro propósito.

**Marco Metodológico:** Tiene como base el Método Científico por el que de forma sistemática se han incluido las Técnicas de Observación, Reglas para la Medición, para el Razonamiento y la Predicción, así como la Planificación y los Modos para la comunicación de los Resultados. Nos hemos ajustado a las Formas, a los Elementos y a los Tipos del Proceso de experimentación con el fin de apuntar nuevas aplicaciones de teorías o facilitar la modificación de las aplicaciones existentes.

**Resultados:** El Agente Físico OEM se manifiesta en forma invisible a través de energías eléctricas y magnéticas variables en el tiempo y en intensidad; esta conjunción da lugar a OEM de diferentes entidades (valores de frecuencia), tantas como oscilaciones se produzcan en un segundo, quedando agrupadas convencionalmente y clasificadas de acuerdo con el Reglamento de Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones.

## 2.2 Puntos de vista de otros investigadores.

La información acerca de estudios referentes a radiación electromagnética en nuestro país es casi nula, existe muy poca información relacionada a mediciones en relación a estudios realizados fuera de Bolivia.

En junio del 2021, el Ministerio de Obras Públicas Servicios y Vivienda, (Dirección General de Telecomunicaciones, 2021) afirman que:

Las antenas emiten un haz muy estrecho que se propaga de forma casi paralela al suelo y disminuye rápidamente al alejarse de ella. De modo que al nivel del suelo y en lugares de acceso público, las intensidades de los campos de radiofrecuencia son muy inferiores a los niveles considerados peligrosos (p. 2).

Según la publicación del artículo científico en la revista Información Tecnológica Vol. 18 (Aponte, Escobar, Pinedo, & Arizabaleta, 2007) indican que:

Para satisfacer las necesidades de sus usuarios, los operadores de los sistemas de comunicaciones utilizan las ondas electromagnéticas, e instalan una tupida red de

estaciones base, logrando así una buena cobertura, que posibilita comunicarse prácticamente desde cualquier lugar. La proliferación de estas estaciones base en el ámbito urbano ha despertado gran preocupación en la sociedad por los posibles riesgos adversos para la salud debidos a los campos electromagnéticos de alta frecuencia generados por los sistemas de AM, FM, microondas, telefonía fija inalámbrica y telefonía celular, siendo este un tema de actualidad sobre el cual se ha creado mucha especulación (p.40)

Según el Dr. (Fernández, 2002) en el artículo sobre Telecomunicaciones y Urbanismo por una delimitación de las competencias concurrentes afirma que:

Científicamente se ha comprobado que la transmisión digital de la telefonía móvil provoca perturbaciones de las ondas cerebrales y científicos de contrastada solvencia advierten de peligros potenciales, recordemos que en mayo de 1997 el Dr. Espinosa Arranz, Jefe de servicio de Oncología de la Clínica Ruber, alertaba de la relación entre radiación de telefonía móvil y la aparición de leucemias, tumores cerebrales, cáncer de mama y melanoma; también el prestigioso profesor Pedro Costa, Premio Nacional de Medioambiente, Consultor de Naciones Unidas y de la Unesco, Sociólogo e Ingeniero de Telecomunicaciones, señala los efectos térmicos producidos por las estaciones bases con incidencia en el aspecto fisiológico que repercuten sobre el oído, el ojo y el cerebro, y respecto a los efectos no térmicos éstos afectan al sistema nervioso central, sistema circulatorio, sistema digestivo y glándulas endocrinas, con perturbaciones en los biorritmos cerebrales, la alteración del transporte de calcio iónico en las células y la sospechas fundadas de que puede afectar al ADN con trascendencia carcinogénica; en fin, en el informe de expertos británicos, dirigido por el Dr. William Steward, concluye que no es posible actualmente decir que la exposición a la radiación de radiofrecuencias, incluso a niveles inferiores a las normas nacionales, carezca totalmente de efectos potencialmente adversos para la salud, y que las lagunas en el conocimiento son suficientes como para justificar una actitud de precaución. La postura que mueve a estas Administraciones en la imposición de prohibiciones de intromisiones, al punto que, en algunos supuestos, directa o indirectamente, es absoluta, no es otra que la falta de acreditación de la inocuidad de las radiaciones; si bien, no conocemos ningún estudio científico, serio y contrastado, que demuestre o justifique que dichos

equipos no son ya peligrosos, sino siquiera potencialmente peligrosos para la salud humana. (pp.49 - 50)

## 2.3 Bases teóricas

### 2.4 Antenas

Con la aparición de los teléfonos móviles, se fueron instalando una gran cantidad de antenas en diferentes puntos estratégicos con el fin de dar cobertura a los usuarios de un determinado proveedor de servicios.

Según el estándar 145 emitido por el Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE, 1983) define antena como “aquella parte de un sistema transmisor o receptor diseñada específicamente para radiar o recibir ondas electromagnéticas” (p.7).

De acuerdo con la revista digital ACTA (Huidobro, 2013), una antena sirve:

Para recibir o emitir señales radioeléctricas a través de un medio aéreo son necesarios unos dispositivos especiales, denominados antenas, de los que hay muchos tipos y variedades, que dependiendo de sus características constructivas tendrán mayor o menor potencia (ganancia) y precisión (directividad), así como soportarán unas bandas u otras de frecuencia. (p.1)

De acuerdo con el fabricante de dispositivos para redes locales, externa y servicios de soluciones de red (CISCO, 2021) “Una antena brinda al sistema inalámbrico tres propiedades fundamentales: ganancia, dirección y polarización”

#### ***Ganancia***

La ganancia es una medida del aumento de la potencia. La ganancia es la cantidad de aumento de energía que una antena agrega a una señal de radiofrecuencia (RF).

La ganancia de una antena es la relación entre la potencia que entra en una antena y la potencia que sale de esta. Esta ganancia es comúnmente referida en dBi's, y se refiere a la comparación de cuanta energía sale de la antena en cuestión, comparada con la que saldría de una antena isotrópica. Una antena isotrópica es aquella que cuenta con un patrón de radiación esférico perfecto y una ganancia lineal unitaria.

### **Dirección**

Es la forma del patrón de transmisión. Cuando aumenta la ganancia de una antena direccional, el ángulo de radiación disminuye por lo general. Esto proporciona una mayor distancia de cobertura, pero con un ángulo de cobertura reducido. El área de cobertura o patrón de radiación se miden en grados. Estos ángulos se miden en grados y se llaman anchuras de haz.

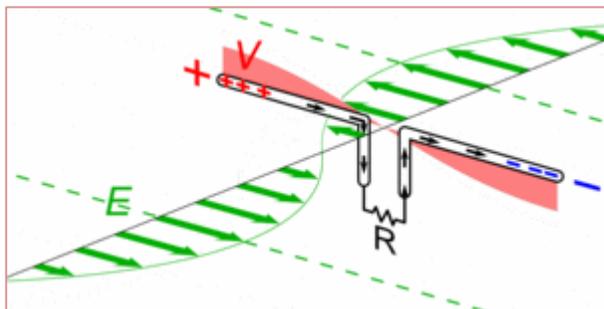
Una antena es un dispositivo pasivo que no ofrece potencia agregada a la señal. Por el contrario, una antena simplemente redirecciona la energía que recibe desde el transmisor. El redireccionamiento de esta energía tiene el efecto de proporcionar más energía en una dirección y menos energía en las demás direcciones.

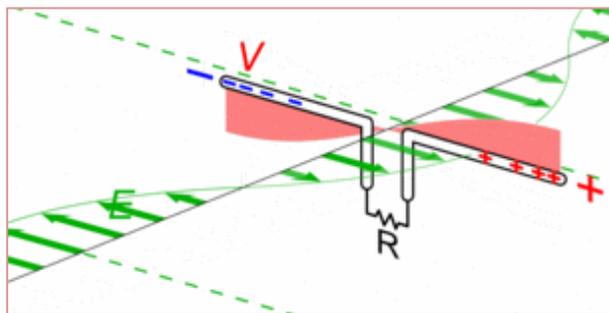
### **Polarización:**

Es la orientación de las ondas electromagnéticas al salir de la antena. Hay dos tipos básicos de polarización que aplican a las antenas, como son: Lineal (incluye vertical, horizontal y oblicua) y circular (que incluye circular derecha, circular izquierda, elíptica derecha, y elíptica izquierda). No olvide que tomar en cuenta la polaridad de la antena es muy importante si se quiere obtener el máximo rendimiento de esta. La antena transmisora debe de tener la misma polaridad de la antena receptora para máximo rendimiento. (p.1-10)

Una antena es un dispositivo que emite y recibe ondas electromagnéticas desde y hacia el espacio libre. Cuando la antena trabaja en modo transmisor transforma energía eléctrica en ondas electromagnéticas, y cuando trabaja en modo receptor realiza la función inversa.

**Figura 1.** Emisión y recepción de ondas electromagnéticas





Fuente: <https://sites.google.com/site/allteinco/unidad-3-antenas/3-3-ganancia-y-polarizacion>

### ***Diagrama de radiación***

Es la representación gráfica de las características de radiación de una antena, en función de la dirección en azimut y elevación. Lo más habitual es representar la densidad de potencia radiada, aunque también se pueden encontrar diagramas de polarización o de fase. Atendiendo al diagrama de radiación, podemos hacer una clasificación general de los tipos de antena y podemos definir la directividad de la antena (antena isotrópica, antena directiva, antena bidireccional, antena omnidireccional).

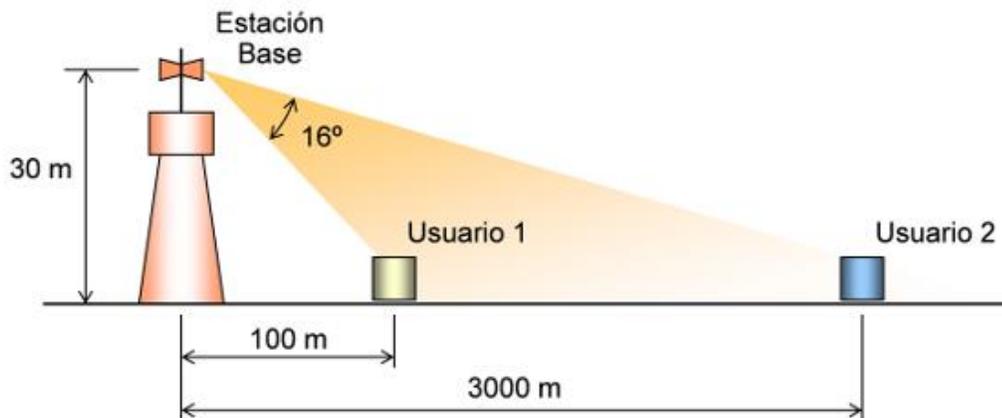
Dentro de los diagramas de radiación podemos definir diagrama copolar aquel que representa la radiación de la antena con la polaridad deseada y contrapolar al diagrama de radiación con polaridad contraria a la que ya tiene.

Los parámetros más importantes del diagrama de radiación son:

- Dirección de apuntamiento: Es la de máxima radiación. Directividad y Ganancia.
- Lóbulo principal: Es el margen angular en torno a la dirección de máxima radiación.
- Lóbulos secundarios: Son el resto de máximos relativos, de valor inferior al principal.
- Ancho de haz: Es el margen angular de direcciones en las que el diagrama de radiación de un haz toma un valor de 3dB por debajo del máximo. Es decir, la dirección en la que la potencia radiada se reduce a la mitad.

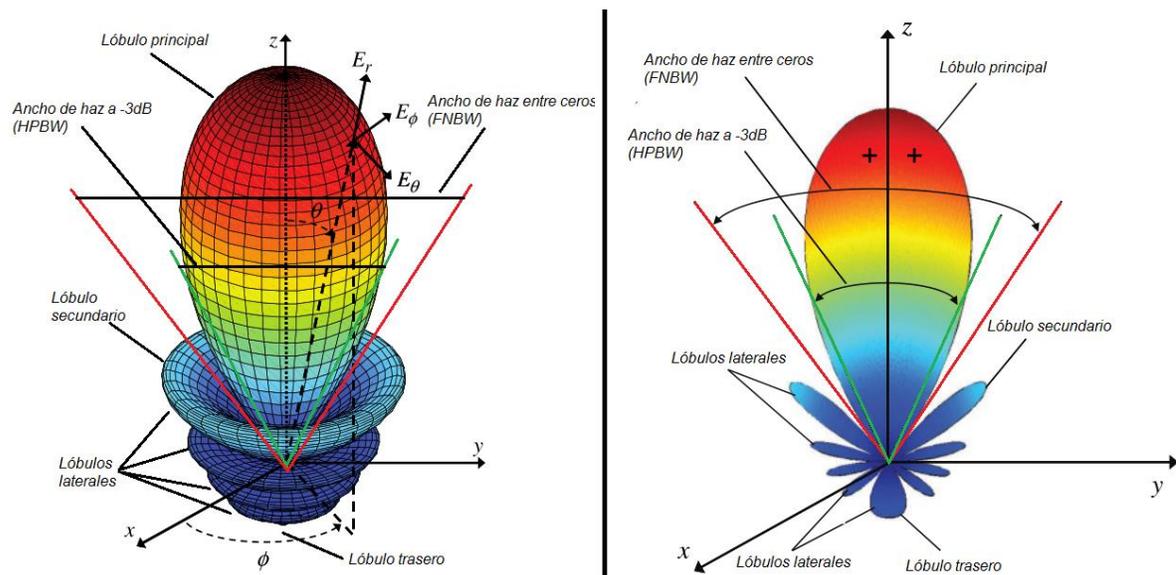
- Relación de lóbulo principal a secundario (SLL): Es el cociente en dB entre el valor máximo del lóbulo principal y el valor máximo del lóbulo secundario.
- Relación delante-atrás (FBR): Es el cociente en dB entre el valor de máxima radiación y el de la misma dirección y sentido opuesto.

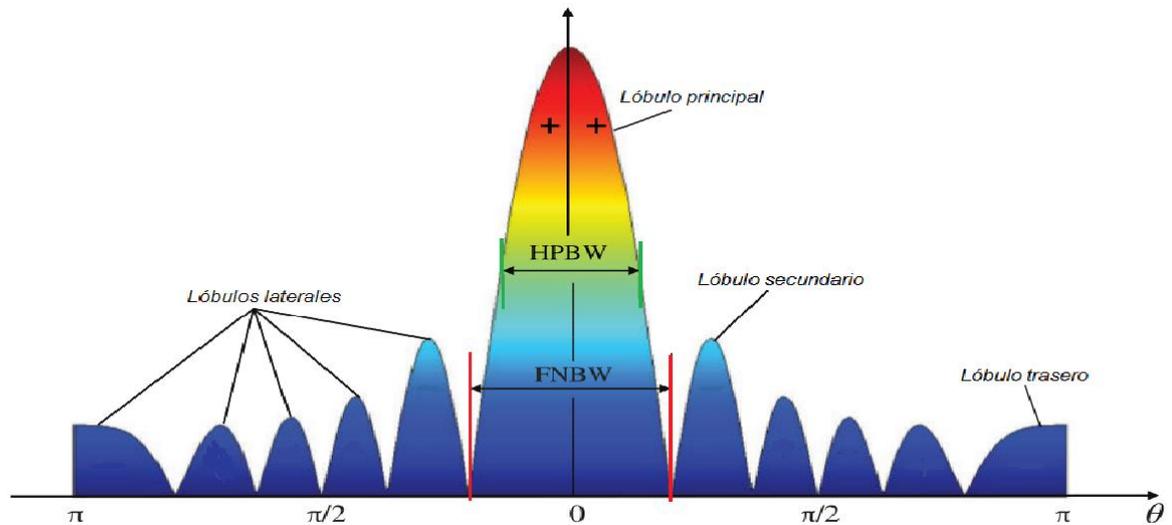
**Figura 2.** Emisión de una antena de telefonía



Fuente: <http://www.radioenlaces.es/articulos/diagrama-de-radiacion-de-una-antena-de-estacion-base/>

**Figura 3.** Diagrama de radiación de una antena





Fuente: <https://aprendiendotelecom.com/>

### 2.4.1 Tipos de antenas.

Según la revista (Huidobro, 2013):

Existe una gran diversidad de tipos de antena, dependiendo del uso a que van a ser destinadas. En unos casos deben expandir en lo posible la potencia radiada, es decir, no deben ser directivas (ejemplo: una emisora de radio o una estación base de teléfonos móviles), otras veces deben serlo para canalizar la potencia y no interferir a otros servicios (antenas entre estaciones de radio enlaces). El tamaño de las antenas está relacionado con la longitud de onda ( $\lambda$ ) de la señal de radiofrecuencia transmitida o recibida, debiendo ser, en general, un múltiplo o submúltiplo exacto de esta longitud de onda y es por eso que, a medida que se van utilizando frecuencias mayores, las antenas disminuyen su tamaño. Si las dimensiones de la antena son mucho más pequeñas que la longitud de onda, las antenas se denominan elementales. La longitud de las antenas resonantes (cuando se anula su reactancia de entrada) es un múltiplo entero de la semilongitud de onda.

## 2.5 Radiación Electromagnética

Según la revista digital realizada por la Sociedad Española de Astronomía (SEA) (Minia Manteiga, 2022):

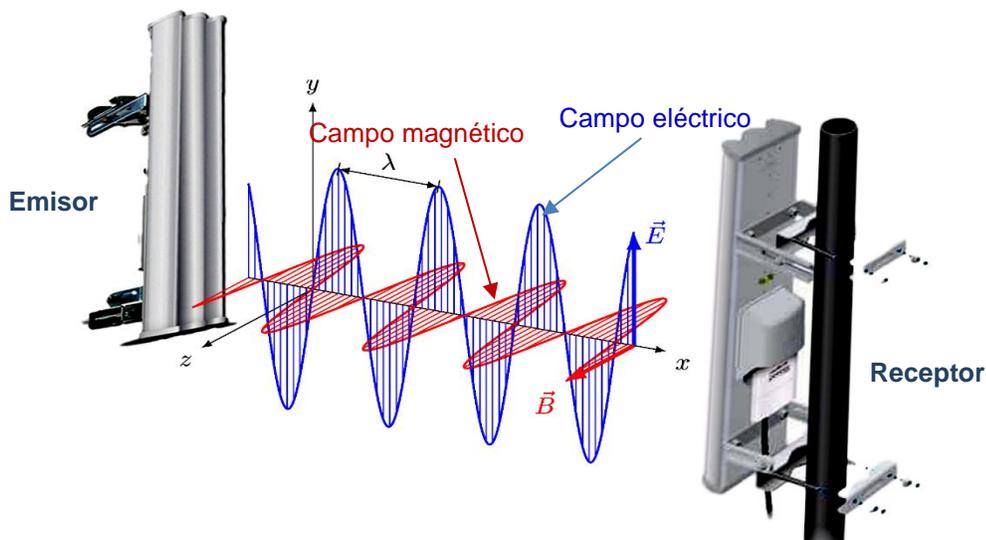
Se entiende por radiación electromagnética las ondas producidas por la emisión de energía debida a la oscilación o aceleración de las cargas eléctricas. Las ondas así originadas tienen componentes eléctricas y magnéticas oscilantes, que se propagan por el espacio transportando energía que desde un punto de vista cuántico pueden interpretarse en términos de paquetes denominados fotones. A diferencia de otros tipos de onda como el sonido, las ondas electromagnéticas no necesitan medio material para propagarse y pueden hacerlo en el vacío, donde alcanzan su máxima velocidad, la velocidad de la luz,  $c$ , que asciende a casi 300 000km/s. En función de su longitud de onda, las ondas electromagnéticas pueden dividirse en diversos rangos espectrales; desde las de longitud de onda larga, como las de radio o microondas, hasta las de longitud de onda corta, como los rayos X o los gamma. La luz visible constituye una pequeña porción de este espectro electromagnético. El valor exacto de la velocidad de la luz en el vacío es  $c = 299\,792\,458$  m/s.

### 2.5.1 El espectro electromagnético.

Todas las antenas de telefonía móvil emiten radiación en forma de ondas electromagnéticas.

Las ondas electromagnéticas se componen simultáneamente de un campo eléctrico y un campo magnético.

**Figura 4 Ondas Electromagnéticas**



Fuente: Elaboración propia

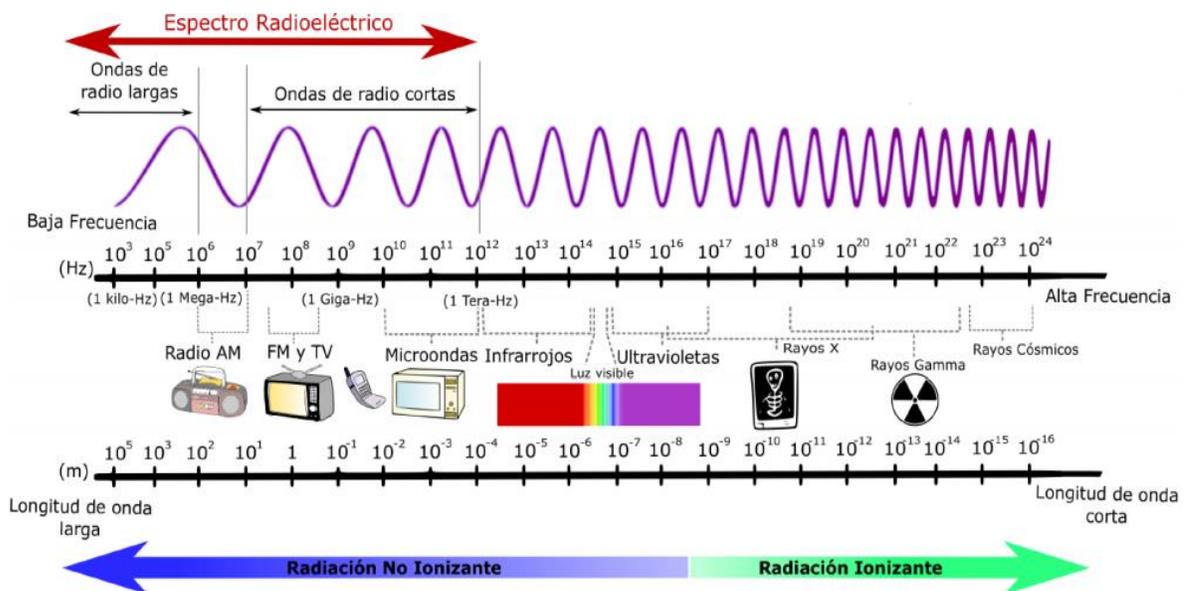
Según el artículo “Medición de Campos Electromagnéticos en la Ciudad de Cali, Colombia” (Aponte, Escobar, Pinedo, & Arizabaleta, 2007) establece:

La intensidad de los campos alrededor de una fuente de radiación depende estrechamente de la potencia radiada y de la distancia a la fuente. De acuerdo con las propiedades dieléctricas de los objetos, la energía de la onda es reflejada, refractada, difractada, dispersada y absorbida por tales objetos (Portela et al., 1998). Por su velocidad de cambio o frecuencia, las ondas pueden clasificarse dentro de un espectro electromagnético que va desde frecuencias extremadamente bajas, donde están los sistemas eléctricos, hasta las muy altas correspondientes a la radiación cósmica y los rayos gamma.

Por los fenómenos físicos que pueden ocasionar las radiaciones, el espectro se encuentra dividido en dos regiones: la de radiaciones no-ionizantes y la de radiaciones ionizantes (para frecuencias a partir de  $10^{15}$  Hz.)

En la primera región los efectos de la energía asociada a la radiación son demasiado débiles para romper los enlaces que mantienen unidas las moléculas de las células, mientras que en la segunda se produce ionización en la materia, es decir, la energía asociada puede romper los enlaces de las moléculas.

**Figura 5. Espectro Electromagnético**



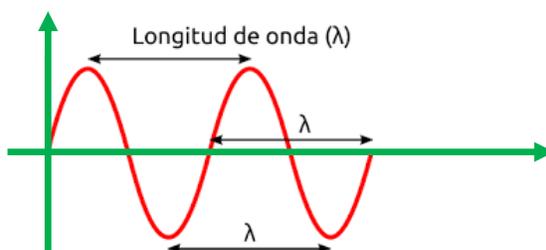
Fuente: <https://es.quora.com/Cu%C3%A1l-es-el-rango-de-WiFi-de-5GHz>

**Tabla 1. Banda de Frecuencias**

Región	Banda de frecuencias	Longitud de onda
Frecuencias Extremadamente Bajas	30 Hz - 300 Hz	> 1000 km
Frecuencias bajas/medianas	300 Hz - 3 MHz	1000 km - 100 m
Radiofrecuencias	3 MHz - 300 MHz	100 m - 100 cm
Micro-ondas	300 MHz - 30 GHz	100 cm - 1 cm
Micro-ondas de muy alta frecuencia	30 GHz - 300 GHz	1 cm - 1 mm
Ondas infrarrojas	300 GHz - 430 THz	1mm - 700 nm
Luz visible	430 THz - 770 THz	700 nm - 390 nm
Radiación ultravioleta	770 THz - 30 PHz	390 nm - 10 nm
Rayos – X	30 PHz - 10 EHz	10 nm - 10 pm
Radiación gamma	10 EHz - $10^{22}$ Hz	10 pm - 0,3 pm
Rayos cósmicos	$10^{22}$ Hz - $10^{25}$ Hz	0,3 pm - $< 10^{-17}$ m
Rayos cósmicos muy energéticos	$> 10^{25}$ Hz	$< 10^{-17}$ m

**Fuente:** Elaboración propia

Una onda electromagnética representa la transferencia de energía a través del espacio. Al conjunto de ondas electromagnéticas de todas las frecuencias posibles se llama espectro electromagnético, que incluye emisiones de fuentes muy diversas, desde los campos electromagnéticos emitidos por la red eléctrica, las ondas de radio, ondas infrarrojas, luz visible y ultravioleta, rayos X, y la radiación gamma. Todas estas emisiones son ondas electromagnéticas que varían entre sí solo en su longitud de onda.

**Figura 6. Longitud de Onda**

**Fuente:** Elaboración propia

La longitud de onda está vinculada con la frecuencia de la onda mediante una relación sencilla: la frecuencia es igual a la velocidad de la onda (que denominamos la velocidad de la luz) dividido por su longitud de onda:

$$\text{Frecuencia de Onda} = \frac{\text{Longitud de onda}}{\text{Velocidad de luz}}$$

No obstante, estas diferencias de frecuencias en la longitud de onda y frecuencia, implican diferencias enormes en la manera en que las ondas interactuarán con los materiales y el cuerpo humano.

Dentro del espectro electromagnético se tiene dos tipos de radiación, tales son la radiación No Ionizante y la radiación Ionizante.

### ***Radiación No Ionizante***

La definición de acuerdo con el Diccionario de cáncer de la (National Cancer Institute NIH, 2022) indica que la radiación no ionizante es un:

Tipo de radiación de baja energía que no tiene suficiente energía como para eliminar un electrón (partícula negativa) de un átomo o molécula. La radiación no ionizante incluye la luz visible, infrarroja y ultravioleta; las microondas; las ondas de radio y la energía de radiofrecuencia de los teléfonos móviles. Se ha establecido que la mayoría de tipos de radiación no ionizante no producen cáncer (p.1).

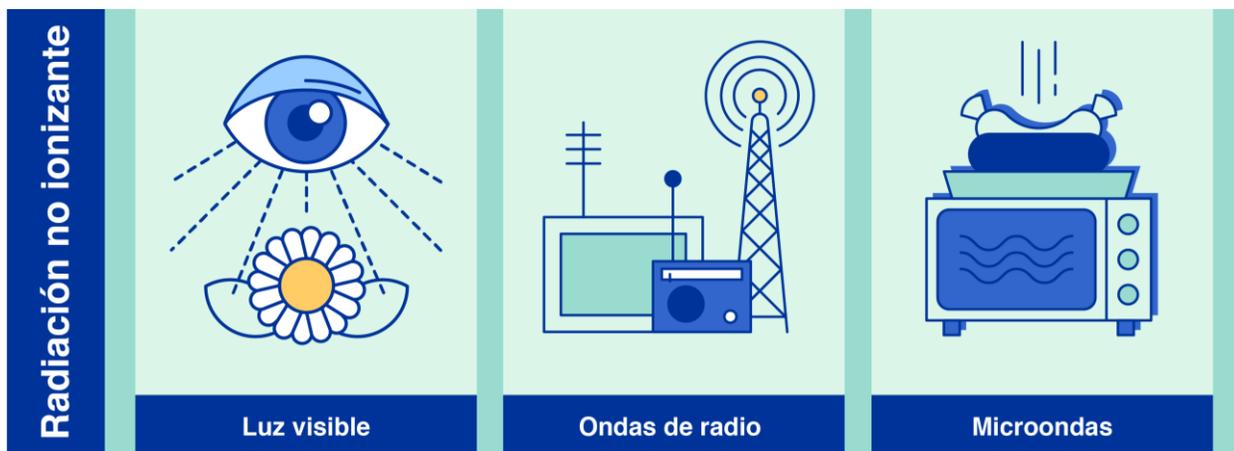
De acuerdo con el artículo realizado por la IAEA Office of Public Information and Communication (Galindo, 2022)

La radiación no ionizante es un tipo de radiación de menor intensidad, cuya energía no es suficiente para arrancar electrones de los átomos o moléculas que componen la materia o los seres vivos. No obstante, su energía puede hacer vibrar esas moléculas y dicha vibración puede generar calor. Así es como funcionan, por ejemplo, los hornos de microondas.

La radiación no ionizante no presenta riesgos para la salud de la mayoría de la población. Sin embargo, los trabajadores que se exponen habitualmente a algunas fuentes de radiación no ionizante pueden necesitar medidas especiales para protegerse, por ejemplo, del calor.

Las ondas de radio y la luz visible son tipos de radiación no ionizante. La luz visible es radiación no ionizante que nuestros ojos pueden percibir. Y las ondas de radio son un tipo de radiación no ionizante que nuestros sentidos no pueden percibir, pero que podemos decodificar con los receptores de radio tradicionales (p.1).

**Figura 7. Ejemplos de radiación no ionizante**



**Fuente:** Extraído de IAEA (Vargas/IAEA, 2022)

### ***Radiación Ionizante***

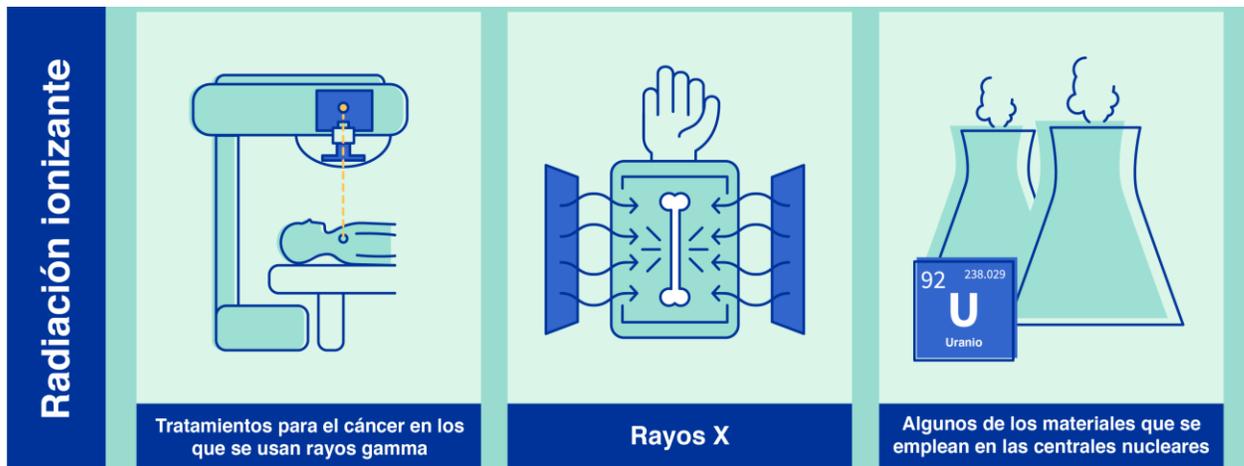
Según el Diccionario de Cáncer de la (National Cancer Institute NIH, 2022), establece que la radiación ionizante es:

Tipo de radiación de alta energía que tiene suficiente energía como para eliminar un electrón (partícula negativa) de un átomo o molécula y causar su ionización. La radiación ionizante produce cambios químicos en las células y daña el ADN. Esto aumenta el riesgo de padecer de ciertas afecciones, como el cáncer. La radiación ionizante proviene de fuentes naturales, como el radón y los rayos cósmicos (rayos que entran en la atmósfera terrestre desde el espacio exterior), y de aparatos de imaginología médica, como las máquinas de radiografía, de tomografía computarizada (TC) o de tomografía por emisión de positrones (TEP). Los accidentes de plantas nucleares y las armas atómicas también liberan niveles altos de radiación ionizante. Es posible que la exposición a dosis muy altas de radiación ionizante provoque daños inmediatos en el cuerpo, que incluyen daños graves en la piel o los tejidos, enfermedad aguda por radiación y muerte (p.1).

Según la (Galindo, 2022) establece que:

A dosis elevadas, la radiación ionizante puede dañar las células o los órganos de nuestros cuerpos o, incluso, ser letal. Pero, si se la emplea correctamente a dosis adecuadas y con las debidas medidas de protección, este tipo de radiación tiene muchos usos positivos, para la producción de energía, el sector industrial, la investigación y el diagnóstico y tratamiento de varias enfermedades, como el cáncer. Si bien las leyes sobre el uso de las fuentes de radiación y la protección radiológica son responsabilidad de cada país, el OIEA presta apoyo a los legisladores y los reguladores a través de un completo sistema de normas de seguridad internacionales que tienen por objeto la protección de los trabajadores y los pacientes, así como del público en general y el medio ambiente, frente a los posibles efectos nocivos de la radiación ionizante (p.1).

**Figura 8. Ejemplos de aplicación de radiación ionizante**



**Fuente:** Extraído de IAEA (Vargas/IAEA, 2022)

Sintetizando este tipo de radiación llegar a ser dañina para la salud ya que contiene la energía suficiente para ionizar la materia

### ***Ionización***

El concepto que da (Cohelo, 2019) es que “La ionización es un proceso de conversión, tanto químico como físico, a través del cual se producen iones. Los iones son átomos o moléculas

que contienen carga eléctrica debido a la falta o exceso de electrones respecto a un átomo o molécula neutra”.

### 2.5.2 Aplicaciones beneficiosas de la radiación.

No todos los tipos de radiación son malas, gran parte de esta radiación no provoca ningún riesgo a la salud, de acuerdo con la International Atomic Energy Agency en su artículo “Nuclear Explained” realizada por (Galindo, 2022) establece, diversas aplicaciones de la radiación beneficiosas:

**Salud:** algunos procedimientos médicos existen gracias a la radiación; por ejemplo, diversos tratamientos contra el cáncer y algunos métodos de diagnóstico por la imagen.

**Energía:** la radiación nos permite producir electricidad, por ejemplo, mediante la energía solar y la energía nuclear.

**Medio ambiente y cambio climático:** la radiación puede emplearse para depurar aguas residuales o para crear nuevas variedades de plantas resistentes al cambio climático.

**Ciencia e industria:** mediante técnicas nucleares que se basan en la radiación, los científicos pueden examinar objetos antiguos o fabricar materiales con características superiores que se usan, por ejemplo, en la industria automotriz (p1).

### 2.5.3 Límites de exposición humana a la radiación electromagnética.

Según el Estándar Técnico sobre Límites de Exposición Humana a Campos Electromagnéticos de Radiofrecuencia (Resolución Administrativa Regulatoria 2002/0313, SITEL, 2002) en su Artículo 1 establece que “El presente estándar técnico tiene por objeto establecer los límites máximos de exposición a los campos electromagnéticos de radiofrecuencia entre 300 kHz y 100 GHz, a los que podrían estar expuestos los seres humanos”.

Además, esta misma Resolución Administrativa en su artículo 4 indica que:

Los límites máximos de exposición indicados en las siguientes tablas incorporan factores de seguridad, por debajo del valor de riesgo SAR (Specific Absorption Rate

“Tasa de Absorción Específica”, es una medida de la tasa de absorción de energía de radiofrecuencia en el cuerpo) de cuatro (4) vatios por kilogramo, valor de consenso científico a nivel mundial (p.5).

**Tabla 2. Límites máximos para ambientes controlados – exposición laboral**

Rango de Frecuencias (MHz)	Intensidad de campo eléctrico (V/m)	Intensidad de campo Magnético (A/m)	Densidad de potencia (mW/cm <sup>2</sup> )
0,3 - 3,0	614	1,63	100
3,0 - 30	1842/f	4,89/f	900/f <sup>2</sup>
30 - 300	61,4	0,163	1
300 - 1500	N/A	N/A	f/300
1500 - 100000	N/A	N/A	5

**Fuente:** Extraída de (Resolución Administrativa Regulatoria 2002/0313, SITEL, 2002)

**Tabla 3. Límites máximos para ambientes no controlados – público en general**

Rango de Frecuencias (MHz)	Intensidad de campo eléctrico (V/m)	Intensidad de campo Magnético (A/m)	Densidad de potencia (mW/cm <sup>2</sup> )
0,3 - 1,34	614	1,63	100
1,34 - 30	8247F	2,19/f	180
30 - 300	27,5	0,073	180/f <sup>2</sup>
300 - 1500	N/A	N/A	0,2
1500 - 100000	N/A	N/A	f/1500

**Fuente:** Extraída de (Resolución Administrativa Regulatoria 2002/0313, SITEL, 2002)

#### 2.5.4 Límites de exposición humana a la radiación a emplazamientos celulares.

De acuerdo con el artículo “Human Exposure to Radio Frequency Fields: Guidelines for Cellular Antenna Sites” realizada por (Federal Communications Commission (FCC), 2019) indica que:

En el año 1996, la FCC adoptó pautas actualizadas para la evaluación de la exposición humana a los campos de RF desde antenas transmisoras fijas, como las que se utilizan para los emplazamientos celulares. Las pautas de la FCC son idénticas a las recomendadas por el consejo nacional de protección y medición de

radiación (National Council on Radiation Protection and Measurements, NCRP, por sus siglas en inglés), una entidad sin fines de lucro constituida por el Congreso para desarrollar información y recomendaciones con respecto a la protección contra la radiación. Las pautas de la FCC también se asemejan a las pautas de 1992 recomendadas por el instituto de ingenieros eléctricos y electrónicos (Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE, por sus siglas en inglés), una sociedad de ingeniería técnica y profesional sin fines de lucro, y respaldada por el instituto nacional estadounidense de estándares (American National Standards Institute, ANSI, por su siglas en inglés), una organización de afiliados de financiación privada, sin fines de lucro, que coordina el desarrollo de normas nacionales voluntarias en los Estados Unidos (p.1).

A su vez en este mismo artículo establece la (Federal Communications Commission (FCC), 2019) establece pautas sobre los límites de exposición máxima:

En el caso de los transmisores de los emplazamientos celulares, las pautas de exposición a RF de la FCC recomiendan un nivel máximo de exposición permisible del público en general de aproximadamente  $580 \text{ mW/cm}^2$ . Este límite es muchas veces mayor que los niveles de RF que normalmente se encuentran cerca de los emplazamientos celulares o en las inmediaciones de otros transmisores de emplazamientos celulares de menor potencia. Los cálculos correspondientes a "la peor de las situaciones" (todos los transmisores funcionando de forma simultánea y continua a la potencia máxima autorizada) demuestran que para estar expuesta a niveles de RF cercanos a las pautas de la FCC, una persona tendría que permanecer esencialmente en el haz principal de transmisión y a unos pies de distancia de la antena durante varios minutos o por más tiempo. Por lo tanto, la probabilidad de que un miembro del público en general pudiera estar expuesto a niveles de RF que excedan las pautas de la FCC es extremadamente remota (p.1-2).

En el siguiente cuadro se puede apreciar los ejemplos de fuentes que emiten Radiación a la que generalmente la humanidad está expuesta.

**Tabla 4. Ejemplos de rango de espectros artificiales y naturales**

Rango del Espectro	Fuente
VHF/UHF	Radio AM-FM, estaciones base de telefonía celular
UHF/SHF	Hornos de microondas, radares, enlaces de una red de comunicaciones
Infrarrojo	Cuerpos calientes, láseres y el sol
Visible	Luz artificial, algunos láseres, el sol
Ultravioleta	El sol

**Fuente:** Extraída de (Cruz, 2017)

### 2.5.5 Riegos por exposición a la radiación electromagnética

La información acerca de estudios referentes a radiación electromagnética en nuestro país es casi nula, existe muy poca información relacionada a los efectos en la salud por la radiación electromagnética.

En junio del 2021, el Ministerio de Obras Públicas Servicios y Vivienda, (Dirección General de Telecomunicaciones, 2021) afirman que:

Las antenas emiten un haz muy estrecho que se propaga de forma casi paralela al suelo y disminuye rápidamente al alejarse de ella. De modo que al nivel del suelo y en lugares de acceso público, las intensidades de los campos de radiofrecuencia son muy inferiores a los niveles considerados peligrosos (p. 2).

Según la publicación del artículo científico en la revista Información Tecnológica Vol. 18 (Aponte, Escobar, Pinedo, & Arizabaleta, 2007) indican que:

Para satisfacer las necesidades de sus usuarios, los operadores de los sistemas de comunicaciones utilizan las ondas electromagnéticas, e instalan una tupida red de estaciones base, logrando así una buena cobertura, que posibilita comunicarse prácticamente desde cualquier lugar. La proliferación de estas estaciones base en el ámbito urbano ha despertado gran preocupación en la sociedad por los posibles riesgos adversos para la salud debidos a los campos electromagnéticos de alta frecuencia generados por los sistemas de AM, FM, microondas, telefonía fija inalámbrica y telefonía celular, siendo este es un tema de actualidad sobre el cual se ha creado mucha especulación (p.40)

Según el Dr. (Fernández, 2002) en el artículo sobre “Telecomunicaciones y Urbanismo por una delimitación de las competencias concurrentes” afirma que:

Científicamente se ha comprobado que la transmisión digital de la telefonía móvil provoca perturbaciones de las ondas cerebrales y científicos de contrastada solvencia advierten de peligros potenciales, recordemos que en mayo de 1997 el Dr. Espinosa Arranz, Jefe de servicio de Oncología de la Clínica Ruber, alertaba de la relación entre radiación de telefonía móvil y la aparición de leucemias, tumores cerebrales, cáncer de mama y melanoma; también el prestigioso profesor Pedro Costa, Premio Nacional de Medioambiente, Consultor de Naciones Unidas y de la Unesco, Sociólogo e Ingeniero de Telecomunicaciones, señala los efectos térmicos producidos por las estaciones bases con incidencia en el aspecto fisiológico que repercuten sobre el oído, el ojo y el cerebro, y respecto a los efectos no térmicos éstos afectan al sistema nervioso central, sistema circulatorio, sistema digestivo y glándulas endocrinas, con perturbaciones en los biorritmos cerebrales, la alteración del transporte de calcio iónico en las células y la sospechas fundadas de que puede afectar al ADN con trascendencia carcinogénica; en fin, en el informe de expertos británicos, dirigido por el Dr. William Steward, concluye que no es posible actualmente decir que la exposición a la radiación de radiofrecuencias, incluso a niveles inferiores a las normas nacionales, carezca totalmente de efectos potencialmente adversos para la salud, y que las lagunas en el conocimiento son suficientes como para justificar una actitud de precaución. La postura que mueve a estas Administraciones en la imposición de prohibiciones de intromisiones, al punto que, en algunos supuestos, directa o indirectamente, es absoluta, no es otra que la falta de acreditación de la inocuidad de las radiaciones; si bien, no conocemos ningún estudio científico, serio y contrastado, que demuestre o justifique que dichos equipos no son ya peligrosos, sino siquiera potencialmente peligrosos para la salud humana. (p.49 - 50)

La Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer (IARC), perteneciente a Organización Mundial de la Salud (OMS) en su artículo: “IARC Classifies Radiofrequency Electromagnetic Fields as Possibly Carcinogenic To Humans” ha clasificado que los

campos electromagnéticos emitidos por la telefonía móvil como posibles carcinógenos en humanos. (IARC, 2011).

La OMS declaró las tecnologías inalámbricas como cancerígeno de nivel 2B, según la clasificación de los máximos especialistas sobre el cáncer, el Grupo 2 son productos clasificados como probables carcinógenos para el hombre y está subdividido en dos: 2A, alta probabilidad cancerígena y 2B, baja probabilidad cancerígena.

Por otro lado, según Comité Científico Asesor en Radiofrecuencias y Salud en su artículo “5G y salud” basado en estudios científicos y análisis de varios informes muestra que: Hasta la fecha y revisando la evidencia científica existente, la exposición a radiofrecuencias respetando los límites de exposición establecidos por el ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) no conlleva riesgos para la salud conocidos (CCARS, 2020).

Según la palabra oficial del organismo de las Naciones Unidas especializado en salud que es la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2020), señala que:

A medida que aumenta la frecuencia, hay menos penetración en los tejidos del cuerpo y la absorción de la energía se vuelve más limitada a la superficie del cuerpo (piel y ojos). Siempre que la exposición general permanezca por debajo de las directrices internacionales, no se anticipan consecuencias para la salud pública (p.3).

## **2.6 Ciudad de El Alto.**

La mancha urbana de la ciudad de El Alto está constituida por los municipios de El Alto, Viacha, Achocalla, Laja y Pucarani.

### **2.6.1 Municipio de El Alto.**

El Gobierno Autónomo Municipal de El Alto o denominado también Municipio de El Alto según el “Informe Productivo del Municipio de El Alto” (DAPRO, 2022):

El Alto fue creado en el marco de la Ley No. 628, el 6 de marzo de 1985 como cuarta sección de la provincia Murillo del departamento de La Paz y se ubica al oeste del país en la meseta altiplánica. Posteriormente, según la Ley No. 1014 de 26 de septiembre de 1988 se eleva a rango de ciudad. El municipio de El Alto cuenta con una superficie

de 387,56 Km<sup>2</sup> que representa el 7.58% de la superficie de la Provincia Murillo, se divide con fines administrativos en 14 distritos, 10 urbanos y 4 rurales. (p.2)

### ***Distrito Municipal 1***

Es uno de los 14 distritos que conforman el municipio de El Alto, el cual se encuentra ubicado en la Provincia Murillo del Departamento de La Paz. El distrito es considerado urbano.

Según el último censo boliviano de 2012, el Distrito 1 tiene una población de 87.997 habitantes, lo que le convierte en el sexto distrito más poblado de la ciudad de El Alto, después de los distritos 3, 8, 4, 5 y 6. Porcentualmente, de todos los habitantes de El Alto, alrededor de un 10,37 % viven en el Distrito (INE, 2020)

Este distrito municipal cuenta con 27 urbanizaciones, los centros con mayor demografía de la ciudad de El Alto se encuentran en este distrito. Cada urbanización tiene su característica singular, entra las urbanizaciones con más movimiento económico están las Urbanizaciones de: Villa Dolores, Ciudad Satélite, Villa Santiago I, 12 de Octubre.

El listado de urbanizaciones se describe a continuación.

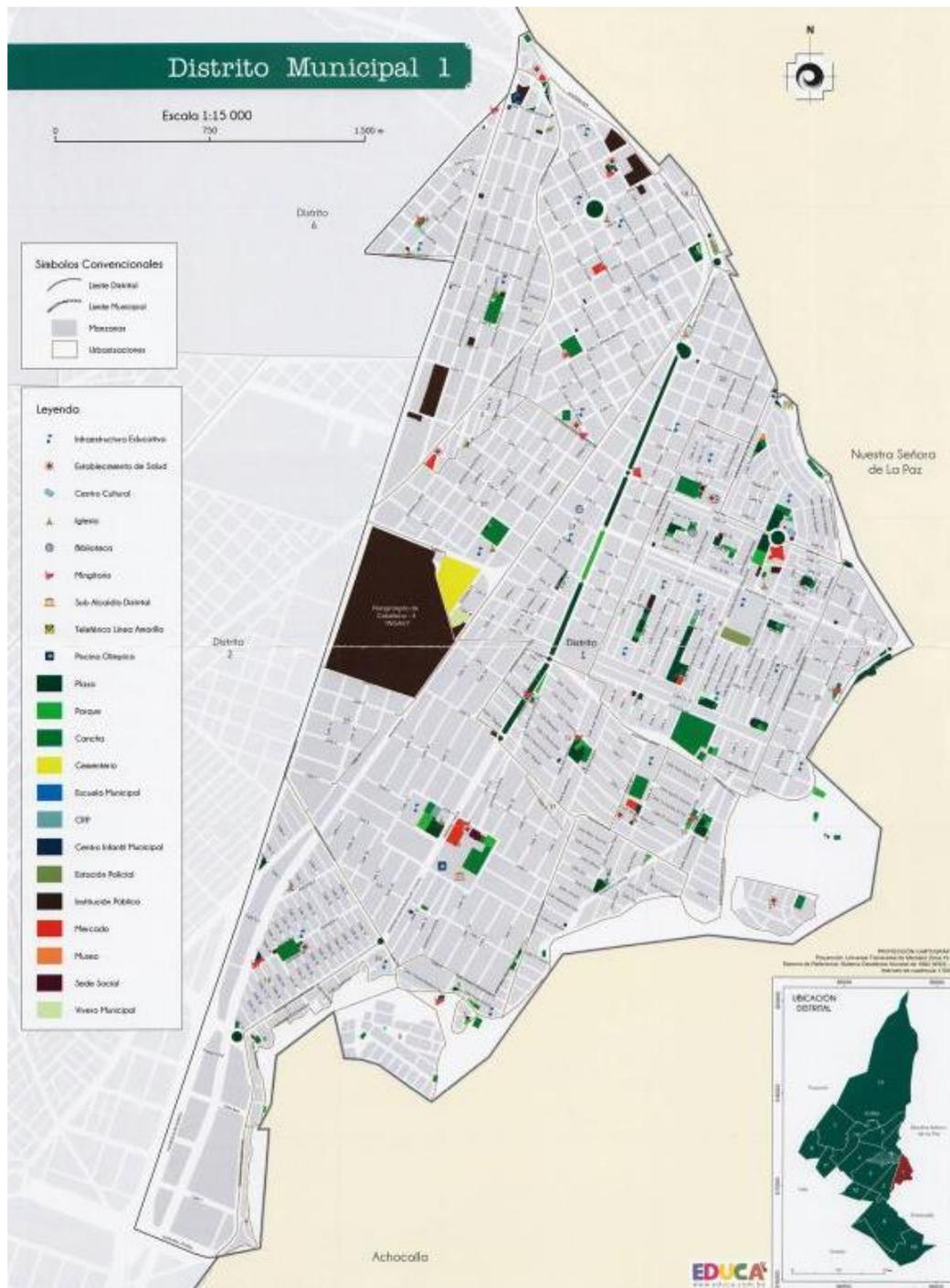
**Tabla 5. Urbanización del Distrito Municipal 1**

No	Nombres de Urbanización P1	DISTRITO	MUNICIPIO
1	12 de Octubre	1	El Alto
2	12 de Octubre (Barrio Minero)	1	El Alto
3	31 de Octubre	1	El Alto
4	Anexo Final Rosas Pampa	1	El Alto
5	Anexo Santa Rosa	1	El Alto
6	Arco Iris	1	El Alto
7	Chacarismal	1	El Alto
8	Ciudad Satélite	1	El Alto
9	Complemento Rosas Pampa Sector 1	1	El Alto

No	Nombres de Urbanización P1	DISTRITO	MUNICIPIO
10	Complemento Rosas Pampa Sector 2	1	El Alto
11	Complemento Santa Rosa	1	El Alto
12	Exaltación 1ra Sección	1	El Alto
13	Exaltación 2da Sección	1	El Alto
14	Exaltación 3ra Sección	1	El Alto
15	Faro Murillo	1	El Alto
16	Plan 50 B Cinematografistas	1	El Alto
17	Plan 561	1	El Alto
18	Rosas Pampa	1	El Alto
19	Santa Rosa	1	El Alto
20	Tejada Alpacoma	1	El Alto
21	Tejada Alpacoma Bajo	1	El Alto
22	Tejada Rectangular	1	El Alto
23	Tejada Triangular	1	El Alto
24	Villa Bolívar A	1	El Alto
25	Villa Bolívar YKK	1	El Alto
26	Villa Dolores	1	El Alto
27	Villa Santiago I	1	El Alto

Fuente: <https://www.educa.com.bo/geografia-municipios/distrito-municipal-1-equipamiento>

Figura 9. Mapa del Distrito Municipal 1



Fuente: <https://www.educa.com.bo/geografia-municipios/distrito-municipal-1-equipamiento>

### **2.6.2 Telefonía Móvil en la Ciudad de El Alto.**

Según lo mencionado en el Capítulo 1, es una ciudad en constante crecimiento poblacional, por ello las empresas de servicios están dando énfasis en proveer diferentes servicios y una de ellas es la Telefonía móvil.

Según la publicación digital de (ENTEL S.A., 2022) informa que:

Más de 857.200 clientes registrados en telefonía móvil se benefician con el servicio de la Empresa Nacional de Telecomunicaciones en la ciudad de El Alto del departamento de La Paz. Para la telefonía móvil y el acceso móvil a Internet, ENTEL S.A., tienen instaladas 399 estaciones Radio Base en la valerosa ciudad de El Alto (p.1)

Solo Entel S.A. tenía hasta marzo 399 Estaciones base, esto sin contar los emplazamiento celular o estaciones base de las operadoras como Nuevatel PCS de Bolivia S.A (Nombre comercial “Viva”) y Telefónica Celular de Bolivia S.A. (Nombre comercial “Tigo”)

### **2.6.3 Antenas instaladas en el Distrito 1.**

Antes de la pandemia causada por el COVID-19, algunas personas presentaban malestar por la instalación de las antenas de diversa índole, es por esta situación, que las empresas de Telecomunicaciones que necesitan ampliar su cobertura deben contratos de arrendamiento con el propietario además de que uso de suelo tiene que tener la categoría Mixta. (ENTEL S.A., 2022)

El medio de información digital (EA Bolivia, 2022) reportó que:

Vecinos de Ciudad Satélite, en El Alto, conviven con temor y la incertidumbre de contraer alguna enfermedad supuestamente por efectos de la radiación de ondas electromagnéticas generadas por más de 50 antenas de telefonía móvil y repetidoras de estaciones radiales y televisivas. (p.1)

Además, este mismo medio indica que “En el sector que divide Ciudad Satélite con la sede de gobierno están instaladas más de 50 antenas de telefonía móvil, repetidoras de radio y televisión” (EA Bolivia, 2022)

## 2.7 Identificación de las Fuentes.

Se buscó y se consultó una gran variedad de información desde proyectos de pregrado, tesis de maestría y doctorales, artículos científicos, información remitida por proveedores de equipos y artículos nacionales, de ellos los elegidos para el sustento teórico fueron:

- Tesis de pregrado realizada en la Universidad Mayor de San Andres, La Paz, por Ivonne J. Pacohuanca Cruz, bajo el título “medición del nivel de radiación de ondas electromagnéticas con arduino” año 2017.
- Tesis de Maestría realizada en la Universidad Autónoma de Nayarit, México, por Hiram Navarrete Andrade, con el título: “percepción de riesgos para la salud de habitantes de lugares cercanos a antenas que generan radiaciones electromagnéticas”, junio, 2019.
- Tesis Doctoral de la Universidad de Cádiz, España, defendida por el Dr. Francisco Sánchez de la Campa Lozano bajo el título “contribución al estudio de las radiaciones electromagnéticas no ionizantes generadas y radiadas en los buques y exposición laboral, año 2011.
- Comunicado remitido por el Viceministerio de Telecomunicaciones dependiente del Ministerio de Obras Públicas Servicios y Vivienda, julio 2020.
- Artículo científico en la revista Información Tecnológica Vol. 18 Aponte, Escobar Pinedo y Arizabaleta, realizada el año 2007
- Artículo científico sobre Telecomunicaciones y Urbanismo por una delimitación de las competencias concurrentes realizada por José Antonio Montero Fernández el año 2002

## CAPITULO III. MARCO METODOLÓGICO

### 3 Aspectos Generales

Las investigaciones están fundamentadas en un marco metodológico, según (Balestrini Acuña, 2006) señala que: “El marco metodológico es la instancia referida a los métodos, las diversas reglas, registros, técnicas y protocolos con los cuales una teoría y su método calculan las magnitudes de lo real” (p.125).

Para (Finol de Franco & Camacho, 2008) el marco metodológico establece el “cómo se realizará la investigación, muestra el tipo y diseño de la investigación, población, muestra, técnicas e instrumentos para la recolección de datos, validez y confiabilidad y las técnicas para el análisis de datos” (p.60).

#### 3.1 Enfoque de Investigación

El enfoque cuantitativo para (Sampieri, 2014): “Utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías” (p.4).

Mientras que según (Sampieri, 2014) el Enfoque cualitativo” Utiliza la recolección y análisis de los datos para afinar las preguntas de investigación o revelar nuevas interrogantes en el proceso de interpretación” (p.7). el mismo indica que los datos cualitativos Evidencia o información simbólica verbal, audiovisual o en forma de texto e imágenes.

Según (Sampieri, 2014) “La investigación mixta es un enfoque relativamente nuevo que implica combinar los métodos cuantitativo y cualitativo en un mismo estudio (p.30).

Cuando hablamos de metodología de la investigación, nos referimos a la naturaleza de la investigación, ya sea cuantitativa, cualitativa o mixta; se cubren todas las etapas del proceso de investigación: desde la definición del tema y la formulación de la pregunta de investigación hasta el desarrollo de perspectivas teóricas, el desarrollo de estrategias metodológicas, definición y recolección de datos, análisis e interpretación.

Revisada los conceptos de Sampieri, en el trabajo de investigación se utilizó el enfoque cuantitativo, a razón de que este enfoque busca principalmente la medición y cuantificación de los fenómenos, este método permite realizar tablas y graficas para ilustrar las mediciones realizadas.

### 3.2 Tipo de Investigación

Según (Tamayo, 2006) señala que: “es muy conveniente tener un conocimiento detallado de los posibles tipos de investigación que se pueden seguir. Este conocimiento hace posible evitar equivocaciones en la elección del método adecuado para un procedimiento específico (p.43). en este sentido será necesario fijar un método apropiado para tener éxito en la presente investigación.

Para (Ríos Ramírez, 2017) “Al desarrollar un estudio, se debe tener en cuenta el tipo de investigación a realizar, pues cada uno responde a una determinada estrategia que la hace diferente a las demás” (p.80). Dentro el tema de investigación, se deberá realizar inicialmente el posible origen al problema, para ello se realizarán las medidas aleatorias de la radiación electromagnética, posteriormente se analizarán los efectos ocasionados por la intensidad de radiación recibida en los habitantes del distrito municipal 1 de la Ciudad de El Alto.

Viendo el análisis mencionado, se orientará al tipo de investigación Explicativa de causa y efecto, se analizará la causa mediante mediciones con equipamiento electrónico y a su vez, el efecto que producen los niveles de radiación en las personas, la presente investigación comenzará con la exploración y se usará este recurso para profundizar en el estudio de un problema, con el fin de buscar relaciones de causa y efecto entre variables de estudio.

(Sampieri, 2014) establece que “Los estudios explicativos van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; es decir, están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales” (p.95)

### 3.3 Diseño de la Investigación

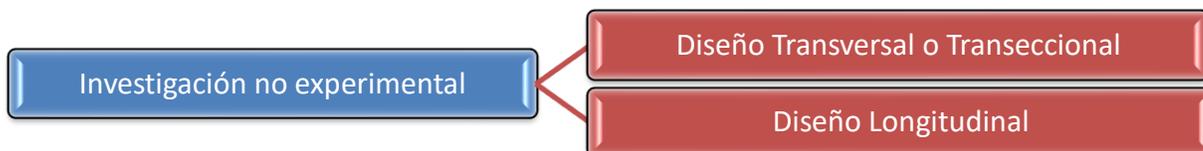
Según (Balestrini Acuña, 2006) el diseño de investigación es “un plan global de investigación que integran de un modo coherente y adecuadamente correcto, técnicas de recogida de datos a utilizar, análisis previstos y objetivos” (p.131).

Siguiendo la línea del objetivo planteado en la presente investigación, que es Determinar los niveles de radiación electromagnética producida por las antenas pertenecientes a la tecnología de la telefonía móvil para identificar los riesgos que representa en la salud de

los habitantes del distrito municipal 1 la ciudad de El Alto, se recurrió a un diseño no experimental, que se aplicará de manera transversal.

El diseño No Experimental según (Ríos Ramírez, 2017), “en estos estudios, no se manipula las variables, por el contrario, se observa los hechos en un contexto natural” (p.84).

**Figura 10.** Investigación no experimental

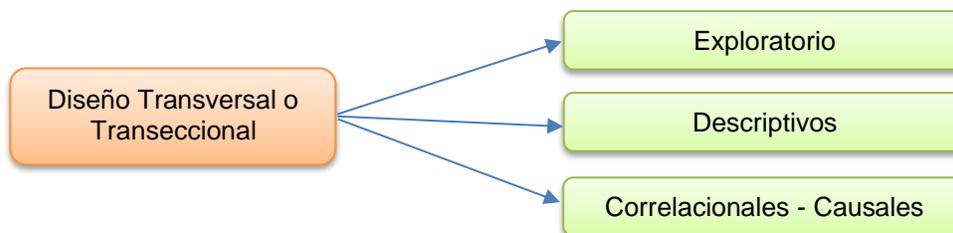


Fuente: Elaboración propia, extraído de (Sampieri, 2014)

De acuerdo con (Sampieri, 2014) “Los diseños de investigación transeccional o transversal recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único”. (p.154), este mismo autor establece que las investigaciones transversales recopilan datos en un momento único.

Según (Ríos Ramírez, 2017) El diseño Transversal, transeccional o sincrónica, “realiza la recolección de datos en un corto periodo o un determinado punto del tiempo. Por su característica no puede estudiar tendencias” (p.85).

**Figura 11.** Diseño Transversal



Fuente: Elaboración propia, extraído de (Sampieri, 2014)

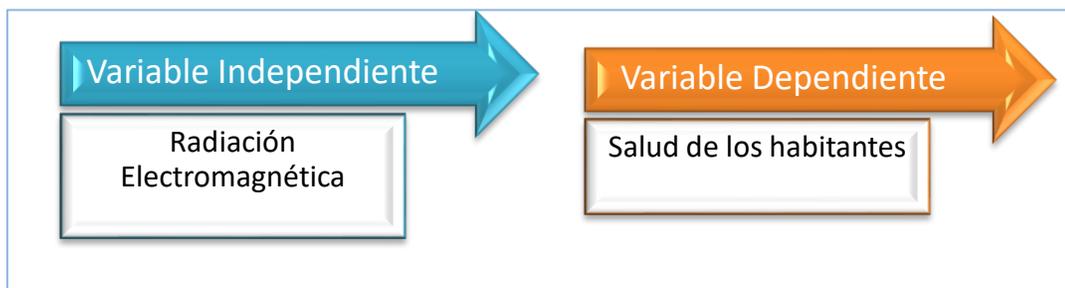
(Sampieri, 2014), establece que “El propósito de los diseños transeccionales exploratorios es comenzar a conocer una variable o un conjunto de variables, una comunidad, un contexto, un evento, una situación. Se trata de una exploración inicial en un momento específico” (p.155); la presente investigación realizará una sola medición en distintos puntos geográficos y la relación con la salud de los habitantes dentro el distrito municipal 1.

### 3.4 Variables de la Investigación

Según (Sampieri, 2014) “Una variable es una propiedad que puede fluctuar y cuya variación es susceptible de medirse u observarse” (p.105), el mismo autor refiere que “El concepto de variable se aplica a personas u otros seres vivos, objetos, hechos y fenómenos, los cuales adquieren diversos valores respecto de la variable referida”.

De acuerdo con (Tamayo, 2006), “...el hecho causa es la variable independiente y el hecho efecto es la variable dependiente” (p.144), en este sentido al partir del tipo de investigación explicativa, se tiene identificado las variables Independientes y la variable dependiente según se muestra en la siguiente figura:

**Figura 12.** Variables de investigación.



Fuente: Elaboración propia

### 3.5 Población y Muestra

Según (Levin & Rubin, 2004) “Una población es un conjunto de todos los elementos que estamos estudiando, acerca de los cuales intentamos sacar conclusiones. Debemos definir esa población de modo que quede claro cuándo cierto elemento pertenece o no a la población” (p.10).

Para esta investigación, la población objeto de estudio geográficamente está conformada por las zonas que constituyen el Distrito Municipal 1 perteneciente al Gobierno Autónomo Municipal de El Alto, Provincia Murillo, Departamento La Paz.

Al año 2012 el Distrito Municipal 1 tenía una población de 87.997 habitantes, convirtiéndole en el sexto distrito más poblado de la ciudad de El Alto, después de los distritos 3, 8, 4, 5 y 6 (INE, 2020).

El autor (Tamayo, 2006) define la muestra como: "el conjunto de operaciones que se realizan para estudiar la distribución de determinados caracteres en totalidad de una población universo, o colectivo partiendo de la observación de una fracción de la población considerada" (p.176).

Por lo tanto, la muestra es una selección de encuestados seleccionados y representa a la población total. El tamaño de la muestra será una parte importante de la población que cumple con las características del estudio y ayudará a reducir costos y tiempos.

**Ecuación 1.** Cálculo de muestra población para una población finita.

$$n = \frac{N \cdot Z_{\alpha}^2 \cdot p \cdot q}{e^2 \cdot (N - 1) + Z_{\alpha}^2 \cdot p \cdot q}$$

Donde:

- $n$  = Tamaño de muestra buscado
- $N$  = Tamaño de población o Universo
- $z$  = Parámetro estadístico que depende el Nivel de Confianza (NC)
- $e$  = Error de estimación máximo aceptado
- $p$  = Probabilidad de que ocurra el evento estudiado (éxito)
- $q = 1 - p$  = Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado

Para el caso de estudio se tienen los siguientes datos:

- $n = ?$
- $N = 87997$  Habitantes (según censo 2012)
- $z = 90\% \rightarrow Z_{\alpha} = 1,645$
- $z = 95\% \rightarrow Z_{\alpha} = 1,96$
- $z = 95\% \rightarrow Z_{\alpha} = 2,576$
- $e = 5\%$  (margen de error) = 0,05
- $p = 50\% = 0,5$  (se desconoce la probabilidad del evento)
- $q = 1 - p = 1 - 0,5 = 0,5$

Entonces:

$$n = \frac{87997 \cdot 1,96^2 \cdot 0,05 \cdot 0,5}{0,05^2 \cdot (87997 - 1) + 1,96^2 \cdot 0,05 \cdot 0,5}$$

$$n = \frac{84512,32}{0,05^2 \cdot (87997 - 1) + 1,96^2 \cdot 0,05 \cdot 0,5}$$

$$n = 382,49$$

De acuerdo con los resultados de la ecuación, con un margen de error de 5%, se tendrá que realizar el muestreo en 383 habitantes dentro el distrito 1 del municipio de El Alto.

Particularmente para el objeto de estudio se centrará en lugares con mayor afluencia de personas y de acuerdo a las cantidades de Antenas de Telefonía celular instaladas en estos lugares.

Al tener dos variables, se aplicará los centros de masa para las mediciones exactas con el instrumento de medición y también en estos mismos polígonos se aplicarán las encuestas para con los habitantes.

### 3.6 Ambiente de la Investigación

La investigación difiere también según se la realice sobre el terreno o en el laboratorio, y el ambiente en que se lleva a cabo no está relacionado con el nivel de ésta. Si bien muchas tareas de investigación básica se realizan en el laboratorio, hay una buena cantidad que se lleva a cabo sobre el terreno y, de hecho, la tendencia reciente ha sido de trasladarla cada vez más al ambiente de campo.

De acuerdo con la naturaleza del proyecto de investigación los lugares donde se realizará el estudio serán:

- En gabinete,
- En campo
- En laboratorio

#### 3.6.1 En gabinete.

El análisis inicial y final para el desarrollo de proyecto se realizará en gabinete donde se podrán verificar el alcance geográfico de la zona, lugares con mayor afluencia de personas, lugares con mayor cantidad de antenas instaladas.

### **3.6.2 En campo**

A partir de una planificación inicial, se desplegará al equipo de investigación a campo para las siguientes fases, el primero para realizar el relevamiento y seguidamente para realizar la obtención de datos mediante los cuestionarios y las mediciones de radiación en lugares específicos del centro de estudio.

### **3.6.3 En laboratorio**

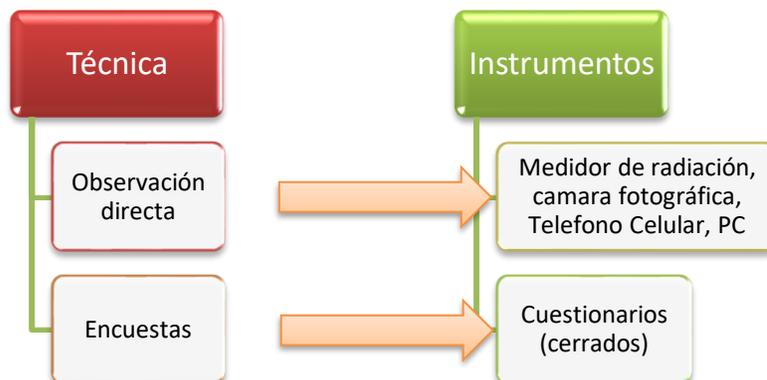
Para el desarrollo del presente proyecto se necesitará el medidor de radiación electromagnética, por ello para la implementación, se utilizará algunas herramientas del laboratorio de la carrera de Ingeniería Electrónica, con ello se armará el prototipo, una vez realizada las pruebas, la herramienta ayudará en la obtención de medidas.

## **3.7 Técnicas e instrumentos**

El éxito de esta investigación depende en gran medida de la idoneidad de las técnicas elegidas para recopilar la información, así como de la capacidad n de las herramientas utilizadas para este fin.

Según (Arias Galicia, 2006), refiere que las técnicas de recolección de datos “son las distintas formas o maneras de obtener la información mediante la observación directa, la encuesta oral o escrita, el cuestionario, la entrevista, el análisis documental y el análisis de contenido entre otros”. (p. 86). Asimismo, destaca el autor que los instrumentos “son los materiales que se utilizan para recoger y almacenar la información, entre los que destacan los formatos de cuestionario, guía de entrevista, lista de cotejo, grabador, cámara fotográfica o de video entre otros”. (p. 91).

Siguiendo el objetivo de investigación, necesariamente se usarán dos técnicas los cuales tendrán sus instrumentos particulares.

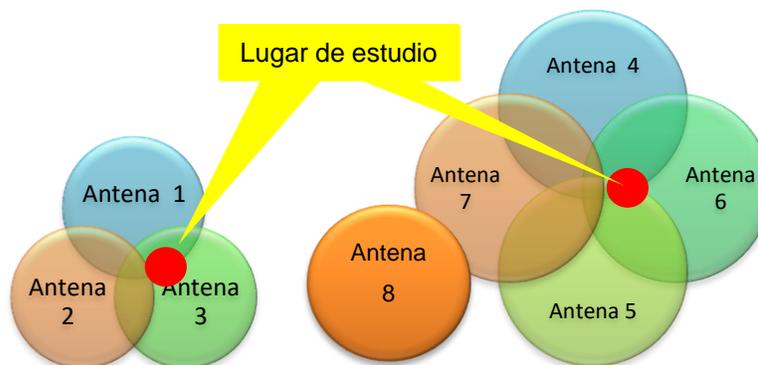
**Figura 13.** Técnicas e Instrumentos

Fuente: Elaboración propia

### 3.7.1 Técnica e instrumentos para la variable independiente

A partir del estudio de campo se usará la técnica de observación directa, esta técnica estará acompañada de instrumentos como una computadora personal (PC), cámara fotográfica, smartphone y el elemento principal será la herramienta que es el medidor de radiación, las herramientas mencionadas ayudaran a la construcción del proyecto como tal, por ello a continuación se desglosa el uso de las mismas:

- La PC será utilizado para la focalización de polígonos, el equipo necesariamente estará con software instalado como el Google Earth, Global Mapper y QGIS, con el que se realizarán contrastes de coordenadas y ubicaciones donde se concentren mayor cantidad de antenas según el siguiente análisis:

**Figura 14.** Geolocalización de focos con mayor radiación electromagnética.

Fuente: Elaboración propia

- Cámara fotográfica, utilizado para sacar el registro de respaldo de las muestras de mediciones realizadas en campo.
- Smartphone, se instalará el software para la medición de potencia de la señal y el registro de parámetros de la red celular emitidas por las antenas.
- Medidor electromagnético, es el elemento clave para la obtención de valores emitidos dentro las frecuencias que irradian las antenas de telefonía móvil.

### 3.7.2 Técnica e instrumento para variable dependiente

La técnica y el instrumento a utilizar con la variable dependiente será la encuesta, el instrumento para la obtención de información estará basado en el cuestionario.

La encuesta según (Hernández Rodríguez, 2012):

Se utiliza para recolectar información de personas respecto a características (estado civil, edad), opiniones (¿está realizando el actual presidente una buena labor?), creencias (¿hay vida después de la muerte?), expectativas (¿cree Ud. que la situación económica del país mejorará durante este año?), conocimiento (¿sabe Ud. cómo se trasmite el SIDA?), conducta actual (¿va Ud. a misa frecuentemente?) o conducta pasada (¿votó Ud. en la elección pasada?). (pág. 25).

El cuestionario, según (Sampieri, 2014), establece que “Un cuestionario consiste en un conjunto de preguntas respecto de o más variables a medir” (p.217)

Según (Hernández Rodríguez, 2012) plantea lo siguiente:

El investigador social debe diseñar un instrumento para medir las variables conceptualizadas al plantear su problema de investigación. Este instrumento es el cuestionario; en éste las variables están operacionalizadas como preguntas. Éstas no solo deben tomar en cuenta el problema que se investiga sino también la población que las contestará y los diferentes métodos de recolección de información (p.ej. entrevista personal o por teléfono). (pág. 26).

### 3.8 Procedimiento de la investigación

Para el desarrollo de esta investigación se siguieron una serie de etapas, las cuales se describen a continuación:

- a. Planteamiento del problema: se inició con una indagación de situaciones problema de interés para el investigador, luego una revisión documental y bibliográfica para elaborar el planteamiento y formulación del problema, estableciéndose seguidamente los objetivos, general y específicos. La investigación se justificó desde diferentes dimensiones, teórica, metodológica, práctica y de índole social, finalmente se delimitó el estudio.
- b. Marco Teórico: se consultaron diversas fuentes documentales y bibliográficas a fin de obtener información respecto a investigaciones relacionadas con la variable cultura de la innovación, abordada desde diferentes puntos de vista y contextos, constituyendo así, los antecedentes. Asimismo, se investigó sobre las teorías existentes para soportar el marco conceptual de la variable objeto de estudio desde la perspectiva de diferentes autores.
- c. Marco Metodológico: una vez recabados los antecedentes de la investigación y las teorías sobre las cuales se fundamenta el estudio, se establecieron los criterios metodológicos, inicialmente se seleccionó el tipo y diseño de la investigación, considerando las variables objeto de estudio y el contexto donde se realiza el trabajo. Igualmente, se determinó la técnica y el instrumento de recolección de datos, dando lugar al diseño y elaboración del cuestionario para la variable bajo estudio.
- d. Validez y confiabilidad del instrumento: el cuestionario fue sometido a juicio de expertos para evaluar la validez de sus contenidos. Hechos los ajustes y correcciones de rigor, se procedió a aplicar la prueba piloto, a cuyos resultados se les realiza el análisis discriminante para determinar la capacidad de los ítems para diferenciar tendencias opuestas, se aplicó al cuestionario en sí y al equipo de medición. Finalmente, se determinó la confiabilidad de los instrumentos, seleccionando el coeficiente Alpha Cronbach, apropiado a la naturaleza de los mismos.
- e. Recolección de información: efectuados los cambios derivados del análisis discriminante y alcanzada la confiabilidad satisfactoria se obtuvo el instrumento definitivo para la recolección de la información, proceso realizado teniendo dos factores, el primero realizando el uso del instrumento de medición en diferentes puntos con mayor afluencia de antenas de telefonía móvil y el segundo con el grupo

selecto de habitantes del distrito municipal 1, y de los centros de salud existentes en este distrito.

- f. Análisis y discusión de resultados: seguidamente de la recolección de la información, se procedió a su procesamiento y tabulación. Los resultados se analizaron mediante estadística descriptiva, utilizando medidas de tendencia central (media) y de dispersión (coeficiente de variación), luego fueron contrastados con los modelos teóricos adoptados y con las investigaciones relacionadas en los antecedentes de la investigación.
- g. Estimación de Niveles y afección en salud: seguidamente y en base al análisis y discusión de los resultados, se establecieron los niveles existentes en los puntos con mayor afluencia de antenas y con los resultados obtenidos a través de los cuestionarios se determina si la radiación electromagnética afecta en la salud de los habitantes con posibles enfermedades o molestias nuevas.
- h. Conclusiones y recomendaciones: se establecieron las conclusiones del estudio en función de cada objetivo específico. Finalmente, se formularon las recomendaciones derivadas de la presente investigación.

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS

### 4 Resultados de Investigación

De acuerdo con las variables y dependiente e independiente que se estableció como objeto de investigación, en este capítulo se analizará cada uno de ellos desde los aspectos técnicos y de acuerdo a lo establecido en los estudios de campo.

#### 4.1 Antenas instaladas en el distrito municipal 1 de la ciudad de El Alto.

En el relevamiento de campo, de manera visual se pudo establecer al menos la presencia 82 antenas de telefonía celular, los cuales trabajan con las distintas generaciones como el 2G, 3G, y 4G.

**Tabla 6. Coordenadas de antenas de telefonía móvil dentro el D-1**

ANTENAS	LATITUD	LONGITUD	TIPO DE ANTENA
Ant_1	-16,5573766	-68,1838846	Telefonía Móvil
Ant_2	-16,55178	-68,173182	Telefonía Móvil
Ant_3	-16,55129	-68,18451	Telefonía Móvil
Ant_4	-16,548361	-68,1835	Telefonía Móvil
Ant_5	-16,543818	-68,1756492	Telefonía Móvil
Ant_6	-16,5437992	-68,1634022	Telefonía Móvil
Ant_7	-16,543794	-68,1634	Telefonía Móvil
Ant_8	-16,5437911	-68,1742331	Telefonía Móvil
Ant_9	-16,543389	-68,177639	Telefonía Móvil
Ant_10	-16,5422	-68,1812	Telefonía Móvil
Ant_11	-16,538806	-68,170639	Telefonía Móvil
Ant_12	-16,53801	-68,16585	Telefonía Móvil
Ant_13	-16,53732	-68,17474	Telefonía Móvil
Ant_14	-16,536684	-68,165885	Telefonía Móvil
Ant_15	-16,5365	-68,15704	Telefonía Móvil
Ant_16	-16,5361736	-68,1731467	Telefonía Móvil
Ant_17	-16,535511	-68,15265	Telefonía Móvil
Ant_18	-16,53493	-68,145417	Telefonía Móvil

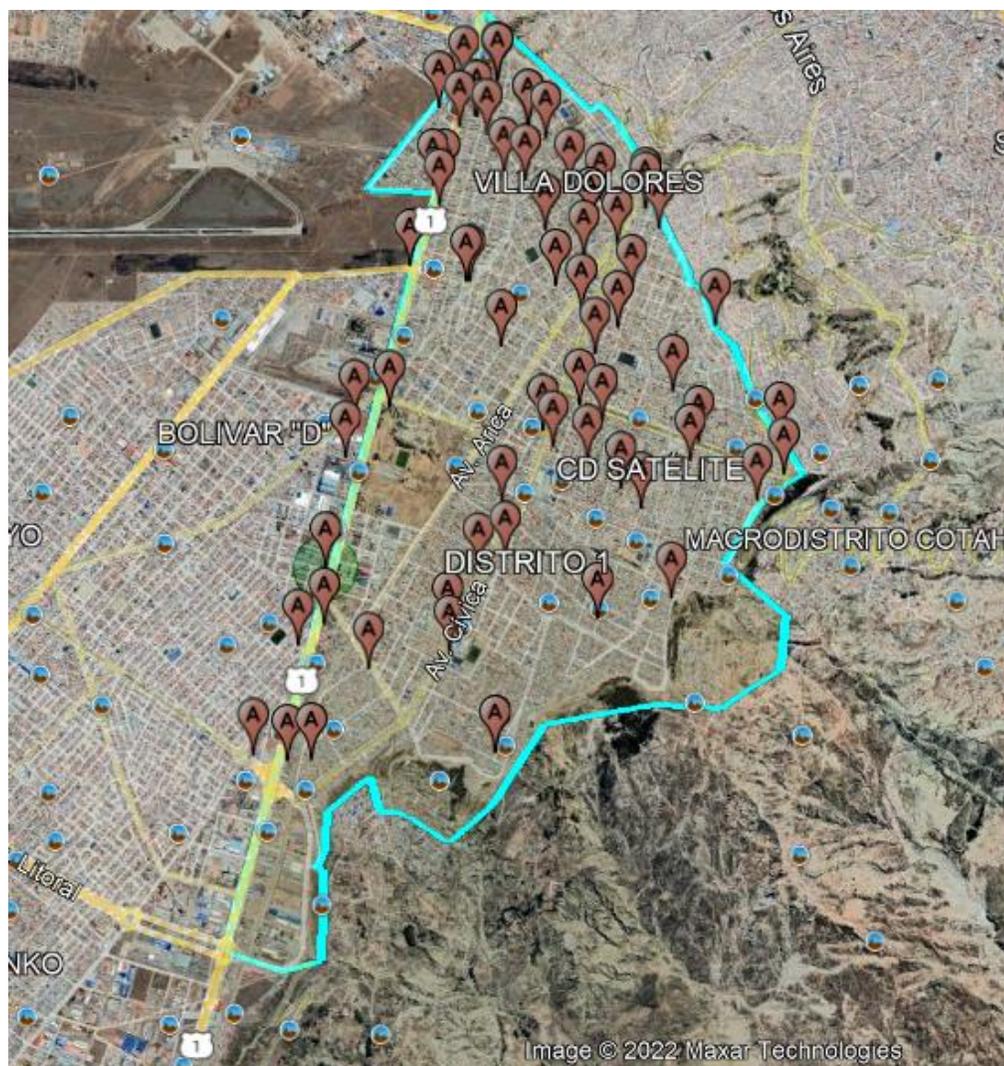
ANTENAS	LATITUD	LONGITUD	TIPO DE ANTENA
Ant_19	-16,533421	-68,163943	Telefonía Móvil
Ant_20	-16,533145	-68,146413	Telefonía Móvil
Ant_21	-16,53303	-68,172939	Telefonía Móvil
Ant_22	-16,532833	-68,162333	Telefonía Móvil
Ant_23	-16,531353	-68,174754	Telefonía Móvil
Ant_24	-16,5310947	-68,1755965	Telefonía Móvil
Ant_25	-16,53036	-68,15422	Telefonía Móvil
Ant_26	-16,5301658	-68,1473668	Telefonía Móvil
Ant_27	-16,5296673	-68,1623926	Telefonía Móvil
Ant_28	-16,52917	-68,15536	Telefonía Móvil
Ant_29	-16,52875	-68,14572	Telefonía Móvil
Ant_30	-16,527765	-68,151214	Telefonía Móvil
Ant_31	-16,527552	-68,1572532	Telefonía Móvil
Ant_32	-16,5268	-68,171501	Telefonía Móvil
Ant_33	-16,5267518	-68,1506643	Telefonía Móvil
Ant_34	-16,52672	-68,14588	Telefonía Móvil
Ant_35	-16,52669	-68,15926	Telefonía Móvil
Ant_36	-16,5257324	-68,1598208	Telefonía Móvil
Ant_37	-16,5253056	-68,1562944	Telefonía Móvil
Ant_38	-16,5244741	-68,1708627	Telefonía Móvil
Ant_39	-16,524383	-68,157599	Telefonía Móvil
Ant_40	-16,52403	-68,16878	Telefonía Móvil
Ant_41	-16,52379	-68,15206	Telefonía Móvil
Ant_42	-16,523639	-68,144583	Telefonía Móvil
Ant_43	-16,5215072	-68,1565569	Telefonía Móvil
Ant_44	-16,52086	-68,16206	Telefonía Móvil
Ant_45	-16,5206389	-68,1452778	Telefonía Móvil
Ant_46	-16,5201766	-68,1494179	Telefonía Móvil
Ant_47	-16,520055	-68,155149	Telefonía Móvil

<b>ANTENAS</b>	<b>LATITUD</b>	<b>LONGITUD</b>	<b>TIPO DE ANTENA</b>
Ant_48	-16,51901	-68,15726	Telefonía Móvil
Ant_49	-16,51804	-68,154259	Telefonía Móvil
Ant_50	-16,5175611	-68,1587111	Telefonía Móvil
Ant_51	-16,517408	-68,171852	Telefonía Móvil
Ant_52	-16,517127	-68,163763	Telefonía Móvil
Ant_53	-16,5171203	-68,1639663	Telefonía Móvil
Ant_54	-16,5161	-68,167245	Telefonía Móvil
Ant_55	-16,5159993	-68,1569885	Telefonía Móvil
Ant_56	-16,515375	-68,154984	Telefonía Móvil
Ant_57	-16,514583	-68,1525	Telefonía Móvil
Ant_58	-16,5143971	-68,1591891	Telefonía Móvil
Ant_59	-16,51415	-68,15652	Telefonía Móvil
Ant_60	-16,5134014	-68,1532425	Telefonía Móvil
Ant_61	-16,51315	-68,15322	Telefonía Móvil
Ant_62	-16,51281	-68,155876	Telefonía Móvil
Ant_63	-16,51275	-68,16536	Telefonía Móvil
Ant_64	-16,5118884	-68,1576479	Telefonía Móvil
Ant_65	-16,5116355	-68,1650235	Telefonía Móvil
Ant_66	-16,51162	-68,16571	Telefonía Móvil
Ant_67	-16,511556	-68,16025	Telefonía Móvil
Ant_68	-16,511142	-68,1614991	Telefonía Móvil
Ant_69	-16,5091845	-68,1589458	Telefonía Móvil
Ant_70	-16,508897	-68,162391	Telefonía Móvil
Ant_71	-16,508483	-68,159991	Telefonía Móvil
Ant_72	-16,508467	-68,159961	Telefonía Móvil
Ant_73	-16,508364	-68,16398	Telefonía Móvil
Ant_74	-16,5078422	-68,1629531	Telefonía Móvil
Ant_75	-16,5077699	-68,1630799	Telefonía Móvil
Ant_76	-16,507238	-68,16515	Telefonía Móvil

ANTENAS	LATITUD	LONGITUD	TIPO DE ANTENA
Ant_77	-16,507014	-68,154464	Telefonía Móvil
Ant_78	-16,505861	-68,163631	Telefonía Móvil
Ant_79	-16,50584	-68,16169	Telefonía Móvil
Ant_80	-16,5057665	-68,1616366	Telefonía Móvil
Ant_81	-16,505702	-68,161691	Telefonía Móvil
Ant_82	-16,5020472	-68,1640917	Telefonía Móvil

Fuente: Elaboración con datos de relevamiento

**Figura 15. Ubicación de antenas en el D-1**



Fuente: Elaboración en Google Earth en base a relevamiento de campo

Haciendo la observación a las coordenadas donde están instaladas las antenas de telefonía celular, se puede ver que la gran mayoría quedan instaladas alrededor de la Avenidas principales como la Av. Tiahuanaco, Av. Del Policía, Av. 6 de Marzo, y centros con mayor afluencia de personas como el sector de la Ceja de El Alto (zona 12 de octubre), Villa Dolores y ciudad Satélite.

#### 4.2 Tipos de antenas instaladas

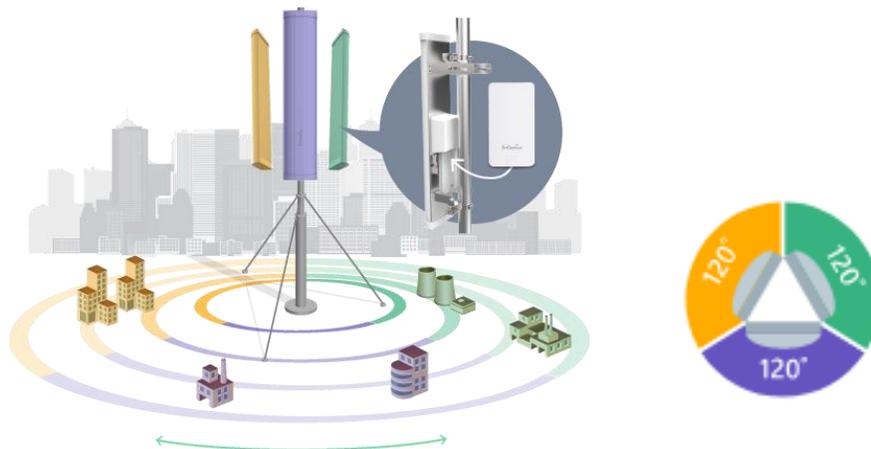
En base a lo verificado de forma visual se logró distinguir que las antenas con las que funcionan las Radio bases, vienen conformadas por antenas sectoriales dando cobertura a una determinada área, en varias estaciones se encontraron también instaladas antenas sectoriales que trabajan en múltiples bandas de operación.

##### ***Antenas Sectoriales.***

Su característica principal de este tipo de antenas es tener un mayor alcance, las antenas sectoriales son antenas dan cobertura a un área determinada. Las antenas sectoriales que están instaladas en las radio bases, enfocan su energía a una zona grande o un sector para poder abarcar muchos posibles usuarios.

Las antenas sectoriales tienen patrones de radiación que pueden cubrir diferentes zonas dependiendo de sus características. Las habitualmente instaladas son de 60°, 90° o 120°, en relevamiento se consiguió verificar la instalación de solo tres sectores es decir que cada una de las antenas cubre 120°.

**Figura 16.** Radiación de antenas sectoriales con 120°



Fuente: <https://www.engeniusnetworks.eu/es/enjet/use-cases/>

Se evidenció la instalación de antenas de las marcas Kathrein, Andrew, Comba y otros que no se pudo identificarlos.

### ***Características técnicas de las antenas Kathrein***

Son antenas que trabajan en diferentes frecuencias, la telefonía móvil usa varias bandas de frecuencias, de acuerdo con el ente regulador, en Bolivia estas frecuencias son destinados para los sistemas de telefonía móvil que actualmente existen como el 2G, 3G y 4G. Las principales características de esta antena son:

- Frecuencias de trabajo:
  - o 698–960
  - o 1710–2690
  - o 1710–2690
- Potencia: 17/18/18dBi
- Material: reflector de aluminio, fabricado con fibra de vidrio y resistente los rayos UV.

**Figura 17.** Vista de antena multibanda marca Kathrein



Fuente: Extraída de relevamiento de campo

**Figura 18.** Antena Sectorial de la marca COMBA

Fuente: Extraída de relevamiento de campo

#### **4.3 Banda de Frecuencias utilizada en Bolivia para telefonía celular.**

Los operadores de telefonía móvil en Bolivia comercialmente conocidos como Entel, Viva y Tigo, tienen asignados distintas bandas de frecuencias, en nuestro país esta asignación viene reglamentado por la Autoridad de Regulación y Fiscalización de Telecomunicaciones y Transporte (ATT)

Según el artículo 6, Inc. 2 de la Ley N° 154 (LEY GENERAL DE TELECOMUNICACIONES, TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN, 2011) establece que:

“Acceso inalámbrico móvil. A las aplicaciones de acceso inalámbrico en la que el lugar del punto de conexión de la usuaria o usuario final es móvil y utiliza frecuencias establecidas en el Plan Nacional de Frecuencias para aplicaciones móviles” (p.4).

Las frecuencias destinadas para las operadoras de telefonía móvil son los mostrados en la siguiente tabla:

**Tabla 7.** Asignación de frecuencias a operadores de telefonía móvil

Operador	2G	3G	4G	5G
Entel (ENTEL S.A.)	B2 (1900)	B5 (850)	B4 (1700/2100 AWS 1) B12 (700) B13 (700) B17 (700) B28 (700) B44 (TDD 700)	En proceso de licitación ATT
Tigo (TELECEL S.A.)	B5 (850)	B5 (850)	B4 (1700/2100 AWS 1) B17 (700)	En proceso de licitación ATT
Viva (NUEVATEL PSC de Bolivia S.A.)	B2 (1900)	B5 (850)	B4 (1700/2100 AWS 1) B17 (700)	En proceso de licitación ATT

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4 Tipos de infraestructura para antenas.

En una radio base uno de los principales componentes es la torre, en la parte superior de las torres están situadas e instaladas las antenas sectoriales, la finalidad de la misma es que pueda cubrir gran parte del área de acuerdo a diseño.

Dentro el Distrito 1 del Municipio de El Alto se pudo evidenciar dos tipos de infraestructura, esto son Radio Bases con torres del tipo Autosoportada, Radio bases con torres del tipo Monopolo situados en la parte superior o azotea de los edificios más altos de las zonas y solo en algún caso estaciones con antena arriestrada.

#### 4.4.1 Radio Bases con torres Autoportadas (torres)

Las torres autoportadas son estructuras que soportan cargas de viento y sismo sin mayores problemas, generalmente son instalados en puntos de distribución o nodos.

Este tipo de infraestructura requiere un mayor espacio debido a que la parte inferior de la torre esta realizada con bases de concreto y además deben estar instalados los equipos de energía, del sistema de transmisión y del sistema de banda base (área de la que depende las antenas sectoriales).

**Figura 19.** Vista de una torre Autoportada



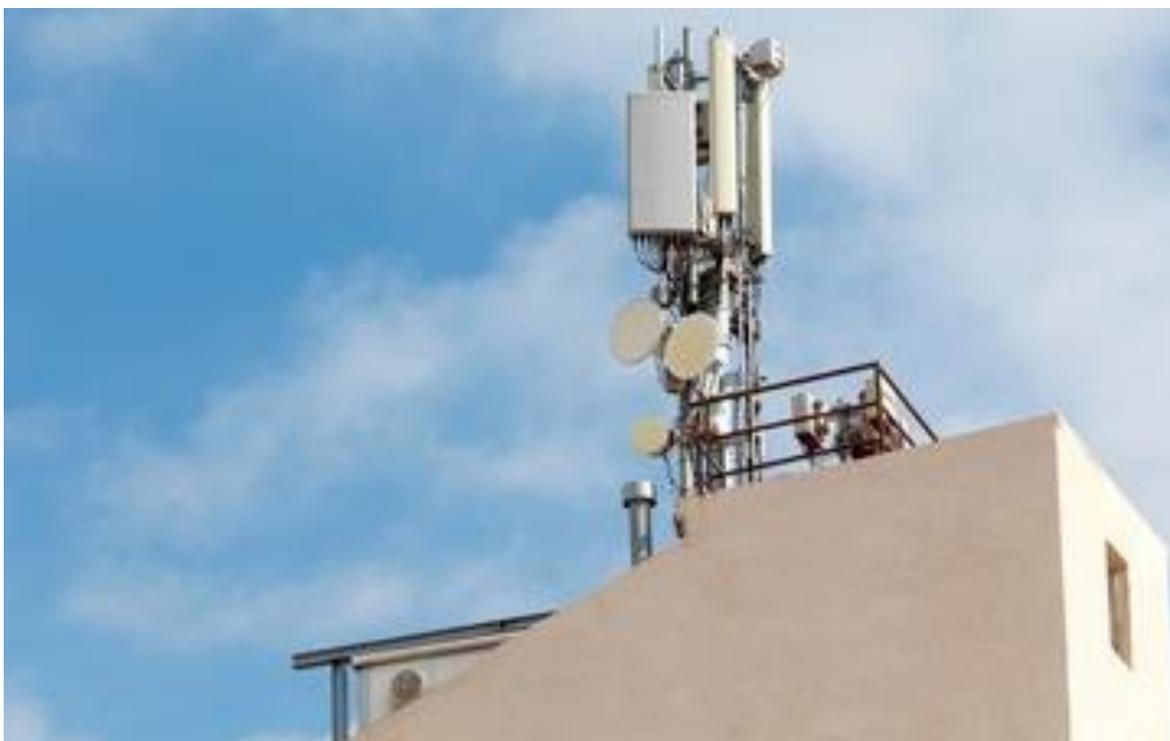
Fuente: Fotografía de relevamiento

#### 4.4.2 Radio Bases con torres tipo Monopolo encima de la azotea (Rooftop)

Son estaciones que están situados en la parte superior de los edificios, comúnmente se pudo observar que este tipo de estaciones están instalados en edificios mayores a 4 pisos y de ahí instalados con una torre tipo Monopolo, en muchos de los casos este tipo de torres están mimetizadas.

Este tipo de antenas requieren espacios reducidos, la dificultad generalmente es el acceso al sitio como tal, ya que se instalan en propiedad privada.

**Figura 20.** Antena en torre tipo Monopolo ubicada en la parte superior del edificio.



Fuente: Fotografía de relevamiento

#### 4.5 Sectores con más antenas de telefonía móvil instaladas.

Se realizó el análisis con software utilizando la aplicación llamada Global Mapper, a cada antena se dio una cobertura con un radio de 200 metros, con estos datos se ejecutó el programa donde se encontraron 16 puntos críticos detallados en el siguiente cuadro:

**Tabla 8.** Puntos centrales con mayor cantidad de antenas

N° SITIO	ANTENAS ADYACENTES	DIRECCIÓN	ZONA O URBANIZACIÓN
1	3	Av. 6 de Marzo entre Av. Bolivia y Calle 31	Rosas Pampa
2	2	Av. 6 de Marzo esq. Calle 3	Rosas Pampa
3	2	Av. Arica casi esq. Av. Achocalla	Rosas Pampa
4	2	Av. Cívica plaza Santa Rosa	Santa Rosa
5	2	Av. 6 de Marzo esq. Av. Achocalla	Villa Bolívar YKK
6	2	Av. Cívica esq. Av. Aroma	Villa Exaltación 1ra Sección
7	2	Av. 6 de Marzo Frente a HANSA	Villa Bolívar YKK
8	2	Av. 6 de Marzo esq. Calle 8	Villa Santiago I
9	2	Av. Cívica esq. Calle 4	Santa Rosa
10	2	Calle Eduardo Calderón esq. Calle 29 B	Ciudad Satélite
11	2	Calle V. de Villalba esq. Calle 29 A	Tejada Rectangular
12	5	Calle 27. entre George Squier y Av. Escalona	Tejada Rectangular
13	3	Av. Cívica entre calles 25 y 26	Tejada Rectangular
14	3	Calle 26. esq. Av. Escalona	Tejada Rectangular
15	3	Calle 27. esq. George Squier	Tejada Rectangular
16	3	Calle George Squier entre calles 25 y 26	Tejada Rectangular
17	2	Av. Del Policía esq. Av. Hernando Morales	Ciudad Satélite
18	2	Av. Panorámica esq. Calle 2	Tejada Alpacoma
19	2	Av. Max Fernández esq. Calle 2	Tejada Alpacoma
20	2	Mercado Ciudad Satélite Altura C.19	Ciudad Satélite
21	3	Av. Cívica entre calles 11 y 12	Tejada Rectangular
22	2	Calle George Squier entre calles 18 y 21	Tejada Rectangular
23	3	Calle 8 entre George Squier y Av. Cívica	Tejada Rectangular
24	3	Av. Arica entre calles 2 y 3	Tejada Triangular
25	3	Av. Tiahuanacu esq. Av. Satélite	12 de Octubre
26	3	Calle Francisco de la Vega entre calles 11 y 12	Villa Dolores
27	3	Av. Franco Valle esq. Av. Satélite	12 de Octubre

N° SITIO	ANTENAS ADYACENTES	DIRECCIÓN	ZONA O URBANIZACIÓN
28	3	Av. Cívica esq. Calle 6	Tejada Rectangular
29	4	Av. Antofagasta esq. Calle 11	Villa Dolores
30	5	Calle M Sampertegui esq. Calle 11	Villa Dolores
31	4	Calle 3 esq. George Squier y Av. Cívica	Tejada Rectangular
32	4	Calle 10 entre Av. Antofagasta y D. Moscoso	Villa Dolores
33	3	Calle Demetrio Moscoso esq. Calle 9	Villa Dolores
34	4	Calle 9 entre C. Medina y Av. Antofagasta	Villa Dolores
35	3	Calle 8 entre D. Moscoso y F. Carvajal	Villa Dolores
36	3	Av. 6 de Marzo esq. Calle 7	12 de Octubre
37	5	Calle 3 entre Av. 6 de Marzo y Jorge Carrasco	12 de Octubre
38	5	Calle 4 esq. Av. 6 de Marzo	12 de Octubre
39	7	Av. Franco Valle entre calles 2 y 3	12 de Octubre
40	3	Calle 1, Plaza del Lustra botas	12 de Octubre
41	5	Av. Tiahuanacu esq. Av. Antofagasta	Villa Dolores
42	5	Av. Tiahuanacu, esq. Calle 3	12 de Octubre
43	2	Calle 6 entre Av. Raúl Salmon y F. Valle	12 de Octubre
44	3	Av. Arica esq. Av. Antofagasta	Villa Dolores
45	4	Av. Arica entre Calles C Medina y Sampertegui	Villa Dolores
46	4	Calle Francisco Carvajal esq. Calle 4	Villa Dolores
47	5	Calle 4 entre D. Moscoso y F. Carvajal	Villa Dolores
48	4	Plaza J. Azurduy esq. Calle 5	Villa Dolores
49	5	Calle 5 esq. Demetrio Moscoso	Villa Dolores

Fuente: Datos recopilados de campo

Se encontró al menos 49 puntos donde intersecan desde 2 radio bases de telefonía móvil hasta 5 estaciones de telefonía móvil instaladas el rededor de los puntos que lo denominamos críticos porque estaría a menos de 200 m desde el punto de medición.

El análisis mostrado en la tabla 5, se disgrega de las coordenadas relevadas en campo, los cuales muestran los siguientes radios circundantes a las antenas instaladas:

**Figura 21.** Radiación 200 metros de las estaciones base

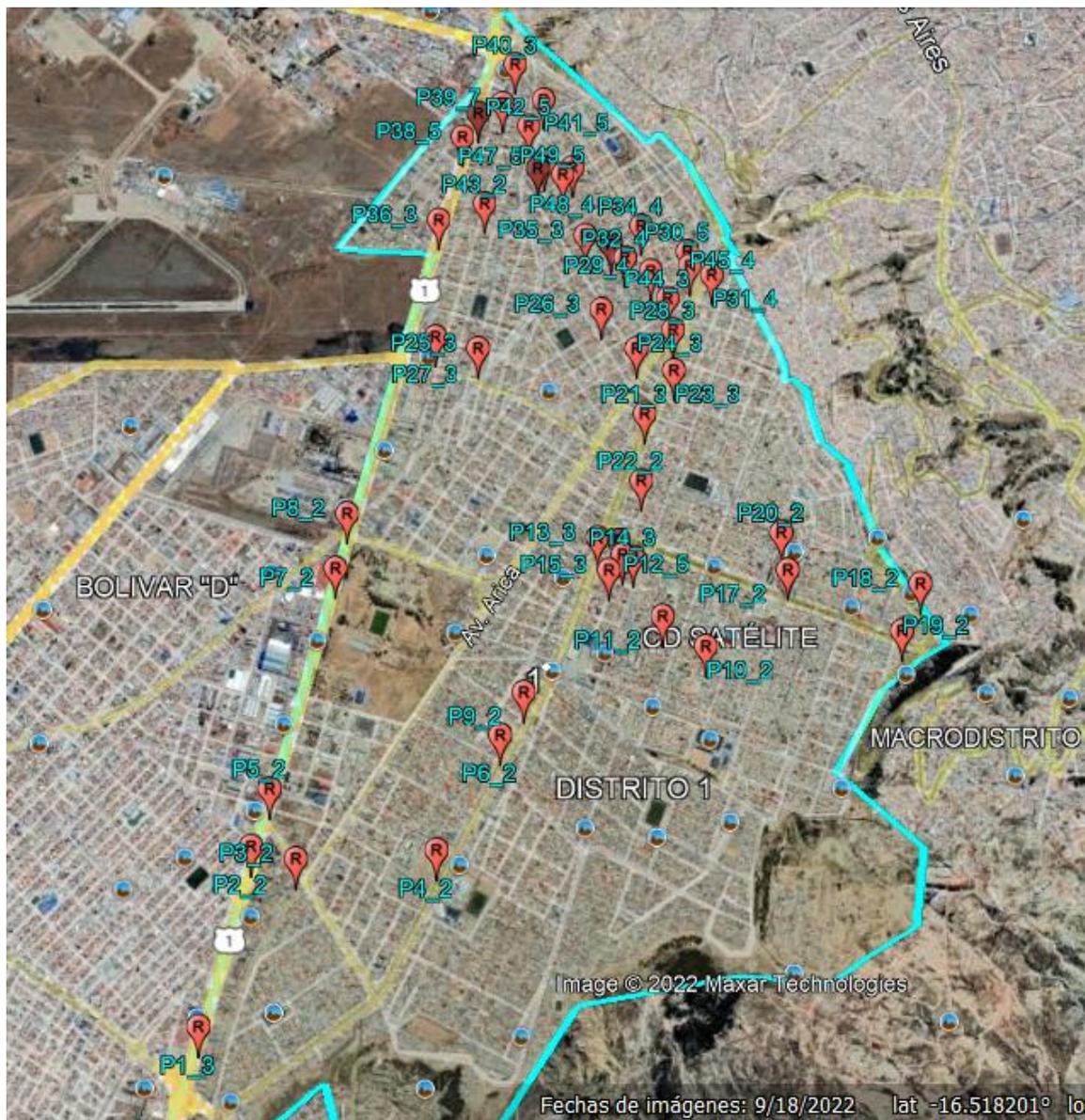
Fuente: Analizado con los datos de relevamiento, elaborado en Google Earth

#### 4.6 Toma de muestras de medición

Después de relevamiento de información realizada en campo y el análisis en laboratorio para encontrar los puntos con mayor afluencia de antenas de telefonía móvil, el equipo de investigación se desplazó nuevamente a campo para la obtención de valores de radiación con los 49 puntos críticos ubicados en diferentes zonas dentro el Distrito 1 del Municipio de la Ciudad de El Alto.

En el siguiente cuadro se muestran los puntos centrales que tienen mayor afluencia de antenas instaladas.

**Figura 22.** Puntos de intersección con mayor cantidad de RBS



Fuente. Elaboración en base a datos relevados

De acuerdo con la información mostrada en la figura 21, se clasifican las siguientes zonas con gran cantidad de antenas de telefonía instaladas:

**Tabla 9.** Zonas con más puntos críticos

ZONA O URBANIZACIÓN	PUNTOS CRÍTICOS
12 de Octubre	9
Ciudad Satélite	3
Rosas Pampa	3
Santa Rosa	2
Tejada Alpacoma	2
Tejada Rectangular	11
Tejada Triangular	1
Villa Bolívar YKK	2
Villa Dolores	14
Villa Exaltación 1ra Sección	1
Villa Santiago I	1

Fuente: Elaboración con datos de relevamiento previo análisis

**4.6.1 Medición de Radiación Electromagnética**

De las 49 mediciones realizadas se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 10.** Valores de radiación medidos

N° SITIO	ANTENAS ADYACENTES	DIRECCIÓN	ZONA O URBANIZACIÓN	VALOR MAX MEDIDO (W/cm <sup>2</sup> )
1	3	Av. 6 de Marzo entre Av. Bolivia y Calle 31	Rosas Pampa	5,721
2	2	Av. 6 de Marzo esq. Calle 3	Rosas Pampa	0,091
3	2	Av. Arica casi esq. Av. Achocalla	Rosas Pampa	0,157
4	2	Av. Cívica plaza Santa Rosa	Santa Rosa	2,583
5	2	Av. 6 de Marzo esq. Av. Achocalla	Villa Bolívar YKK	0,026
6	2	Av. Cívica esq. Av. Aroma	Villa Exaltación 1ra Sección	0,142
7	2	Av. 6 de Marzo Frente a HANSA	Villa Bolívar YKK	10,910
8	2	Av. 6 de Marzo esq. Calle 8	Villa Santiago I	8,910

N° SITIO	ANTENAS ADYACENTES	DIRECCIÓN	ZONA O URBANIZACIÓN	VALOR MAX MEDIDO (W/cm <sup>2</sup> )
9	2	Av. Cívica esq. Calle 4	Santa Rosa	26,120
10	2	Calle Eduardo Calderón esq. Calle 29 B	Ciudad Satélite	0,339
11	2	Calle V. de Villalba esq. Calle 29 A	Tejada Rectangular	0,166
12	5	Calle 27. entre George Squier y Av. Escalona	Tejada Rectangular	0,110
13	3	Av. Cívica entre calles 25 y 26	Tejada Rectangular	0,139
14	3	Calle 26. esq. Av. Escalona	Tejada Rectangular	4,944
15	3	Calle 27. esq. George Squier	Tejada Rectangular	2,783
16	3	Calle George Squier entre calles 25 y 26	Tejada Rectangular	0,369
17	2	Av. Del Policía esq. Av. Hernando Morales	Ciudad Satélite	8,332
18	2	Av. Panorámica esq. Calle 2	Tejada Alpacoma	59,690
19	2	Av. Max Fernández esq. Calle 2	Tejada Alpacoma	10,252
20	2	Mercado Ciudad Satélite Altura C.19	Ciudad Satélite	10,644
21	3	Av. Cívica entre calles 11 y 12	Tejada Rectangular	2,169
22	2	Calle George Squier entre calles 18 y 21	Tejada Rectangular	6,543
23	3	Calle 8 entre George Squier y Av. Cívica	Tejada Rectangular	7,121
24	3	Av. Arica entre calles 2 y 3	Tejada Triangular	0,505
25	3	Av. Tiahuanacu esq. Av. Satélite	12 de Octubre	16,918

N° SITIO	ANTENAS ADYACENTES	DIRECCIÓN	ZONA O URBANIZACIÓN	VALOR MAX MEDIDO (W/cm <sup>2</sup> )
26	3	Calle Francisco de la Vega entre calles 11 y 12	Villa Dolores	4,975
27	3	Av. Franco Valle esq. Av. Satélite	12 de Octubre	0,127
28	3	Av. Cívica esq. Calle 6	Tejada Rectangular	8,073
29	4	Av. Antofagasta esq. Calle 11	Villa Dolores	7,297
30	5	Calle M Sampertegui esq. Calle 11	Villa Dolores	2,534
31	4	Calle 3 esq. George Squier y Av. Cívica	Tejada Rectangular	0,066
32	4	Calle 10 entre Av. Antofagasta y D. Moscoso	Villa Dolores	4,297
33	3	Calle Demetrio Moscoso esq. Calle 9	Villa Dolores	0,373
34	4	Calle 9 entre C. Medina y Av. Antofagasta	Villa Dolores	0,140
35	3	Calle 8 entre D. Moscoso y F. Carvajal	Villa Dolores	12,406
36	3	Av. 6 de Marzo esq. Calle 7	12 de Octubre	0,157
37	5	Calle 3 entre Av. 6 de Marzo y Jorge Carrasco	12 de Octubre	12,423
38	5	Calle 4 esq. Av. 6 de Marzo	12 de Octubre	9,683
39	7	Av. Franco Valle entre calles 2 y 3	12 de Octubre	26,310
40	3	Calle 1, Plaza del Lustrabotas	12 de Octubre	29,350
41	5	Av. Tiahuanacu esq. Av. Antofagasta	Villa Dolores	12,877
42	5	Av. Tiahuanacu, esq. Calle 3	12 de Octubre	38,210
43	2	Calle 6 entre Av. Raúl Salmon y F. Valle	12 de Octubre	0,126
44	3	Av. Arica esq. Av. Antofagasta	Villa Dolores	5,307
45	4	Av. Arica entre Calles C Medina y Sampertegui	Villa Dolores	0,681
46	4	Calle Francisco Carvajal esq. Calle 4	Villa Dolores	0,129

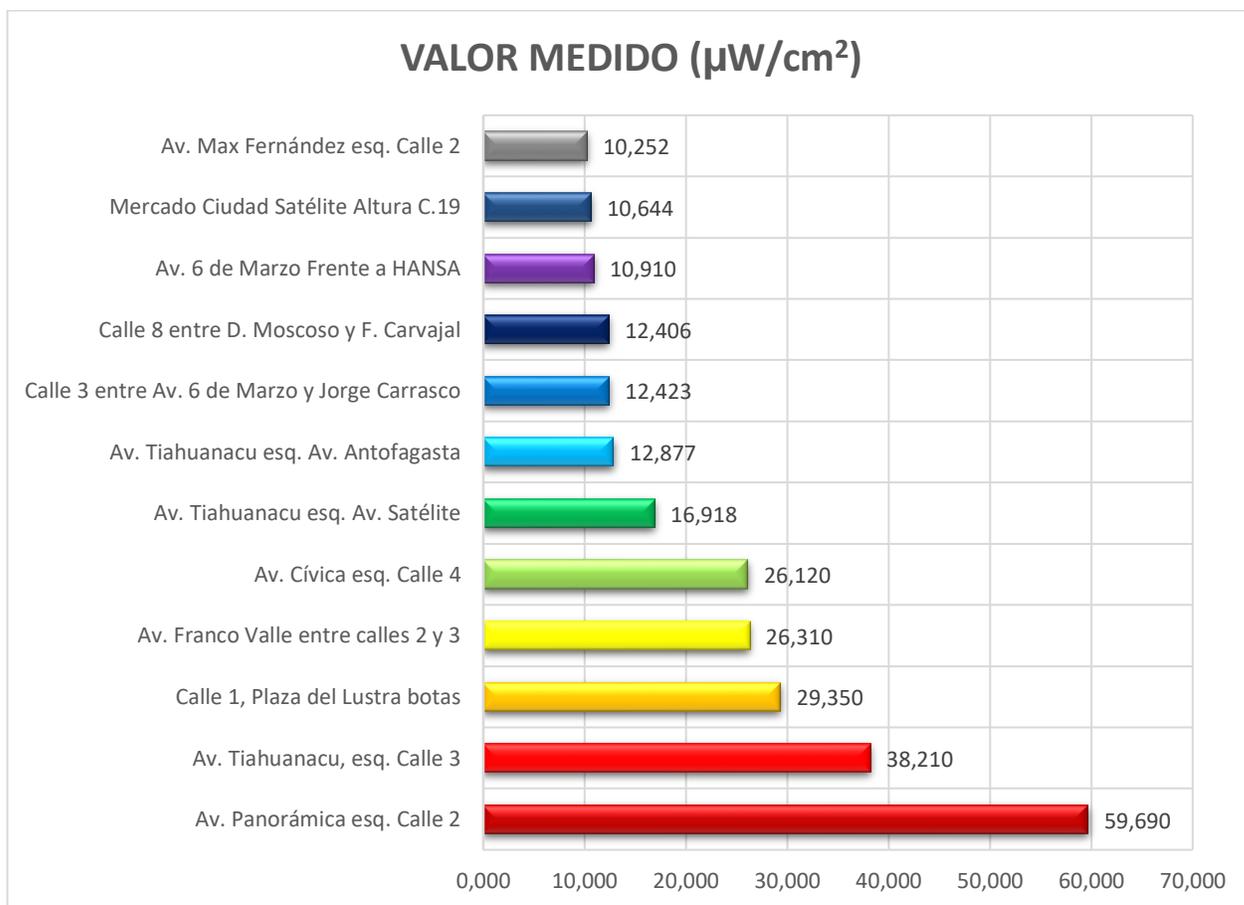
N° SITIO	ANTENAS ADYACENTES	DIRECCIÓN	ZONA O URBANIZACIÓN	VALOR MAX MEDIDO (W/cm <sup>2</sup> )
47	5	Calle 4 entre D. Moscoso y F. Carvajal	Villa Dolores	7,763
48	4	Plaza J. Azurduy esq. Calle 5	Villa Dolores	3,193
49	5	Calle 5 esq. Demetrio Moscoso	Villa Dolores	2,755

Fuente: Elaboración con datos de medición.

#### 4.6.2 Lugares con niveles más altos de Radiación Electromagnética.

Del total los 49 puntos medidos se pudieron observar que existen niveles con más de 10  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ , esta cantidad de sitios corresponde a 12 lugares específicos que marcaron niveles altos, en la siguiente tabla se detallan estos sitios.

**Figura 23. Lugares con niveles altos**



Fuente: Elaboración con datos de medición.

De los 12 puntos, las zonas con lugares de radiación electrónica elevada son las que se muestran en el siguiente cuadro:

**Tabla 11. Zonas con lugares de radiación alta**

ZONA O URBANIZACIÓN	CANTIDAD DE LUGARES CON ALTOS NIVELES DE RADIACIÓN	MÁXIMO VALOR MEDIDO ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )
Tejada Alpacoma	2	59,69
12 de Octubre	5	38,21
Santa Rosa	1	26,12
Villa Dolores	2	12,877
Villa Bolívar YKK	1	10,91
Ciudad Satélite	1	10,644

Fuente: Elaboración propia

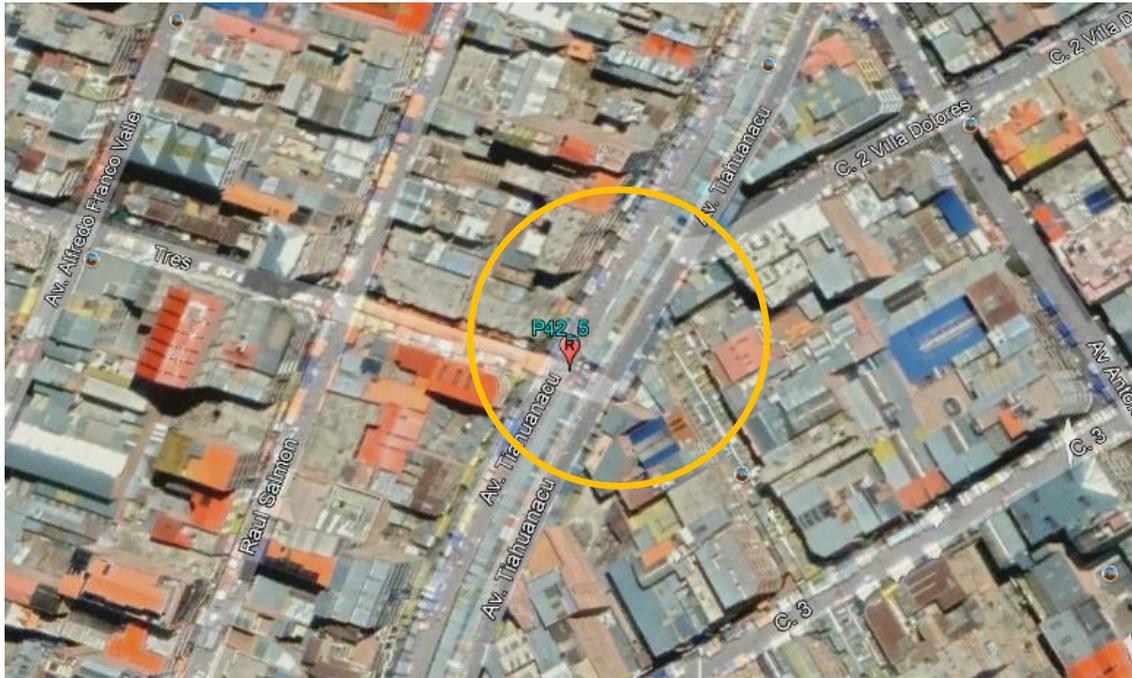
En las siguientes imágenes se muestran los lugares con alta radiación:

**Figura 24. Tejada Alpacoma, Av. Panorámica esq. Calle 2**



Fuente: Elaboración con datos de medición

**Figura 25.** 12 de Octubre, Av. Tiahuanacu, esq. Calle 3



Fuente: Elaboración con datos de medición

**Figura 26.** 12 de Octubre, Calle 1, Plaza del Lustra botas



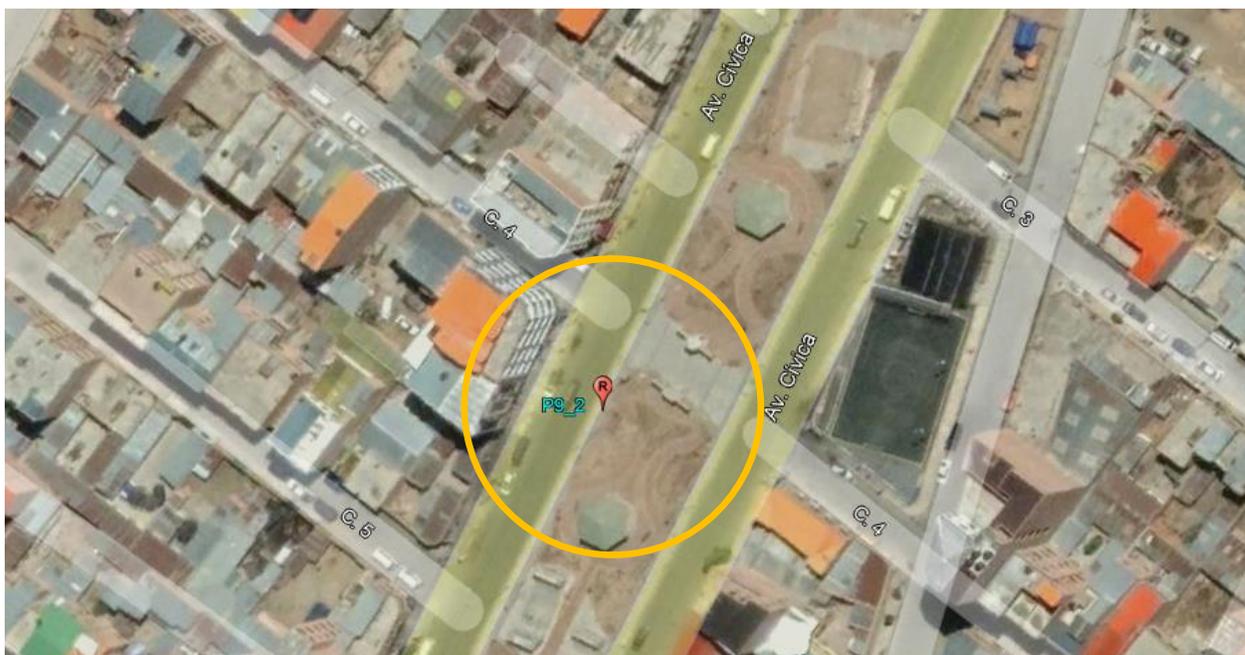
Fuente: Elaboración con datos de medición

**Figura 27.** 12 de Octubre, Av. Franco Valle entre calles 2 y 3



Fuente: Elaboración con datos de medición

**Figura 28.** Santa Rosa, Av. Cívica esq. Calle 4

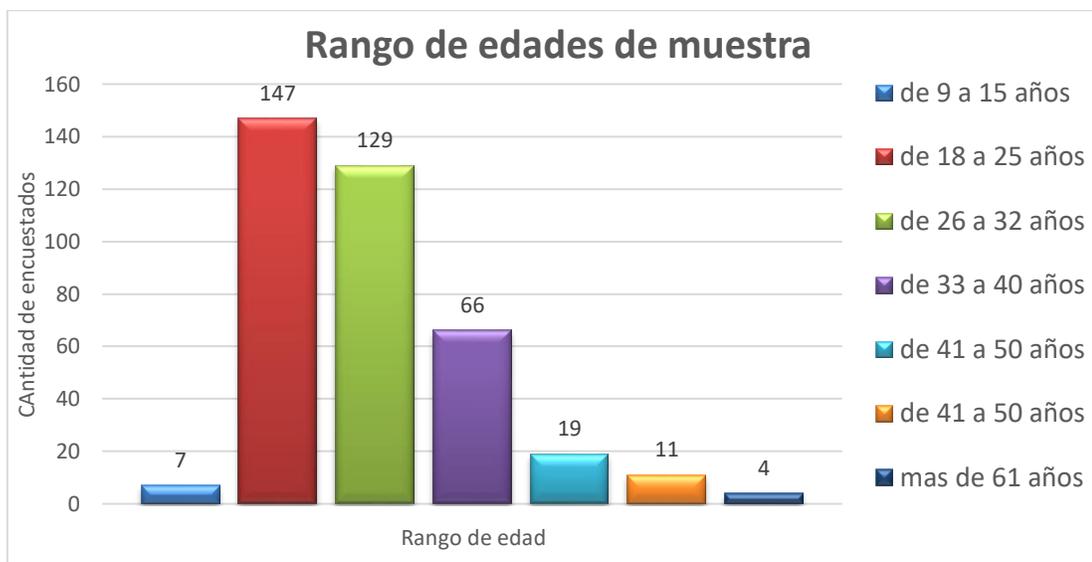


Fuente: Elaboración con datos de sitios con niveles elevados

#### 4.7 Salud relacionada con la radiación electromagnética.

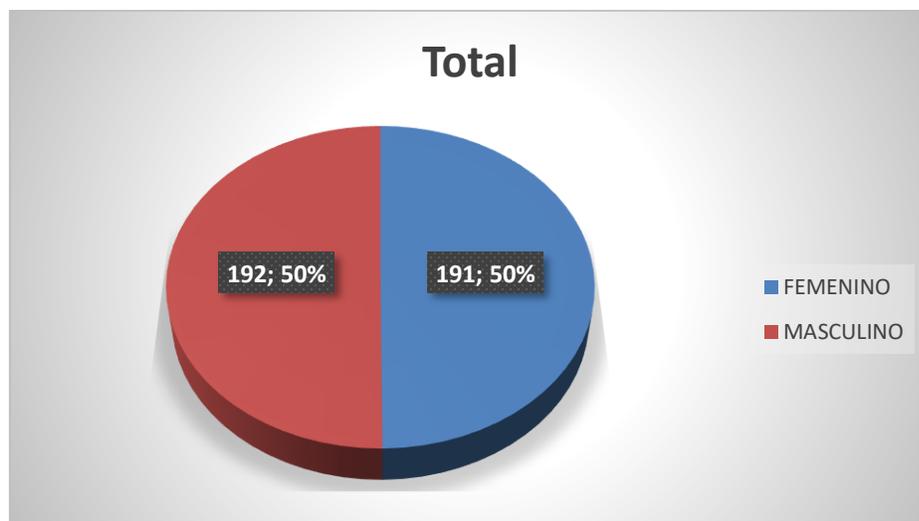
De acuerdo con la población y muestra definida en el capítulo anterior, fueron encuestados 383 personas todos habitantes de diferentes zonas y urbanizaciones dentro el Distrito 1 perteneciente al Gobierno Municipal de El Alto.

**Figura 29.** Rango de edades de muestra



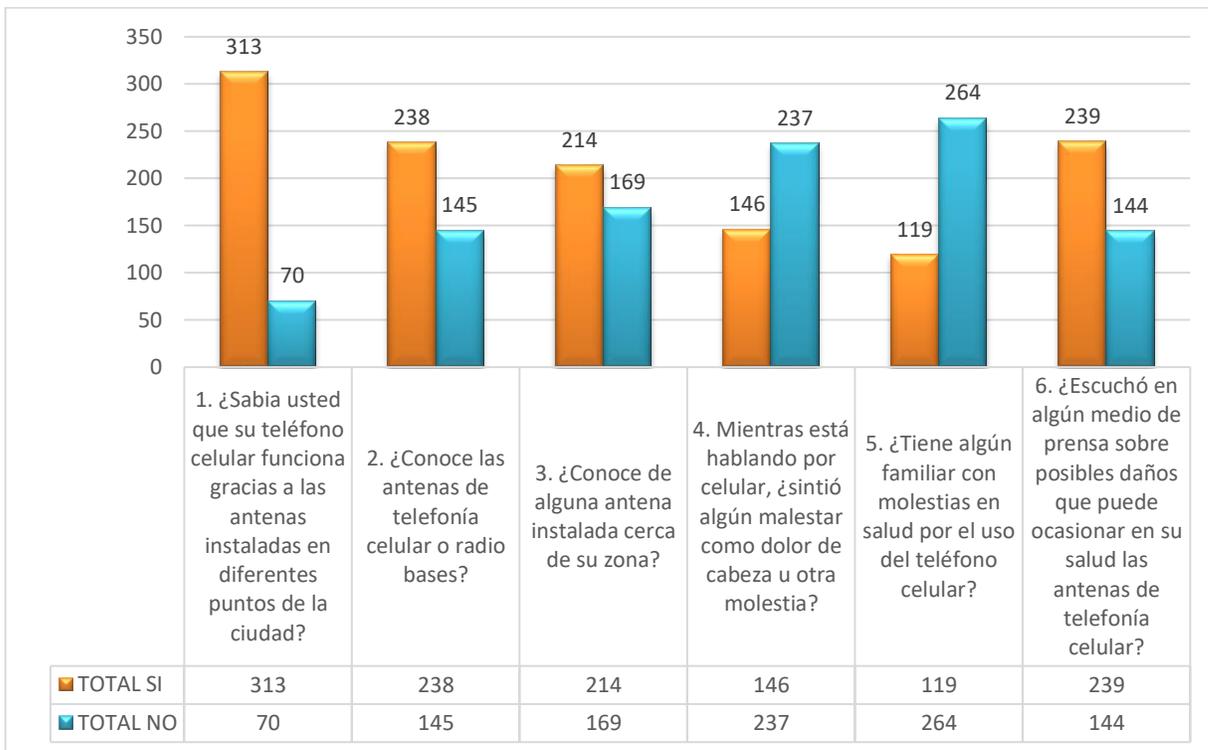
Fuente: Elaboración con datos de encuesta

**Figura 30.** Sexo de la muestra



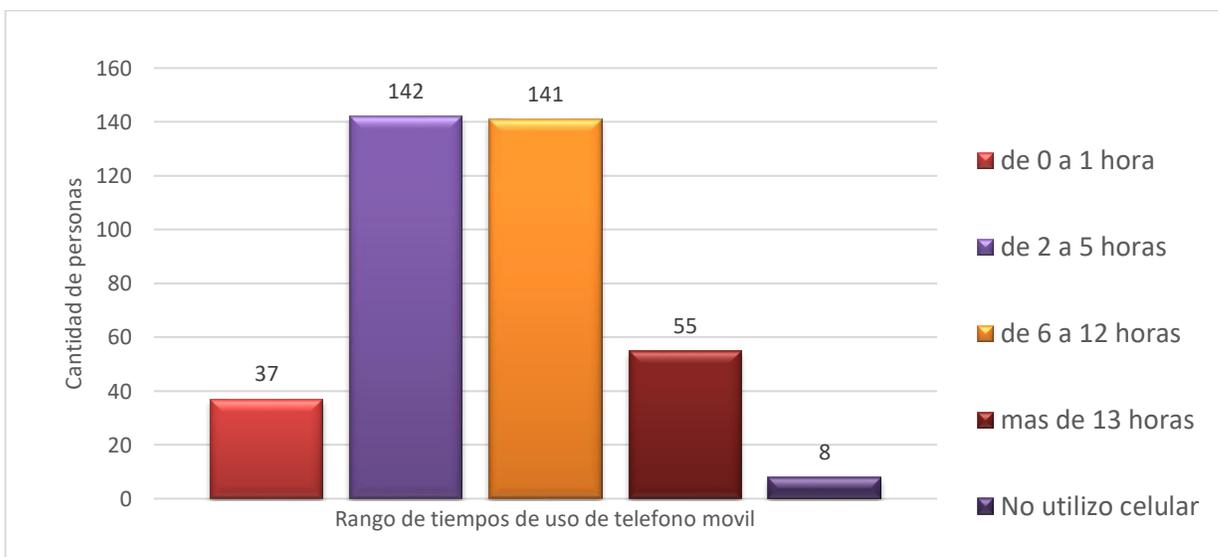
Fuente: Elaboración con datos de encuesta

**Figura 31. Respuestas a preguntas cerradas.**

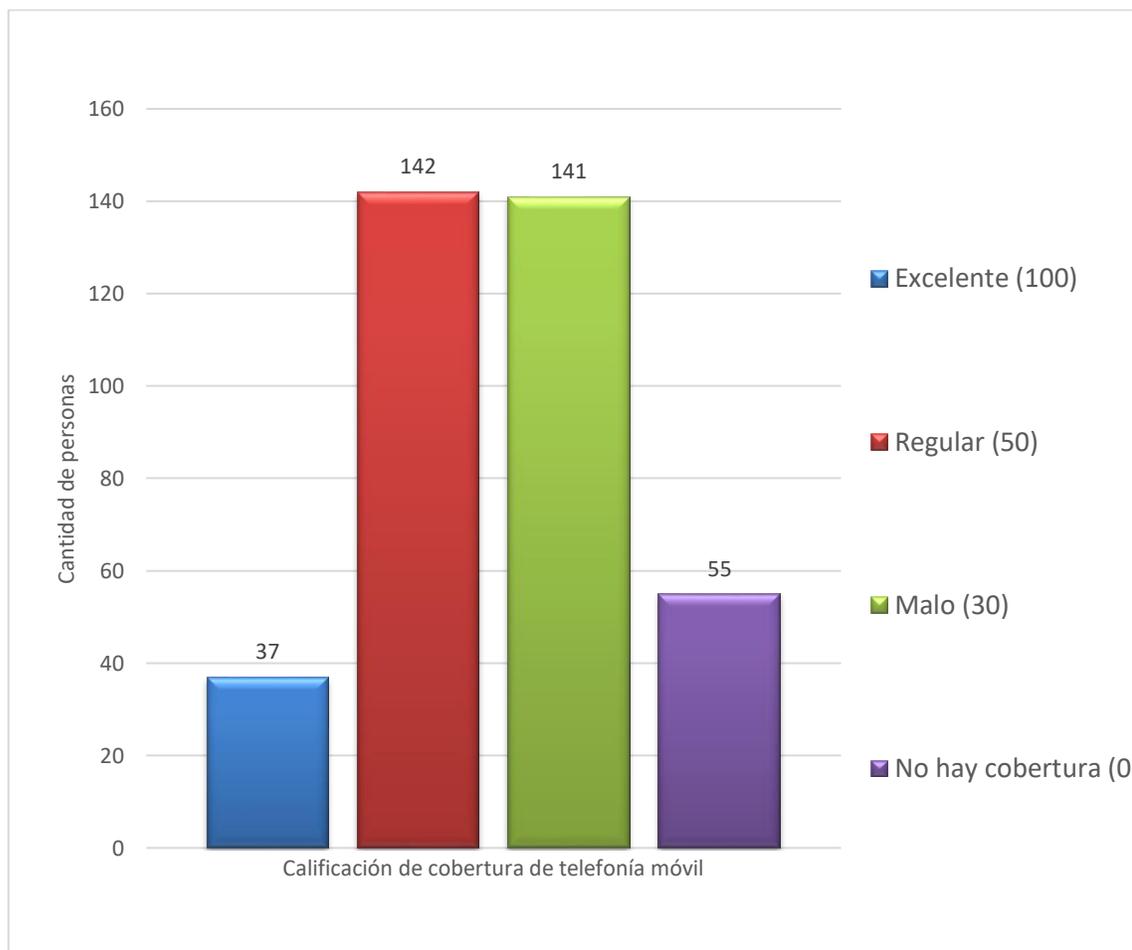


Fuente: Elaboración con datos de encuesta

**Figura 32. Resultados a tiempo de uso de teléfono móvil**



Fuente: Elaboración con datos de encuesta

**Figura 33.** Resultados a cobertura de telefonía móvil

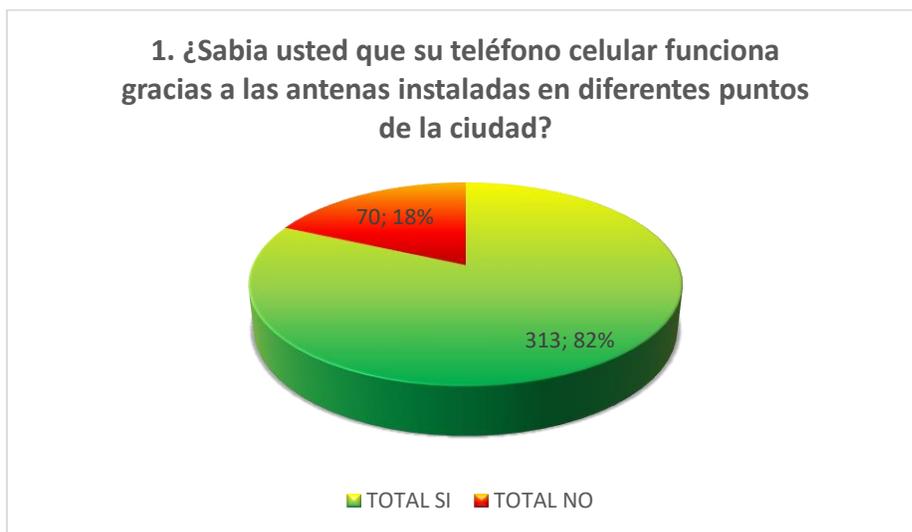
Fuente: Elaboración con datos de encuesta

#### 4.7.1 Análisis a las respuestas obtenidas.

En relación a las preguntas 1 al 5 del cuestionario, de acuerdo a las respuestas emitidas por los habitantes del Distrito 1, se interpreta los siguientes puntos:

##### ***Funcionamiento de Antenas de telefonía móvil.***

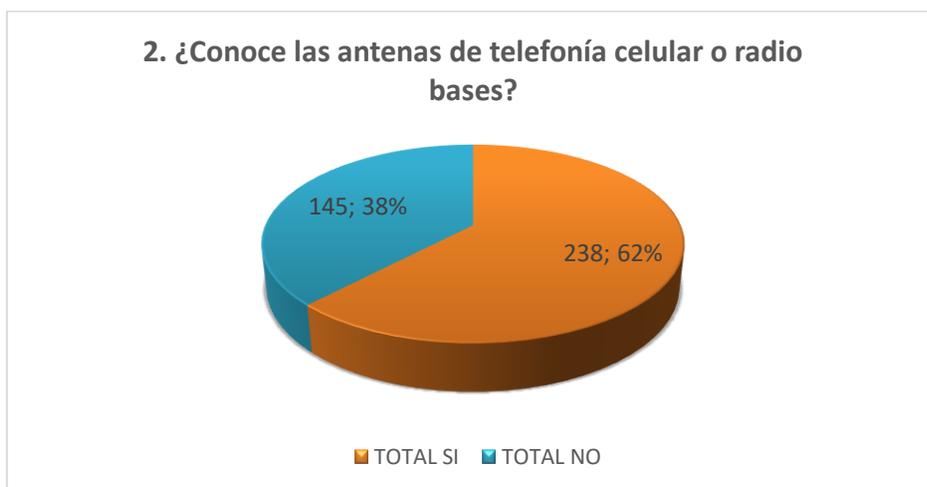
De acuerdo con los encuestados solo el 82% desconoce de cómo funcionan los teléfonos móviles, de acuerdo con las conversaciones internas las propagandas emitidas por los canales de televisión hacen que sea posible el conocimiento de antenas de telefonía móvil.

**Figura 34. Pregunta 1 de cuestionario**

Fuente: Elaboración con datos de cuestionario

### ***Conocimiento en estaciones de telefonía móvil***

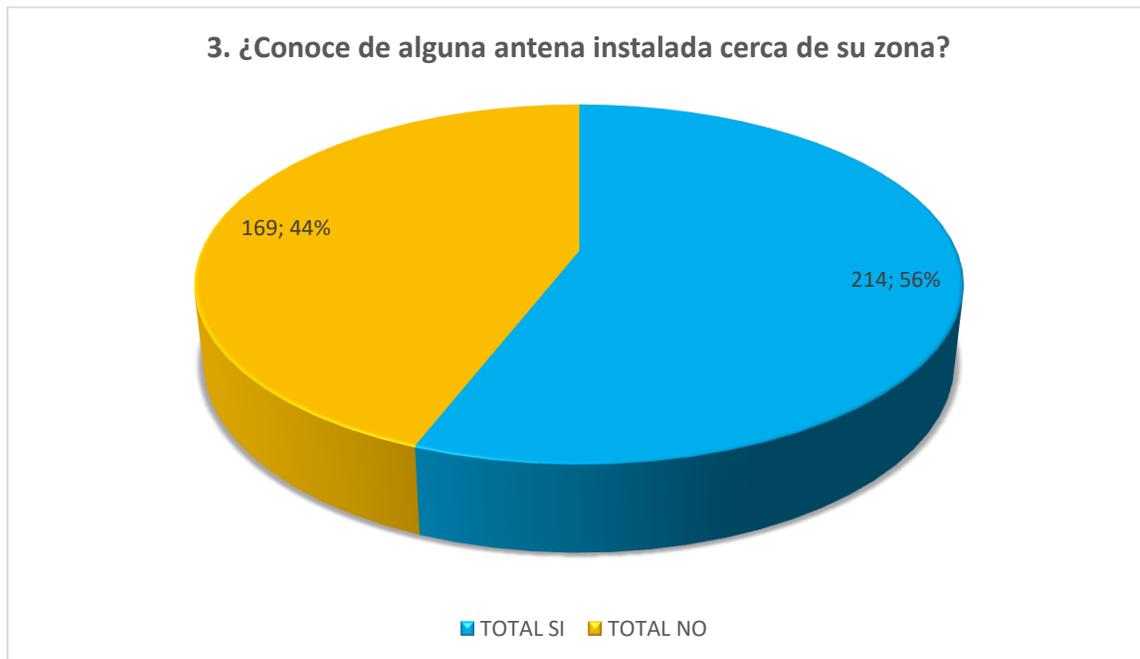
El 62% de los habitantes no como las instalaciones de las radio bases, del total solo el 38% que corresponden a 145 encuestados han encontrado algunas instalaciones que corresponden a infraestructura de estaciones de telefonía móvil, esto es debido a la gran cantidad de antenas instaladas por el lado de las zonas Ciudad Satélite, Tejada Alpacoma y Villa Exaltación.

**Figura 35. Pregunta 2 del cuestionario**

Fuente: Elaboración con datos de cuestionario

**Antenas instaladas cerca de las zonas dentro del D-1**

Solo Un 44% de los encuestados vio instalaciones de antenas instaladas cercas de sus casas o lugares donde viven.

**Figura 36. Respuestas a pregunta 3**

Fuente: Elaboración con datos de cuestionario

**4.8 Análisis e Interpretación con respecto a los riesgos.**

De la muestra realizada, se encontró un promedio de uso con mayor frecuencia de teléfonos móviles entre 2 y 12 horas.

Otro aspecto que es la potencia de señal en los lugares de estudio, según lo recolectado en las encuestas se puede advertir un gran porcentaje de usuarios que dan una calificación sobre la señal en los lugares donde viven como mala o pésima, es decir que no logran realizar una llamada sin que puedan ubicarse en un espacio a abierto o subir a una parte superior de sus casas.

Estamos constantemente expuestos a la radiación electromagnética, prácticamente vivimos con ella en los hogares promedio existen aparatos como radios, televisión, computadoras

y hornos, teléfonos móviles, conexión a internet por WiFi, impresoras inalámbricas y otros equipos que se usan a diario los cuales funcionan con energía AC.

El tiempo de exposición no es un factor para ser la causade enfermedades en las personas, el factor predominante está en los niveles altos de densidad de potencia irradiada, es decir exceder estos niveles si ocasionarían problemas en la salud de los habitantes del distrito estudiado.

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES

- Dentro el espacio geográfico que comprende el Distrito Municipal 1 perteneciente al Gobierno Municipal de El Alto, se encontró 82 estaciones base o emplazamiento celular que se utilizan para transmitir servicios de telefonía móvil; las estaciones base están instaladas en torres y otras estructuras elevadas, como techos, azoteas, tanques de agua y uno que otro a los costados de las edificaciones.
- De acuerdo con estudios y evidencias realizadas por más de 20 autores, la evidencia disponible de una relación causal entre la radiación electromagnética ocasionada por las antenas de telefonía celular y la relación de enfermedades es débil o inexistente.
- La investigación sobre los efectos biológicos y de salud de la exposición a la radiación electromagnética comenzó en la década de 1950, la OMS a la fecha realizó numerosos estudios relacionados a Radiofrecuencia, y estudios relacionados a teléfonos celulares en base a sus conclusiones se puede afirmar que la evaluación del impacto en la salud se basa en los documentos anteriores, tales a la fecha no encontraron no establecen enfermedades relacionadas con exposición a radiación electromagnética dentro de los niveles permitidos.
- Se revisaron varios estudios sobre los efectos potenciales para la salud de antenas de telefonía móvil, citando los efectos potenciales para la salud de la exposición térmica a la radiación no ionizante, que provoca un aumento de la temperatura corporal de más de 1 °C. Por otro lado, se revisan los estudios que evalúan la exposición a las radiaciones no ionizantes de las redes de telecomunicaciones realizados en Bolivia entre 2020 y 2021, incluyendo mediciones en las 9 ciudades capitales realizado por el Viceministerio de Telecomunicaciones.
- El nivel de riesgo de exposición ocupacional puede ser significativo, ya que la exposición ocupacional en las estaciones base de telefonía móvil puede exceder el límite máximo de exposición ocupacional en la antena. Extrapolando estos resultados a las estaciones de transmisión, que proporcionan una potencia mucho mayor que los teléfonos celulares, las exposiciones ocupacionales de las transmisiones son generalmente más altas que las de las estaciones base y, en la mayoría de los casos, deben estimarse como exposiciones a la población, ya que son trabajadores no capacitados.
- Para evaluar los efectos sobre la salud, se revisaron documentación clave publicados por organizaciones internacionales tales son el Institute of Electrical and Electronics

Engineers) la International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, la International Agency for Research on Cancer y la Organización Mundial de la Salud.

- La radiación electromagnética se encuentra en muchos fenómenos naturales como galaxias, soles, estrellas; aquellos que emiten radiación de baja potencia, y las cargas en la atmósfera crean un campo magnético que se ve constantemente afectado y se vuelve más fuerte, por ejemplo, durante una tormenta eléctrica. Sin embargo, desde hace más de un siglo a estos tipos de radiación naturales se les unió una gran cantidad de radiación creados por el hombre que nos exponen a radiación adicional todos los días, estas se pueden encontraren industrias como la electrónica, las telecomunicaciones y la electricidad.
- Las comunicaciones y la tecnología actual no serían posible sin la radiación electromagnética, los habitantes del Distrito 1 utilizan los beneficios de equipamiento que trabaja con la radiación electromagnética en transmisiones de radio, televisión, telefonía móvil, y microondas. En este mismo distrito La otra parte es utilizada en la transmisión de datos por fibra óptica, y muy pocos casos también son utilizados por centros de atención relacionados a la salud asentados en este distrito tales como la radiación ultravioleta, y los rayos X.
- Los teléfonos celulares funcionan enviando y recibiendo señales de radio de baja potencia. Las señales se intercambian con antenas conectadas a transmisores y receptores de radio llamados estaciones base o emplazamiento celular, estas estaciones base se conectan a otras redes de telefonía ya sean fija o móvil y reenvían la información o datos a estas redes.
- Una estación base de telefonía celular brinda cobertura a un área llamada celda, en el Distrito 1, se instalaron estaciones base determinados por muchos factores, incluido el terreno y otras limitaciones físicas como edificios y anomalías de terreno, de acuerdo con la capacidad de la celda o el número estimado de llamadas realizadas en la celda, se instalaron muchas más antenas en sectores o zonas con mayor cantidad de habitantes, de la misma forma también fueron instalados una gran cantidad de antenas en sectores con movimiento de personas y zonas comerciales. Las zonas con una gran cantidad de estaciones base instaladas son 12 de octubre, Ciudad Satélite, Villa Dolores Tejada Alpacoma y Tejada Rectangular. A este dato también mencionar que en la zona comercial 12 de octubre se encuentran las oficinas de atención al cliente de las tres

operadoras de servicio de Telefonía Móvil bajo los nombres comerciales de ENTEL, Tigo y Viva.

- La radiación está en todas partes y en todas formas estamos constantemente expuestos a ella, esta fuente de energía tiene múltiples usos, la radiación es la liberación de energía en forma de ondas o partículas cuya forma conocida es la luz visible, pero su intensidad puede variar.
- La radiación tiene muchos usos positivos. Sin embargo, como en cualquier actividad, se deben tomar medidas especiales para proteger a las personas y al medio ambiente si su uso presenta un riesgo. Se requieren diferentes medidas según el tipo de radiación, para el caso de la radiación no ionizante de menor energía pueden requerir menos protección que la radiación ionizante de mayor energía.
- El máximo valor medido de densidad de potencia fue de  $0,05969 \text{ mW/cm}^2$  ó  $59,69 \mu\text{W/cm}^2$  este valor fue encontrado en la zona Tejada Alpacoma, específicamente en la Av. Panorámica, sector donde se puede observar una gran cantidad de instalaciones de Estaciones base perteneciente a telefonía móvil y otros servicios, de acuerdo con la normativa Boliviana RAR 2002/0313 y la recomendación de la FCC este valor estaría por debajo de los límites de exposición permitidos.
- Los valores de riesgo debido a la exposición de la radiación electromagnética remitida por las antenas de telefonía móvil según FCC recomienda no superar los  $580 \text{ mW/cm}^2$ , Según el experto Oncólogo Estadounidense referente de varios estudios de radiación el nivel que hace daño debe ser mayores a  $40 \text{ mWcm}^2$  y finalmente de acuerdo a la normativa boliviana los valores de radiación no debería superar los  $0,2 \text{ mW cm}^2$ , con estos datos podemos concluir que los valores altos medidos en el Distrito Municipal 1 no presentan riesgos para la salud debido a que sus valores de densidad de potencia están a  $0,15 \%$  del valor recomendado por J. Moulder, a  $0,01 \%$  del valor recomendado por la FCC y  $29\%$  del valor recomendado por la normativa Boliviana, es decir que ninguno de los valores medidos llega al  $100\%$  de los valores que presentarían peligros en la salud humana en las zonas estudiadas.

## CAPÍTULO VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que las evaluaciones de riesgos se actualicen periódicamente, teniendo en cuenta la evolución de las redes, las nuevas tecnologías de telecomunicaciones y los resultados de las evaluaciones sanitarias internacionales.
- El mayor nivel de exposición proviene de los teléfonos móviles, aunque todavía se encuentran dentro de los límites aceptables. La evaluación de riesgo de radiación no ionizante de la red de telecomunicaciones indica que el riesgo a la salud que provocan las estaciones estacionarias no es significativo, pero en el caso de los teléfonos móviles (celulares) el riesgo es mayor, cuya importancia dependerá de los resultados de estaciones internacionales. estudios y estudios en curso.
- Se recomienda realizar el estudio profundo respecto a la radiación producida por los teléfonos inteligentes de acuerdo al uso y la distancia donde generalmente es utilizado por los usuarios, acentuar este estudio en las marcas y modelos de equipos que existe en el mercado.
- Ser requiere un especial estudio para ver análisis ya desde el punto del área de Medicina para las personas que sienten molestia cuando realizan el uso de los teléfonos celulares.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aponte, G., Escobar, A., Pinedo, C. R., & Arizabaleta, G. (2007). Medición de Campos Electromagnéticos en la Ciudad de Cali. *Información Tecnológica*, 40 - 42.
- Arias Galicia, F. (2006). *Introducción a la Técnica de Investigación en ciencias de la Administración y del Comportamiento* (Tercera ed.). Mexico DF, Mexico: Trillas.
- Asamblea Legislativa Plurinacional. (2011, 08 de agosto). *Ley General de Telecomunicaciones, Tecnologías de Información y Comunicación*. La Paz, Bolivia: Gaceta Oficial de Bolivia.
- ATT. (15 de junio de 2020). Comunicado. La Paz, Murillo, Bolivia.
- ATT. (10 de abril de 2022). *Autoridad de Regulación y Fiscalización de Telecomunicaciones y transporte*. Obtenido de ATT: <https://www.att.gob.bo/campa%C3%B1as>
- Balestrini Acuña, M. (2006). *Como se elabora el proyecto de Investigación* (Septima ed.). Caracas, Venezuela, Republica Bolivariana de Venezuela: BL Consultores Asociados.
- CCARS. (2020). 5G y salud. *5G y salud*, 18-19.
- CISCO. (19 de 06 de 2021). *Antena omnidireccional frente a antena direccional - Cisco*. Obtenido de [www.cisco.com:https://www.cisco.com/c/es\\_mx/support/docs/wireless-mobility/wireless-lan-wlan/82068-omni-vs-direct.html#topic1](https://www.cisco.com:https://www.cisco.com/c/es_mx/support/docs/wireless-mobility/wireless-lan-wlan/82068-omni-vs-direct.html#topic1)
- Cohelo, F. (1 de Enero de 2019). *Significados.com*. Obtenido de Significados: <https://www.significados.com/ionizacion/>
- Cruz, J. G. (4 de julio de 2017). *Límites máximos de exposición a campos electromagnéticos*. Obtenido de <http://telemediciones.com/http://telemediciones.com/blog/radiaciones-no-ionizantes/limites-maximos-de-exposicion-a-campos-electromagneticos/>
- DAPRO. (2022). Informe Productivo del Municipio de El Alto. *Dirección General de Análisis Productivo*, 2.

- Dirección General de Telecomunicaciones. (1 de Junio de 2021). Radiación Electromagnetica Antenas de Telefonía Móvil. La Paz, Murillo, Bolivia.
- EA Bolivia. (16 de enero de 2022). *El Alto Noticias*. Obtenido de eabolivia: <https://www.eabolivia.com/el-alto-noticias/2989-preocupan-las-antenas-de-el-alto-la-oms-asegura-que-no-causan-dano.html>
- ENTEL S.A. (5 de marzo de 2022). *Mas de 857.200 Usuarios*. Obtenido de Entel Institucional: <https://institucional.entel.bo/inicio3.0/index.php/sala-de-prensa/item/4063-mas-de-857-200-usuarios-de-el-alto-se-benefician-con-el-servicio-movil-de-entel#:~:text=S%C3%ADguenos%20en%3A-,M%C3%81S%20DE%20857.200%20USUARIOS%20DE%20EL%20ALTO%20SE,EL%20SERVIC>
- ENTEL S.A. (01 de 06 de 2022). *SELECCIÓN DE PROVEEDORES N° 004/2022 “PROVISIÓN DE SERVICIOS DE CORRETAJE, LICENCIAS AMBIENTALES Y PERMISOS MUNICIPALES”*. Obtenido de Entel: <https://institucional.entel.bo/inicio3.0/index.php/licitaciones/seleccion-de-proveedores/item/4165-provision-de-servicios-de-corretaje-licencias-ambientales-y-permisos-municipales>
- Enterarse - Equipo de investigación. (30 de junio de 2020). *NTR*. Obtenido de Enterarse: [https://www.enterarse.com/20200630\\_0001-antenas-de-telefonía-movil-un-riesgo-para-la-salud](https://www.enterarse.com/20200630_0001-antenas-de-telefonía-movil-un-riesgo-para-la-salud)
- Federal Communications Commission (FCC). (15 de Octubre de 2019). Human Exposure to Radio Frequency Fields: Guidelines for Cellular Antenna Sites. *Human Exposure to Radio Frequency Fields: Guidelines for Cellular Antenna Sites*. Washington DC, Capital Federal, Estados Unidos: FCC.
- Fernández, J. A. (2002). Telecomunicaciones y urbanismo. *Luris*, 46-55.
- Finol de Franco, M., & Camacho, H. (2008). *El proceso de investigación científica* (Segunda ed.). Maracaibo, República Bolivariana de Venezuela: EDILUZ.
- Galindo, A. (18 de marzo de 2022). *International Atomic Energy Agency*. Obtenido de <https://www.iaea.org/>: <https://www.iaea.org/newscenter/news/what-is-radiation>

- Grau, R. e. (2004). Metodología de la investigación. *Coruniversitaria Universidad de Ibagué*, 12.
- Hernández Rodríguez, Ó. (2012). *Estadística Elemental para Ciencias Sociales* (Tercera ed.). San José: Universidad de Costa Rica.
- Huidobro, J. M. (2013). Antenas de telecomunicaciones. *Revista Digital ACTA*, 1.
- IARC. (2011). IARC CLASSIFIES RADIOFREQUENCY ELECTROMAGNETIC FIELDS AS POSSIBLY CARCINOGENIC TO HUMANS. *IARC*, 1.
- IEEE. (1983). Definitions of Terms for Antennas. *IEEE Standard*, 7.
- INE. (4 de Marzo de 2020). *Instituto Nacional de Estadística*. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística, Bolivia: <https://www.ine.gob.bo/index.php/censos-y-proyecciones-de-poblacion-sociales/>
- Levin, R., & Rubin, D. (2004). *Estadística para administración y economía* (Séptima ed.). (G. T. Mendoza, Ed.) Naucalpan de Juárez, Edo. de México, Mexico: Pearson - Prentice Hall.
- Lucas-Bartolo, N. (10 de mayo de 2020). *El Economista*. Obtenido de El Economista: <https://www.eleconomista.com.mx/empresas/>
- Mendoza, S. (17 de junio de 2020). La desinformación sobre el 5G causa destrucción de 5 antenas. *Diario Pagina Siete*, págs. 10-11.
- Minia Manteiga. (19 de 03 de 2022). *Sociedad Española de Astronomía (SEA)*. Obtenido de Sociedad Española de Astronomía (SEA): <https://www.sea-astronomia.es/glosario/radiacion-electromagnetica>
- National Cancer Institute NIH. (10 de agosto de 2022). *NCI Dictionaries*. Obtenido de Dictionary of Cancer Terms: <https://www.cancer.gov/publications/dictionaries/cancer-terms/def/ionizing-radiation>
- OMS. (2020). Redes móviles 5G y salud. *Redes móviles 5G y salud*, 1-3 .
- Quintana, R. I. (2004). *Evaluación de la Ciudad de El Alto*. El Alto: USAID.

- Resolución Administrativa Regulatoria 2002/0313, SITEL. (2002). *Estándar Técnico sobre Límites de Exposición Humana a Campos Electromagnéticos de Radiofrecuencia*. La Paz, Bolivia: SITEL.
- Ríos Ramírez, R. R. (2017). *Metodología para la investigación y redacción* (Primera ed.). Málaga, España: Servicios Académicos Intercontinentales S.L.
- Sampieri, R. H. (2014). *Metodología de la Investigación* (Sexta ed.). Mexico: Mc Graw Hill Education.
- Sánchez, V. T. (8 de abril de 2020). *France 24*. Obtenido de France 24: <https://www.france24.com/es/20200407-reino-unido-5g-covid19-coronavirus>
- Sinclair, A. (7 de abril de 2020). *Radio Francia Internacional*. Obtenido de RFI: <https://www.rfi.fr/es/salud/20200407-incendian-antenas-de-5g-en-reino-unido-para-combatir-el-coronavirus>
- Tamayo, M. T. (2006). *El proceso de la investigación científica* (Cuarta ed.). Mexico D. F.: LIMUSA S.A. de C.V.
- Vargas/IAEA, A. (18 de marzo de 2022). *www.iaea.org/*. Obtenido de IAEA Office of Public Information and Communication: <https://www.iaea.org/newscenter/news/what-is-radiation>

# ANEXOS

**8.1 Resolución SENAPI**



**senapi**  
SERVICIO NACIONAL DE PROPIEDAD INTELECTUAL



ESTADO PLURINACIONAL DE **BOLIVIA**  
MINISTERIO DE DESARROLLO PRODUCTIVO Y ECONOMÍA PLURAL



2022-1111-1133-0-1

**DIRECCIÓN DE DERECHO DE AUTOR  
Y DERECHOS CONEXOS**  
**RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA NRO. 1-2959/2022**  
La Paz, 13 de Diciembre del 2022

**VISTOS:**

La solicitud de Inscripción de Derecho de Autor presentada en fecha 7 de Diciembre del 2022, por **RONALD CALLA HUALLPA** con C.I. N° 4316792 LP, con número de trámite DA 1380/2022, señala la pretensión de inscripción de la Compilación de Obras Escritas titulada: "PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN UPEA GESTIÓN 2022 - INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA", conformada por las Obras Escritas: "ESTIMACIÓN DE NIVELES DE RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA PRODUCIDA POR ANTENAS DE TELEFONÍA MÓVIL EN EL DISTRITO MUNICIPAL 1 DE EL ALTO", "MODELO DE RED NEURONAL ARTIFICIAL PARA CLASIFICAR LAS ARRITMIAS CARDIACAS EN LOS HOSPITALES DE CARDIOLOGÍA EN LA CIUDAD DE EL ALTO", "DESARROLLO DE UN SISTEMA DE SEGURIDAD BIOMÉTRICA DACTILAR PARA VEHÍCULOS DEL TRANSPORTE PÚBLICO DE LA CIUDAD DE EL ALTO EN EL SINDICATO "SAGRADO CORAZÓN DE JESÚS" Y "ESTUDIO DE LA RADIACIÓN SOLAR MEDIANTE LA AUTOMATIZACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS A FIN DE TRAZAR LAS CURVAS DE COMPORTAMIENTO PARA LA CIUDAD DE EL ALTO", cuyos datos y antecedentes se encuentran adjuntos y expresados en los Formularios de Solicitud, documentación que tiene la calidad de Declaración Jurada.

**CONSIDERANDO**

Que, en observación al Artículo 4º del Decreto Supremo N° 27938 modificado parcialmente por el Decreto Supremo N° 28152 el "Servicio Nacional de Propiedad Intelectual SENAPI, administra en forma desconcentrada e integral el régimen de la Propiedad Intelectual en todos sus componentes, mediante una estricta observancia de los regímenes legales de la Propiedad Intelectual, de la vigilancia de su cumplimiento y de una efectiva protección de los derechos de exclusiva referidos a la propiedad industrial, al derecho de autor y derechos conexos; constituyéndose en la oficina nacional competente respecto de los tratados internacionales y acuerdos regionales suscritos y adheridos por el país, así como de las normas y regímenes comunes que en materia de Propiedad Intelectual se han adoptado en el marco del proceso andino de integración".

Que, el Artículo 16º del Decreto Supremo N° 27938 establece "Como núcleo técnico y operativo del SENAPI funcionan las Direcciones Técnicas que son las encargadas de la evaluación y procesamiento de las solicitudes de derechos de propiedad intelectual, de conformidad a los distintos regímenes legales aplicables a cada área de gestión". En ese marco, la Dirección de Derecho de Autor y Derechos Conexos otorga registros con carácter declarativo sobre las obras del ingenio cualquiera que sea el género o forma de expresión, sin importar el mérito literario o artístico a través de la inscripción y la difusión, en cumplimiento a la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina, Ley de Derecho de Autor N° 1322, Decreto Reglamentario N° 23907 y demás normativa vigente sobre la materia.

Que, la solicitud presentada cumple con: el Artículo 6º de la Ley N° 1322 de Derecho de Autor, el Artículo 26º inciso a) del Decreto Supremo N° 23907 Reglamento de la Ley de Derecho de Autor, y con el Artículo 4º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina.

**"2022 AÑO DE LA REVOLUCIÓN CULTURAL PARA LA DESPATRIARCALIZACIÓN:  
POR UNA VIDA LIBRE DE VIOLENCIA CONTRA LAS MUJERES"**





Oficina Central - La Paz  
Av. Morales, No 576,  
entre Edg. Uruguay y  
C. Batallon Miraflores,  
Telf.: 2240200 - 2240206  
2240201 Fax: 2240200

Oficina - Santa Cruz  
Av. Uruguay, Calle  
Independencia Quilmes,  
N° 29, Edif. Bicentenario  
Telf.: 3207951 - 3206396

Oficina - Cochabamba  
Calle Chuquiaguá, N° 469,  
Piso 2, entre Americana y Lanza  
zona Central - Inercita,  
Telf.: 3443401 - 3264752

Oficina - El Alto  
Av. Juan Pablo II, N° 1560  
Edif. Multicentro El Ceibo  
Calle Pisu 2, Of. 58,  
zona 16 de Julio,  
Telf.: 2240001 - 2240005

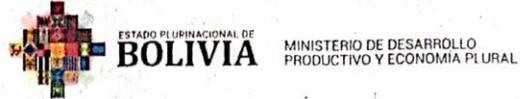
Oficina - Oruro  
Calle Kilometro 1, N° 366  
Cso. 100, Oruro Biológico,  
zona Parque Bolívar,  
Telf.: 2260023

Oficina - Tarija  
Calle Incahuasi, N° 185  
entre Santa Cruz  
y Miranda, zona  
La Pampa,  
Telf.: 2250086

Oficina - Sucre  
Calle 6 de Octubre,  
N° 1211, entre Ayacucho  
y Junín, Salto Central  
18, N. Dos Eñenas Fuertes,  
Telf.: 2250088

Oficina - Potosí  
Av. Villazón entre calles  
Monseñor Alfo y San Alberto,  
Telf.: 224 844, Salto N° 162,  
Potosí Plaza, 92, 10

[www.senapi.gob.bo](http://www.senapi.gob.bo)



Que, de conformidad al Artículo 18º de la Ley Nº 1322 de Derecho de Autor en concordancia con el Artículo 18º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina, referentes a la duración de los Derechos Patrimoniales, los mismos establecen que: "la duración de la protección concedida por la presente ley será para toda la vida del autor y por 50 años después de su muerte, a favor de sus herederos, legatarios y cesionarios".

Que, se deja establecido en conformidad al Artículo 4º de la Ley Nº 1322 de Derecho de Autor, y Artículo 7º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina que: "...No son objeto de protección las ideas contenidas en las obras literarias, artísticas, o el contenido ideológico o técnico de las obras científicas ni su aprovechamiento industrial o comercial".

Que, el artículo 4, inciso e) de la ley 2341 de Procedimiento Administrativo, instituye que: "... en la relación de los particulares con la Administración Pública, se presume el principio de buena fe. La confianza, la cooperación y la lealtad en la actuación de los servidores públicos y de los ciudadanos ...", por lo que se presume la buena fe de los administrados respecto a las solicitudes de registro y la declaración jurada respecto a la originalidad de la obra.

#### POR TANTO

El Director de Derecho de Autor y Derechos Conexos sin ingresar en mayores consideraciones de orden legal, en ejercicio de las atribuciones conferidas

#### RESUELVE:

INSCRIBIR en el Registro de Obras Escritas de la Dirección de Derecho de Autor y Derechos Conexos, la Compilación de Obras Escritas titulada: "PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN UPEA GESTIÓN 2022 - INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA", conformada por las Obras Escritas:

- "ESTIMACIÓN DE NIVELES DE RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA PRODUCIDA POR ANTENAS DE TELEFONÍA MÓVIL EN EL DISTRITO MUNICIPAL 1 DE EL ALTO" a favor de los autores: BRAULIO PACO HUANCA con C.I. Nº 6097196 LP, ZULEYDA MENDOZA BASILIO con C.I. Nº 9881745 LP y ORLANDO CARDOZO CONDARCO con C.I. Nº 9913380 LP y como titular derivado: INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA, UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO - UPEA con NIT Nº 122025022 representado legalmente por CARLOS CONDORI TITIRICO.
- "MODELO DE RED NEURONAL ARTIFICIAL PARA CLASIFICAR LAS ARRITMIAS CARDIACAS EN LOS HOSPITALES DE CARDIOLOGÍA EN LA CIUDAD DE EL ALTO" a favor de los autores: EVER GUARACHI CHOQUE con C.I. Nº 6042510 LP, NESTOR MAMANI HILAQUITA con C.I. Nº 9236327 LP y GROVER GUSTAVO VERGARA PACO con C.I. Nº 8439413 LP y como titular derivado: INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA, UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO - UPEA con NIT Nº 122025022 representado legalmente por CARLOS CONDORI TITIRICO.
- "DESARROLLO DE UN SISTEMA DE SEGURIDAD BIOMÉTRICA DACTILAR PARA VEHÍCULOS DEL TRANSPORTE PÚBLICO DE LA CIUDAD DE EL ALTO EN EL SINDICATO "SAGRADO CORAZÓN DE JESÚS" a favor de los autores: DAVID FEDERICO TOLA ZAPATA con C.I. Nº 6784972 LP, EDWIN NINA ALVARADO con C.I. Nº 8403471 LP y EDWIN BARRENOSO BARRERA con C.I. Nº 10955112 LP y como titular derivado: INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA, UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO - UPEA con NIT Nº 122025022 representado legalmente por CARLOS CONDORI TITIRICO.



#### "2022 AÑO DE LA REVOLUCIÓN CULTURAL PARA LA DESPATRIARCALIZACIÓN: POR UNA VIDA LIBRE DE VIOLENCIA CONTRA LAS MUJERES"

Oficina Central - La Paz  
Av. Montes, No 95,  
entre 56a, Uruguay y  
C. Eduardo Millairet,  
Telf.: 2202200 - 2202205  
2202201 Fax: 2202200

Oficina - Santa Cruz  
Av. Uruguay, Calle  
prolongación Dujarme,  
Nº 79, Edif. Bicentenario,  
Telf.: 322751 - 3204296

Oficina - Cochabamba  
Calle Oruro, Nº 649,  
Piso 2, entre Antezaca y Lanza  
zona Central - Branda  
Telf.: 344401 - 3204297

Oficina - El Alto  
Av. Juan Pablo II, Nº 2560  
Edif. Multicentro El Cebo  
13da. Pasa. de 58,  
zona W de Julio  
Telf.: 244401 - 3204299

Oficina - Chuquisaca  
Calle Kilometro 2, Nº 366  
Casi 19a, Bolognina,  
zona Parque Bolívar,  
Telf.: 3204973

Oficina - Tarija  
Calle Inca, Nº 375,  
entre Santa Cruz  
y Miranda, zona  
La Pampa,  
Telf.: 3201586

Oficina - Oruro  
Calle de Octubre,  
Nº 5531, entre Ayacucho  
y Junta, Calle Central,  
04 y El Banco Fiel,  
Telf.: 6240288



Oficina - Potosí  
Av. Villalón entre calles  
Wenceslao Alba y San Alberto,  
Edif. AM, Salinas Nº 201,  
Primer Piso, Of. 11

www.senapi.gob.bo



MINISTERIO DE DESARROLLO PRODUCTIVO Y ECONOMÍA PLURAL

- "ESTUDIO DE LA RADIACIÓN SOLAR MEDIANTE LA AUTOMATIZACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS A FIN DE TRAZAR LAS CURVAS DE COMPORTAMIENTO PARA LA CIUDAD DE EL ALTO" a favor de los autores: JUAN CARLOS YANA MAQUERA con C.I. N° 8359559 LP, EDWIN LUIS FLORES MENACHO con C.I. N° 4938195 LP, CARLOS HENRY COCASAPA CALLISAYA con C.I. N° 8466970 LP, DENNIS MIGUEL MONTAÑO COLQUEHUANCA con C.I. N° 7031184 LP y RUBÉN CARLOS QUISPE APAZA con C.I. N° 6733172 LP y como titulares derivados: "INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA" Y "INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA ELECTRICA", UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO - UPEA con NIT N° 122025022 representado legalmente por CARLOS CONDORI TITIRICO.

Quedando amparado su derecho conforme a Ley, salvando el mejor derecho que terceras personas pudieren demostrar.

Regístrese, Comuníquese y Archívese.

*[Handwritten Signature]*  
 Abg. Carlos Alberto Soruco Arroyo  
 DIRECTOR DE DERECHO DE AUTOR  
 Y DERECHOS CONEXOS  
 SERVICIO NACIONAL DE PROPIEDAD INTELECTUAL



CASA/Inca  
e.c.Arch

**"2022 AÑO DE LA REVOLUCIÓN CULTURAL PARA LA DESPATRIARCALIZACIÓN:  
POR UNA VIDA LIBRE DE VIOLENCIA CONTRA LAS MUJERES"**



Oficina Central - La Paz  
Av. Morales, N° 375,  
entre las calles Inca y  
C. González Mamani  
Telf.: 2200200 - 2200201  
2200202 Fax: 2200203

Oficina - Santa Cruz  
Av. Bruguera, Calle  
paralela a la Diagonal,  
N° 20, Edif. Incentivos  
Telf.: 3200152 - 3200153

Oficina - Cochabamba  
Calle Chevalera, N° 563,  
Piso 2, entre Antezana y Lanza  
zona Central - Noroeste.  
Telf.: 4104465 - 72062957

Oficina - El Alto  
Av. Juan Pablo II, N° 2650  
Edif. Multicentro El Ceiba  
Uda. Piso 2, Of. 58,  
zona 16 de Julio.  
Telf.: 7241001 - 72063009

Oficina - Chuquiaca  
Calle Kilómetro 7, N° 366  
cas. esp. Vintlagallita,  
zona Parque Bolívar.  
Telf.: 72065873

Oficina - Tarija  
Calle Inyavi, N° 385  
entre Santa Cruz  
y Méndez, zona  
La Pampa.  
Telf.: 72065286

Oficina - Oruro  
Calle 6 de Octubre,  
N° 687, entre Ayacucho  
y Junín, Suñería Central,  
Of. 14, Bta Banco del  
Telf.: 6200088

Oficina - Potosí  
Av. Villarroze entre Calles  
Wenceslao Alho y San Alberto,  
1097, AN. Salinas N° 242,  
Primer Piso, Of. 10.

[www.senapi.gob.bo](http://www.senapi.gob.bo)

## 8.2 Ejemplos de reportes de campo.



# REPORTE DE MEDICIÓN



# RADIACIÓN ELECTROMAGNETICA

## INFORME DE MEDICIÓN

<b>Tipo de Medida:</b>	Radiación Electromagnética	<b>Fecha de medición:</b>	10 de agosto de 2022
<b>Proyecto:</b>	ESTIMACIÓN DE NIVELES DE RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA PRODUCIDA POR ANTENAS DE TELEFONÍA MÓVIL EN EL	<b>Institución:</b>	Instituto de Investigación de Ingeniería Electrónica UPEA

### 1. Información de lugar



### Información de Sitio

Latitud:	-17.569765	Longitud:	-68.654738
Distrito Municipal:	1	Zona o Urbanización:	Tejada Alpacoma
Calle o Avenida:	Av. Antofagasta		
Municipio:	El Alto	Provincia:	Murillo
Técnico de Medición:	Zuleyda Mendoza Basilio	Cel. No.:	76717459
Técnico de Medición:	Orlando Cardozo	Cel. No.:	77222021

**ESTIMACIÓN DE NIVELES DE RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA PRODUCIDA POR ANTENAS DE TELEFONÍA MÓVIL EN EL DISTRITO MUNICIPAL 1 DE EL ALTO**

**REPORTE DE MEDICIÓN**

**Tipo de Medida:** Radiación Electromagnética **Fecha de medición:** 10 de agosto de 2022

**2. Mapa y Niveles de Potencia**

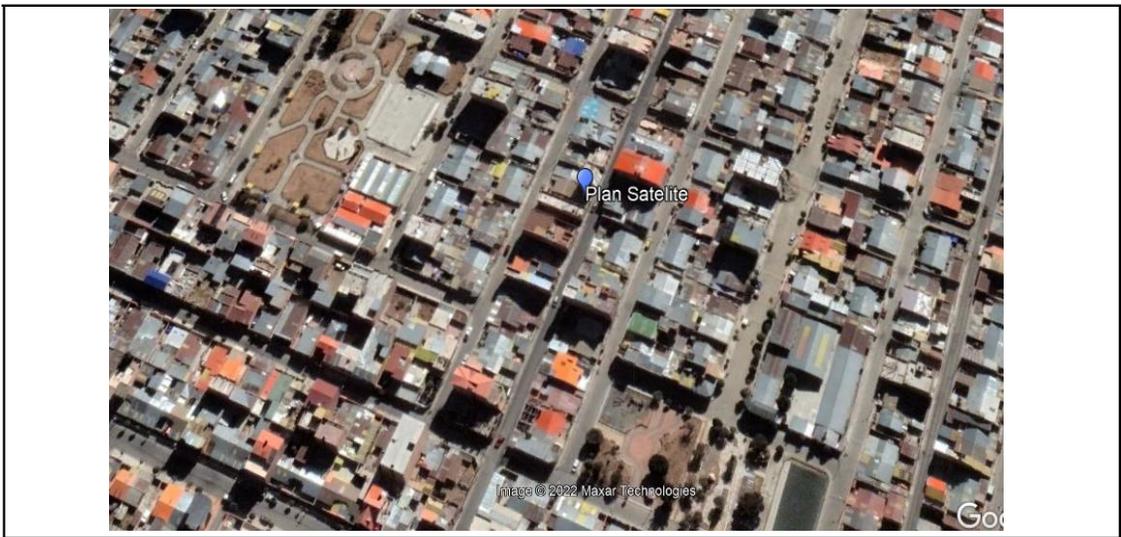


Fig. 1. Vista de Plano o Mapa del Lugar del punto de Medición

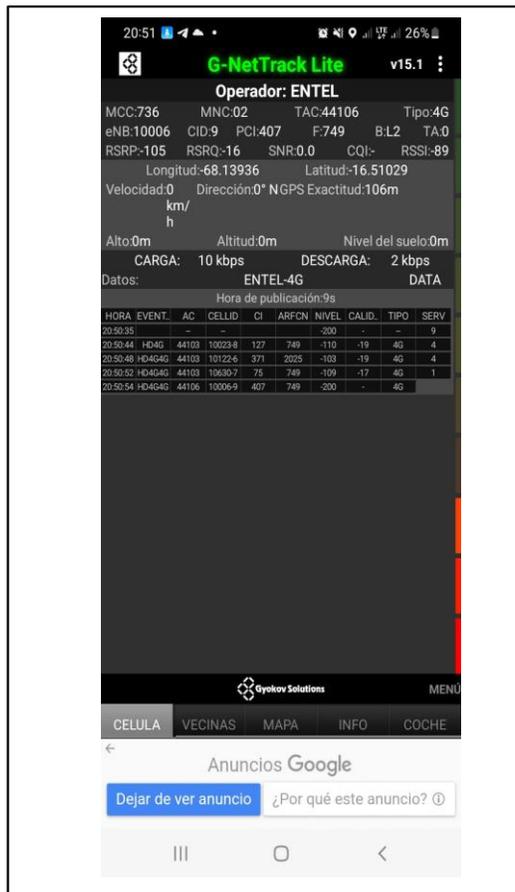


Fig. 2. Información de G-Net Track Operador 1

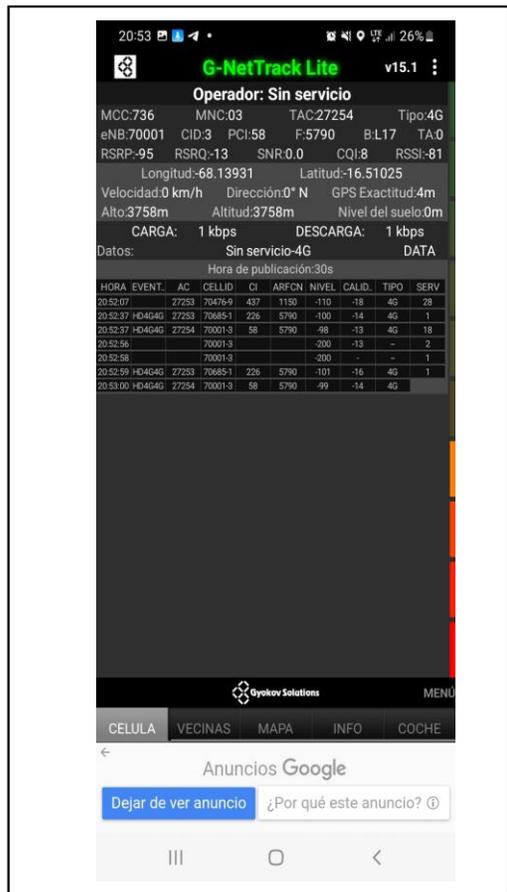


Fig. 3. Información de G-Net Track Operador 2

**ESTIMACIÓN DE NIVELES DE RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA PRODUCIDA POR ANTENAS DE TELEFONÍA MÓVIL EN EL DISTRITO MUNICIPAL 1 DE EL ALTO**

**REPORTE DE MEDICIÓN**

<b>Tipo de Medida:</b> Radiación Electromagnética	<b>Fecha de medición:</b> 10 de agosto de 2022
---	--

**3. Reporte de Medidas**

**1. P44 3**



Fig. 1. Medida Principal



Fig. 2. Medida 2



Fig. 3. Medida 3



Fig. 4. Vista de Medición



Fig. 5. Vista de Medición



## REPORTE DE MEDICIÓN



## RADIACIÓN ELECTROMAGNETICA

## INFORME DE MEDICIÓN

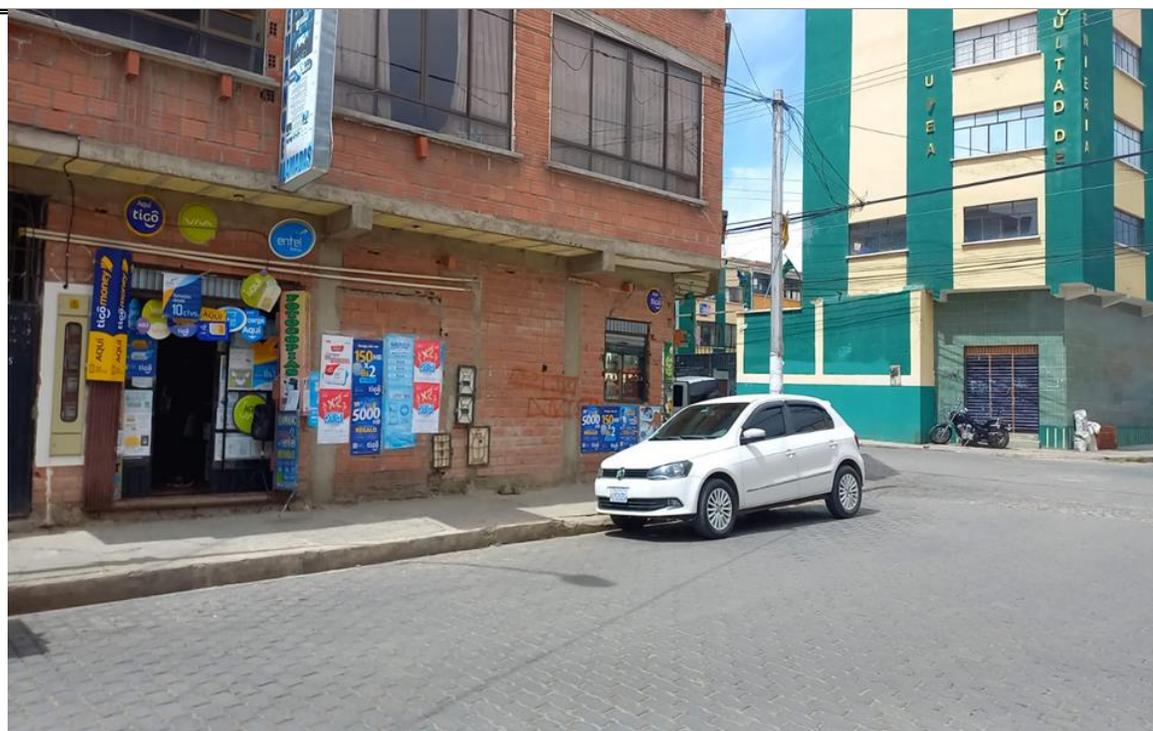
**Tipo de Medida:** Radiación Electromagnética

**Fecha de medición:** 10 de agosto de 2022

**Proyecto:** ESTIMACIÓN DE NIVELES DE RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA PRODUCIDA POR ANTENAS DE TELEFONÍA MÓVIL EN EL

**Institución:** Instituto de Investigación de Ingeniería Electrónica UPEA

### 1. P31-4



### Información de Sitio

Latitud: **-68.1537**

Longitud: **-16.5147**

Distrito Municipal: **1**

Zona o Urbanización: **Tejada Alpacoma**

Calle o Avenida: **tejada rectangular**

Municipio: **El Alto**

Provincia: **Murillo**

Técnico de Medición: **orlando cardozo condarco**

Cel. No.: **77222021**

Técnico de Medición: **Zuelyda Mendoza Basilio**

Cel. No.: **76717459**

REPORTE DE MEDICIÓN

Tipo de Medida: Radiación Electromagnética      Fecha de medición: 10 de agosto de 2022

2. Mapa y Niveles de Potencia



Fig. 1. Vista de Plano o Mapa del Lugar del punto de Medición



Fig. 2. Información de G-Net Track Operator 1

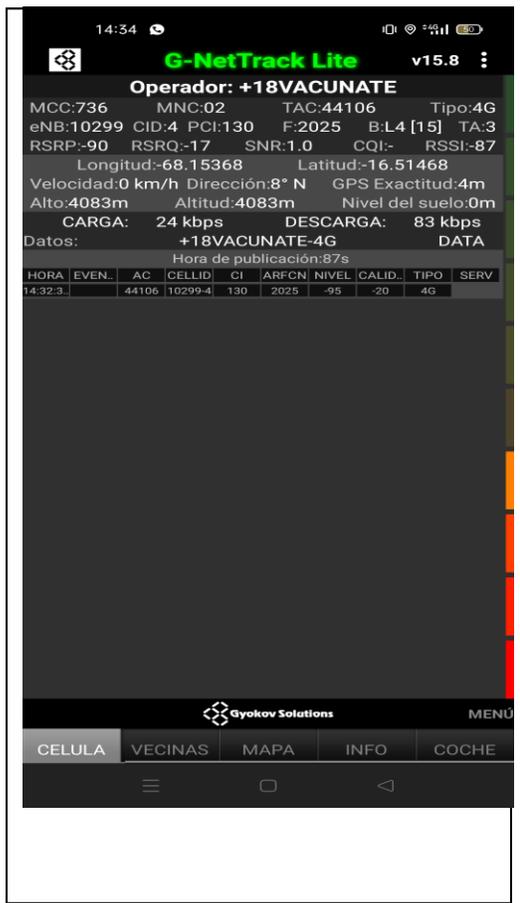


Fig. 3. Información de G-Net Track Operator 2

ESTIMACIÓN DE NIVELES DE RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA PRODUCIDA POR ANTENAS DE TELEFONÍA MÓVIL EN EL DISTRITO MUNICIPAL 1 DE EL ALTO

**REPORTE DE MEDICIÓN**

<b>Tipo de Medida:</b> Radiación Electromagnética	<b>Fecha de medición:</b> FALSO
---	---------------------------------

**1.P31-4**



Fig. 1. Medida Principal



Fig. 2. Medida 2



Fig. 3. Medida 3

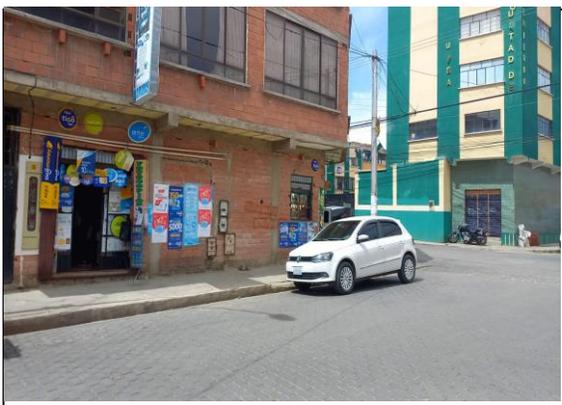


Fig. 4. Vista de Medición

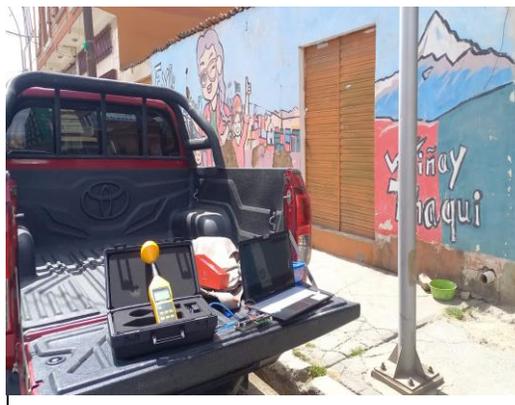


Fig. 5. Vista de Medición

**ESTIMACIÓN DE NIVELES DE RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA PRODUCIDA POR ANTENAS DE TELEFONÍA MÓVIL EN EL DISTRITO MUNICIPAL 1 DE EL ALTO**

**1. P44\_3**



Fig. 1. Medida Principal



Fig. 2. Medida 2



Fig. 3. Medida 3



Fig. 4. Vista de Medición



Fig. 5. Vista de Medición

**2. P29\_4**



Fig. 1. Medida Principal



Fig. 2. Medida 2



Fig. 3. Medida 3

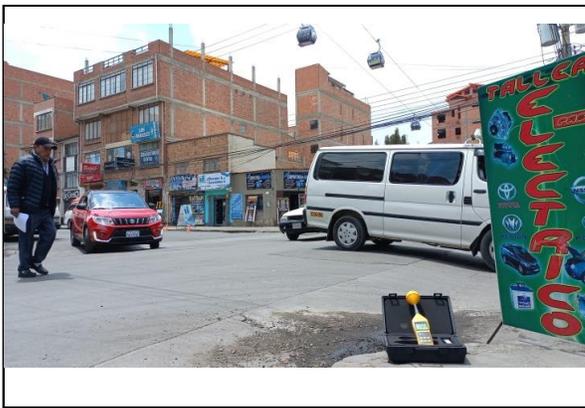


Fig. 4. Vista de Medición



Fig. 5. Vista de Medición

**3. P34\_4**



Fig. 1. Medida Principal



Fig. 2. Medida 2



Fig. 3. Medida 3



Fig. 4. Vista de Medición

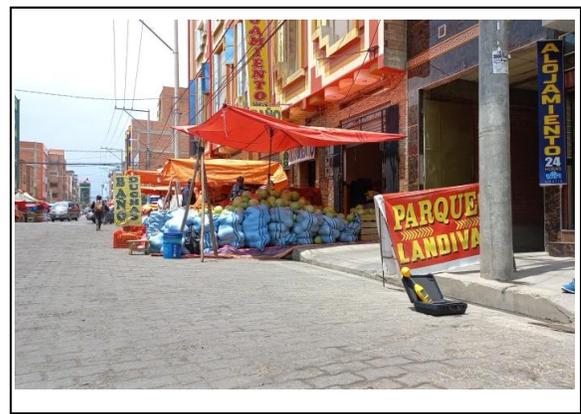


Fig. 5. Vista de Medición

**ESTIMACIÓN DE NIVELES DE RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA PRODUCIDA POR ANTENAS DE TELEFONÍA MÓVIL EN EL DISTRITO MUNICIPAL 1 DE EL ALTO**

**4. P35\_3**



Fig. 1. Medida Principal



Fig. 2. Medida 2



Fig. 3. Medida 3



Fig. 4. Vista de Medición



Fig. 5. Vista de Medición

**ESTIMACIÓN DE NIVELES DE RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA PRODUCIDA POR ANTENAS DE TELEFONÍA MÓVIL EN EL DISTRITO MUNICIPAL 1 DE EL ALTO**

**5. P33\_3**



Fig. 1. Medida Principal



Fig. 2. Medida 2



Fig. 3. Medida 3



Fig. 4. Vista de Medición

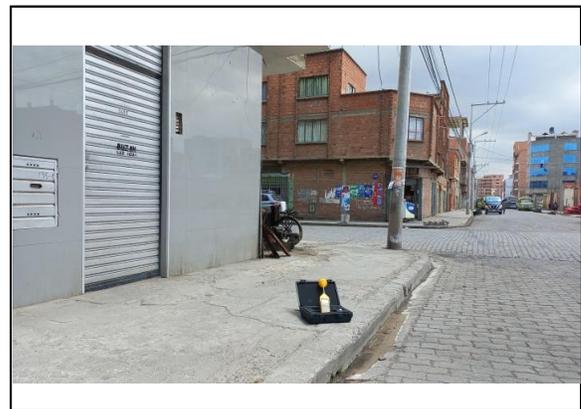


Fig. 5. Vista de Medición

**ESTIMACIÓN DE NIVELES DE RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA PRODUCIDA POR ANTENAS DE TELEFONÍA MÓVIL EN EL DISTRITO MUNICIPAL 1 DE EL ALTO**

**6. P32\_4**



Fig. 1. Medida Principal



Fig. 2. Medida 2



Fig. 3. Medida 3



Fig. 4. Vista de Medición



Fig. 5. Vista de Medición

**ESTIMACIÓN DE NIVELES DE RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA PRODUCIDA POR ANTENAS DE TELEFONÍA MÓVIL EN EL DISTRITO MUNICIPAL 1 DE EL ALTO**

**7. P26\_3**



Fig. 1. Medida Principal



Fig. 2. Medida 2



Fig. 3. Medida 3



Fig. 4. Vista de Medición



Fig. 5. Vista de Medición

**ESTIMACIÓN DE NIVELES DE RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA PRODUCIDA POR ANTENAS DE TELEFONÍA MÓVIL EN EL DISTRITO MUNICIPAL 1 DE EL ALTO**

**8. P24\_3**



Fig. 1. Medida Principal



Fig. 2. Medida 2



Fig. 3. Medida 3



Fig. 4. Vista de Medición



Fig. 5. Vista de Medición

**ESTIMACIÓN DE NIVELES DE RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA PRODUCIDA POR ANTENAS DE TELEFONÍA MÓVIL EN EL DISTRITO MUNICIPAL 1 DE EL ALTO**

**9. P28\_3**



Fig. 1. Medida Principal



Fig. 2. Medida 2



Fig. 3. Medida 3



Fig. 4. Vista de Medición



Fig. 5. Vista de Medición

**10. P23\_3**



Fig. 1. Medida Principal



Fig. 2. Medida 2



Fig. 3. Medida 3



Fig. 4. Vista de Medición



Fig. 5. Vista de Medición

**ESTIMACIÓN DE NIVELES DE RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA PRODUCIDA POR ANTENAS DE TELEFONÍA MÓVIL EN EL DISTRITO MUNICIPAL 1 DE EL ALTO**

**11. P21\_3**



Fig. 1. Medida Principal



Fig. 2. Medida 2



Fig. 3. Medida 3



Fig. 4. Vista de Medición

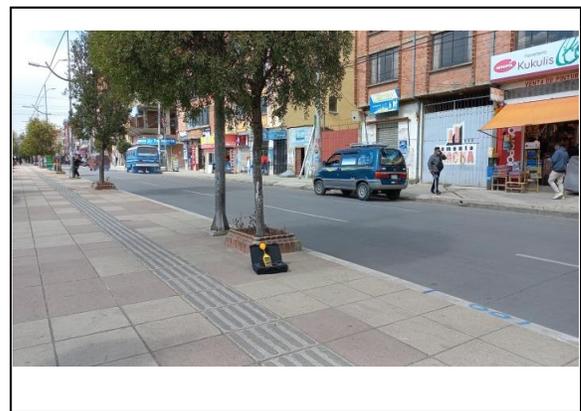


Fig. 5. Vista de Medición

**ESTIMACIÓN DE NIVELES DE RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA PRODUCIDA POR ANTENAS DE TELEFONÍA MÓVIL EN EL DISTRITO MUNICIPAL 1 DE EL ALTO**

**12. P22\_2**



Fig. 1. Medida Principal



Fig. 2. Medida 2



Fig. 3. Medida 3

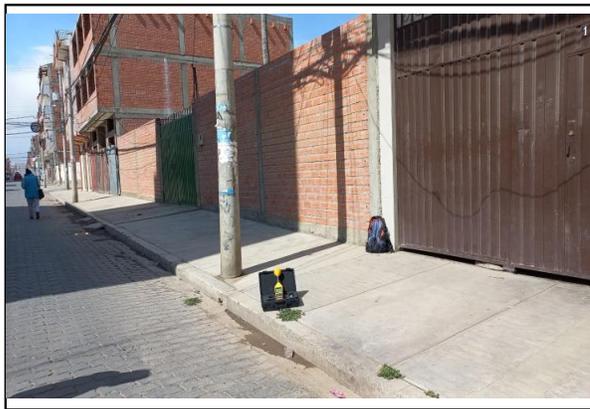


Fig. 4. Vista de Medición



Fig. 5. Vista de Medición

**ESTIMACIÓN DE NIVELES DE RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA PRODUCIDA POR ANTENAS DE TELEFONÍA MÓVIL EN EL DISTRITO MUNICIPAL 1 DE EL ALTO**

**13. P48\_4**



Fig. 1. Medida Principal



Fig. 2. Medida 2



Fig. 3. Medida 3



Fig. 4. Vista de Medición



Fig. 5. Vista de Medición

**ESTIMACIÓN DE NIVELES DE RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA PRODUCIDA POR ANTENAS DE TELEFONÍA MÓVIL EN EL DISTRITO MUNICIPAL 1 DE EL ALTO**

**14. P49\_5**



Fig. 1. Medida Principal



Fig. 2. Medida 2



Fig. 3. Medida 3



Fig. 4. Vista de Medición



Fig. 5. Vista de Medición

**ESTIMACIÓN DE NIVELES DE RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA PRODUCIDA POR ANTENAS DE TELEFONÍA MÓVIL EN EL DISTRITO MUNICIPAL 1 DE EL ALTO**

**15. P46\_4**



Fig. 1. Medida Principal



Fig. 2. Medida 2



Fig. 3. Medida 3



Fig. 4. Vista de Medición



Fig. 5. Vista de Medición

**ESTIMACIÓN DE NIVELES DE RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA PRODUCIDA POR ANTENAS DE TELEFONÍA MÓVIL EN EL DISTRITO MUNICIPAL 1 DE EL ALTO**

**16. P47\_5**



Fig. 1. Medida Principal



Fig. 2. Medida 2



Fig. 3. Medida 3



Fig. 4. Vista de Medición



Fig. 5. Vista de Medición

**ESTIMACIÓN DE NIVELES DE RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA PRODUCIDA POR ANTENAS DE TELEFONÍA MÓVIL EN EL DISTRITO MUNICIPAL 1 DE EL ALTO**

### 8.3 Modelo de Cuestionario.



#### ENCUESTA

##### PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:

#### “ESTIMACIÓN DE NIVELES DE RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA PRODUCIDA POR ANTENAS DE TELEFONÍA MÓVIL EN EL DISTRITO MUNICIPAL 1 DE EL ALTO”

Estamos realizando un proyecto de investigación sobre **RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA PRODUCIDA POR ANTENAS DE TELEFONÍA MÓVIL**, teniendo como uno de los objetivos: Determinar los niveles de radiación electromagnética producida por las antenas pertenecientes a la tecnología de la telefonía móvil para identificar los riesgos que representa en la salud de los habitantes del distrito municipal 1 la ciudad de El Alto; para esto necesitamos de su colaboración. Las respuestas serán confidenciales y anónimas. Marcar con una X, la respuesta que considere correcta

<b>EDAD</b>	<input type="text"/>	<b>SEXO</b>	<input type="text"/>
<b>ZONA O URBANIZACIÓN</b>	<input type="text"/>		

- ¿Sabía usted que su teléfono celular funciona gracias a las antenas instaladas en diferentes puntos de la ciudad? SI  NO
- ¿Conoce las antenas de telefonía celular o radio bases? SI  NO
- ¿Conoce de alguna antena instalada cerca de su zona? SI  NO
- Mientras está hablando por celular, ¿sintió algún malestar como dolor de cabeza u otra molestia? SI  NO
- ¿Tiene algún familiar con molestias en salud por el uso del teléfono celular? SI  NO
- ¿Escuchó en algún medio de prensa sobre posibles daños que puede ocasionar en su salud las antenas de telefonía celular? SI  NO
- Cuanto tiempo promedio maneja su teléfono celular en un día (en llamadas, redes sociales y otras aplicaciones)  
 de 0 a 1 hora  de 2 a 5 horas  de 6 a 12 horas   
 mas de 13 horas  No utilizo celular
- Como califica la señal de celular (cobertura) en su casa o la zona donde vive (sea TELECEL (TIGO), ENTEL, NUEVATEL (VIVA))  
 No hay cobertura (0)  Malo (30)  Regular (50)  Buena (75)  Excelente (100)

¡Gracias por tu tiempo!

## 8.4 Manual de funcionamiento de Medidor de radiación

### TENMARS

TM-196

#### Axis RF Meter Quick Start Guide

This meter has many capabilities, including memory, alarm, date/time, average etc. which will require some study of the manual to use properly. However, you can quickly and easily begin making measurements right out of the box. Just follow these simple steps:

1. Insert 9V battery.
2. Turn meter on with GREEN button.
3. Press XYX/MEM button until all three (XYZ) letters are displayed on the screen (to the left of the main number).
4. Press UNIT/ENTER button until the desired units are displayed below the main number (we recommend using mV/m... and we recommend a maximum level of 614 mV/m for prolonged exposure).

You are now ready to make your first measurements!

### TENMARS

TM-196

#### 1 Introduction

This meter is designed for measuring and monitoring Radio-Frequency electromagnetic field strength. The meter is calibrated precisely over the frequency range of 10Mz~8GHZ.

#### 2 Simple a method of operation

Press "power" button on. To change measuring unit (mV/m), push UNIT"button to change the unit. Electric field strength (V/m). Computed magnetic field strength (mA/m). Computed power density (mW/m<sup>2</sup>). Computed power density (μW/cm<sup>2</sup>).

Press "xyz" this key to change sensor axis selector:

"All axis " → "X axis" → "Y axis" → "Z axis".

### TENMARS

TM-196

#### 3 Fundamentals

##### Electromagnetic pollution

This meter is used to indicate electromagnetic pollution generated artificially. Wherever there is a voltage or a current, electric (E) and magnetic (H) fields arise. All types of radio broadcasting and TV transmitters produce electromagnetic fields, and they also arise in industry, business and the home, where they affect us even if our sense organs perceive nothing.

#### 4 Electric field strength (E)

A field vector quantity that represents the force (F) on an infinitesimal unit positive test charge (q) at a point divided by that charge. Electric field strength is expressed in units of volts per meter (mV/m). This meter measures electric field strength directly.

##### 4.1 Magnetic field strength (H)

A field vector that is equal to the magnetic flux density divided by the permeability of the medium. Magnetic field strength is expressed in units of amperes per meter

### TENMARS

TM-196

calculate the magnetic field for the electric field value. This meter can display the calculated magnetic field strength.

##### 4.2 Power density (S)

Power per unit area normal to the direction of propagation, usually expressed in units of watts per square meter (W/m<sup>2</sup>) or, for convenience, units such as mill watts per square centimeter (mW/cm<sup>2</sup>)

##### 4.3 The characteristic of electromagnetic fields

Electromagnetic fields propagate as waves and travel at the speed of light (C). The wavelength is proportional to the frequency.

$$\lambda \text{ (wavelength)} = C \text{ (speed of light)} / f \text{ (frequency)}$$

If the distance to the field source is less than three wavelengths, then we are usually in the near field. If the distance is more than three wavelengths, the far-field conditions usually hold.

In near field conditions, the magnetic field value cannot be calculated from the electric field value. This meter is designed for reliable far field measurements only.

<b>TENMARS</b> TM-196	<b>TENMARS</b> TM-196
<p><b>5 Application</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quite often routine, maintenance and service work has to be done in areas where active electromagnetic fields are present, e.g. in broadcasting stations, etc. Additionally, other employees may be exposed to electromagnetic radiation. In such cases, it is essential that personnel be not exposed to dangerous levels of electromagnetic radiation, such as:</li> <li>• High frequency (RF) electromagnetic wave field strength measurement.</li> <li>• Mobile phone base station antenna radiation power density measurement.</li> <li>• Wireless communication applications (CW, TDMA, GSM, DECT).</li> <li>• RF power measurement for transmitters.</li> <li>• Wireless LAN (Wi-Fi) detection, installation.</li> <li>• Spy camera, wireless bug finder.</li> <li>• Cellular /Cordless phone radiation safety level.</li> <li>• Microwave oven leakage detection.</li> <li>• Personal living environment EMF safety.</li> </ul>	<p><b>6 Features</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• The meter is a broadband device for monitoring high- frequency radiation in the range from 10MHz to 8GHz</li> <li>• The non-directional electric field antenna and high sensitivity also allow measurements of electric field strength in TEM cells and absorber rooms.</li> <li>• The unit of measurement and the measurement types have been selected to expressed in units of electrical and magnetic field strength and power density.</li> <li>• At high frequencies, the power density is of particular significance. It provides a measure of the power absorbed by a person exposed to the field. This power level must be kept as low as possible at high frequencies.</li> <li>• The meter can be set to display the instantaneous value, the maximum value measured or the average value. Instantaneous and maximum value measurements are useful for orientation, e.g. when first entering an exposed area.</li> </ul>

## TENMARS TM-196

- For isotropic measurements of electromagnetic fields.
- Non-directional (isotropic) measurement with three-channel measurement sensor.
- High dynamic range due to three-channel digital results processing.
- Configurable alarm threshold and memory function.
- Easy & safe to use
- Low battery detector "⊖+".
- Manual data memory storing: 200 data sets.
- Memory Over load indication "OL".

## TENMARS TM-196

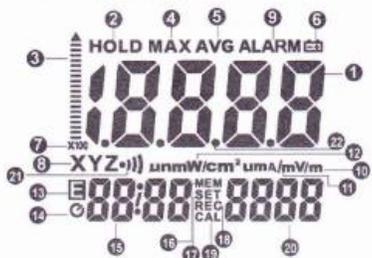
### 7 Identifying Parts



1. RF three-Axis Sensor.
2. Liquid-crystal LCD.
3. Hold /ALARM / Up Button.
4. MAX / AVG/ Right Button.
5. UNIT / ENTER Button.
6. XYZ / MEM / Down Button.
7. Power Button.
8. REC/ time / Leftward Button.
9. SET Button.
10. Tripod mounting screw.
11. Battery Cover.

## TENMARS TM-196

### 8 LCD Description



- |   |                   |
|---|-------------------|
| 1. Primary Display  | 15. Time unit     |
| 2. Hold symbol  | (month: day)      |
| 3. Analogue bar graph   | (hour: minute)    |
| 4. MAX symbol   | (second)          |
| 5. AVG symbol   | 16. MEM reading   |
| 6. Low battery symbol   | symbol            |
| 7. x1x10x100 unit   | 17. SET symbol    |
| 8. X.Y.Z unit   | 18. REC symbol    |
| 9. ALARM sound  | 19. CAL symbol    |
| 10. mV/m, V/m (E)   | 20. Secondary     |
| 11. $\mu\text{A}/\text{m}$ , $\text{A}/\text{m}$ unit (H)     | Display           |
| 12. $\mu\text{W}/\text{m}^2$ / $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ unit | 21. BUZZER symbol |
| 13. E Symbol  | 22. Decimal point |
| 14. Auto power off symbol                                     |                   |

## TENMARS TM-196

### 9 Specifications

#### 9.1 General specifications

- Display type: Liquid-crystal (LCD), 4-1/2 digits maximum reading 19999.
- Measurement method : Digital, Tri axis measurement.
- Directional characteristic: Isotropic, Tri axis.
- Measurement range selection: one continuous range.
- Display resolution : Display resolution: 0.1mV/m, 0.01V/m, 0.1 $\mu\text{A}/\text{m}$ , 0.1mA/m, 0.001 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ , 0.01mW/  $\text{m}^2$ , 0.001 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$
- Setting time: typically 1.5s (0 to 90% measurement value.)
- Sample rate: 1.5 times per second.
- Sample rate: 3 times per second.
- Audible alarm: Buzzer.
- Units: mV/m, V/m,  $\mu\text{A}/\text{m}$ , mA/m,  $\mu\text{W}/\text{m}^2$ , mW/m<sup>2</sup>,  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$
- Display value: Instantaneous measured value, maximum value, average value, or maximum average value.
- Alarm function : adjustable threshold with ON / OFF

## TENMARS TM-196

- Calibration factor CAL: adjustable
- Manual data memory and read storage: 200 data sets.
- Batteries : 9V NEDA 1604, IEC 6F22 or JIS 006P
- Battery life: Approximate 15 hours.
- Auto power off: Default time 15 minutes. Adjustable threshold 0~99 minutes.
- Operating temperature range: 0°C to +50°C.
- Operating humidity range : 25% to 75 % RH
- Storage temperatures range: -10°C to +60°C.
- Storage humidity range: 0% to 80% RH.
- Dimensions: 370 (L)x80(W)x80(H) mm.
- Weight (including battery): Approx.400g.
- Accessories: User's manual, 9V battery, Carrying case.

### EMC

This tester was designed in accordance with EMC Standards in force and its compatibility has been tested in accordance with EN61326-1 (2006).

## TENMARS TM-196

### 9.2 Electrical specifications

- Unless otherwise stated, the following specifications hold under the following conditions:
- The meter is located in the far field of a source; the sensor head is pointed towards the source.
- Ambient temperature: +23 °C ±3°C.
- Relative air humidity 25%~75%
- Sensor type: electrical field (E).
- Frequency range: 10MHz ~ 8 GHz.
- Specified measurement range:  
CW signal (f >50MHz): 38mV/m to 11.00 V/m, 53.0uA/m to 28.64mA/m  
0.1uA/m<sup>2</sup> to 309.3mW/m<sup>2</sup>, 0uW/cm<sup>2</sup> to 30.93mW/cm<sup>2</sup>
- Dynamic range: Typically 75dB
- Absolute error at 1V/m and 2.45GHz: ± 1.0 dB.
- Frequency response:  
Sensor taking into Account the typical CAL factor:  
±2.4dB(50 MHz to 1.9 GHz · 3.5 GHz to 8GHz).  
±1.0dB(1.9 GHz to 3.5GHz).
- Isotropy deviation: Typically ± 1.0 dB (2.45GHz).

**TENMARS TM-196**

- Overload limit: 0.083 mW/cm<sup>2</sup>, (17.7 V/m) per axis.
- Overload limit: (0 to 50°C): ± 0.2dB.

**9.3 Units of measurement**

The meter measures the electrical component of the field; the default units are those of electrical field strength (mV/m or V/m). The meter converts the measurement values to the other units of measurement, i.e. the corresponding magnetic field strength units (μA/m or mA/m) and power density units (μW/m<sup>2</sup>, mW/m<sup>2</sup> or μW/cm<sup>2</sup>) using the standard far-field formulae for electromagnetic radiation.

The conversion is invalid for near-field measurements, as there is no generally valid relationship between electrical and magnetic field strength in this situation. Always use the default units of the sensor when making near-field measurements.

**9.4 Result modes**

The bar graph display always shows the instantaneous measured dynamic range value. The digital display shows the result

**TENMARS TM-196**

according to one of three modes, which can be selected.

Instantaneous: The display shows the last value measured value measured by the sensor, no symbol is displayed.

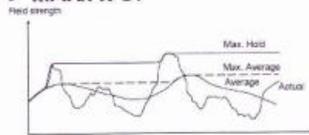
Maximum instantaneous (MAX):

The digital display shows the highest instantaneous value measured, the "MAX" symbol is displayed.

Average (AVG): The digital display shows the average value measured, the "AVG" symbol is displayed.

Instantaneous mode is the default setting when the meter is turned on. The following graph shows of Instantaneous (actual), MAX (hold), AVG and

• **MAX/AVG:**



**Measurement Procedures and Preparation**

Battery loading: Remove the battery cover

**TENMARS TM-196**

on the back and put a 9V battery inside. Battery replacement: When the symbol of "⊕" appears on the LCD display, the battery should be replaced with a new one.

The battery symbol will be displayed on the LCD, this is a battery low indicator.

**9.5 POWER key :**

Press "⏻" key turn ON the meter.

Press "⏻" key again to turn power OFF.

**9.6 Data hold key:**

Press the "HOLD" key to go into hold mode, and "HOLD" appears on the screen to allow you to read the data.

Press "HOLD" this key once again to deactivate it.



**TENMARS TM-196**

**9.7 Units key:**

Change units with the "UNITS" key as follows Electric field strength (V/m) Computed magnetic field strength (mA/m). Computed power density (mW/m<sup>2</sup>). Computed power density (μW/cm<sup>2</sup>). Press "UNIT" key to change the units: mV/m, V/m, μA/m, mA/m, μW/m<sup>2</sup>, mW/m<sup>2</sup>, μW/cm<sup>2</sup>.



**9.8 MAX / AVG Record:**

Press "MAX/AVG" key to switch to the next display. The display switches from MAX to AVG to MAX/AVG and back to MAX.



Press and hold "MAX/AVG" key for 3 seconds to disable this function.

The maximum storage is up to 99 minutes and 99 seconds

After this period of time, updating will be completed automatically and then the LCD

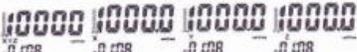
**TENMARS TM-196**

displays .

**9.9 Manual data memory storing**  
 Press "REC TIME" key, the meter will save the current measured result, and REC with a number 001~200 will appear.  
 Manual data memory Storing: 200 data sets. Over load Indication: "OL".

**9.10 XYZ/CALL:**  
 Press "XYZ" this key to change sensor axis selector: "All axis" → "X axis" → "Y axis" → "Z axis".



**9.11 Alarm ON/OFF Setup**  
 Press hold "ON" and "HOLD ALARM" key to switch the alarm function on. The "ALARM" symbols in the display indicates that the alarm function is on. Press hold "ON" and "HOLD ALARM" key to turn off the alarm

**TENMARS TM-196**

function. When the Alarm is ON, the display shows .



**9.11.1 Viewing Data Records**  
 Press hold "ON" key and press "REC TIME" key to view the saved data records. Use "HOLD ALARM" or "XYZ MEM" key to see the next or previous records. Press "UNIT ENTER" key to close the setup, exit the mode.



**9.12 Cancel the automatic power off/on :**  
 The default setting is auto power-off, the time is set for 15 minutes. Press hold "ON" key and press "UNIT ENTER" key to disable the automatic power-off, the symbol of  will be disappeared on the LCD display. Press hold "ON" key and "UNIT ENTER" key again to enable the automatic power-on,

**TENMARS TM-196**

the symbol of  will be appeared on the LCD display.

**9.13 Clock LCD Display**  
 Press hold "ON" key and press "REC TIME" key for more than seconds to select the display method of the Year, Month, Date, hour and Second.  
 This meter's clock uses 24 hour time setting.  
 Default time mode setting is "2010/01/07 00: 02" "00".



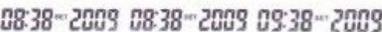
**10 Setup Mode**  
 Press hold "ON" key first and "SET" button to enter the Setup Mode.  
 Press "SET" key to change setup function. (Setup function see Note1)  
 Push "UNIT ENTER" key to save setup data  
 Note1: you can set up 6 different functions in setup mode Clock Setup

- setup 1 : Setting the alarm limit value. (ALARM)
- setup 2 : Clear data logger memory

**TENMARS TM-196**

- setup 3 : Analogue bar graph X1.X10.X100
- setup 4 : Auto Power Off Time
- setup 5 : Setting the calibration factor (CAL)

**10.1 Clock Setup-1**  
 Press hold "ON" key first and "SET" key to enter the Setup Mode.  
 Press "HOLD ALARM" or "XYZ MEM" key to select option adjust.  
 Press "REC TIME" or "MAX AVG" key to change the date and time (hour → day → month → year → minute).  
 Press "UNIT ENTER" key to save and exit.  
 This meter clock is 24 hour time setting.  
 Date/Time default Format : 2009/12/21 12:12.  
 Year Format: 2000~2099 display as 00 ~ 99.

**TENMARS TM-196**



**10.2 Setting the alarm limit value (ALARM)-2**

The alarm limit value is used to monitor the display value automatically. It controls the alarm indication function. The alarm limit value can be edited in the displayed V/m unit. The ALARM setting range is from 0.001 to 999.9V/m. ALARM default is set at 999.9V/m.

Alarm limit function is only used for total three axial value Comparator.

Press hold "F" key first and "SET" key to enter the Setup Mode.

Press "SET" key again to enter the alarm setting mode.

Press "MAX AVG" key to move decimal.

Press "REC TIME" key to select the desired setting value.

Press "HOLD ALARM" key and "XYZ MEM" key to change digit.

**TENMARS TM-196**



Press "REC TIME" key to select the value.

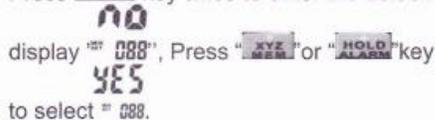


Press "UNIT ENTER" key to store the new setting value and exit.

**10.3 DEL data logger memory setup-3**

Press hold "F" key first and "SET" key to enter the Setup Mode.

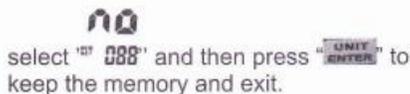
Press "SET" key twice to enter the default



Press "UNIT ENTER" key to delete the memory and exit.

Press "XYZ MEM" or "HOLD ALARM" key to

**TENMARS TM-196**



**10.4 Analogue bar graph setup-4**

Press hold "F" key first and "SET" key to enter the Setup Mode.

Press "SET" key for three times to enter the analogue bar graph setting mode.

The "graph" unit is flashing displayed X1, X10, X100.

Press "HOLD ALARM" or "XYZ MEM" key to select the value X1, X10, X100.



Press "UNIT ENTER" key to save and exit.

**10.5 Auto Power Off Time function setup-5**

Press hold "F" key first and "SET" key to enter the Setup Mode.

**TENMARS TM-196**

Press "SET" key for four times, the symbol ⦿ is displayed. The auto power off time default setting is 15 minutes.

Press "HOLD ALARM" and "XYZ MEM" key to change the: 00~:99 minutes.

Press "UNIT ENTER" key to save and exit.

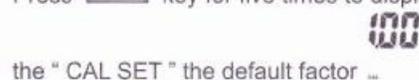
:00 → Auto power off disable.  
:99 → Maximum auto power off time



**10.6 Setting the calibration factor (CAL)-6**

Press hold "F" key first and "SET" key to enter the Setup Mode.

Press "SET" key for five times to display



The CAL setting range is from 0.10 to 9.99.



## TENMARS TM-196

Press "HOLD" or "XYZ" key to select the value.

Press "REC TIME" or "MAX AVG" key to select the digits.

Press "UNIT ENTER" key to save and exit.

### 11 Calibration factor is important for the measurements:

The calibration factor CAL serves to calibrate the result display. The field strength value measured internally is multiplied by the value of CAL that has been entered and the resulting value is displayed. The CAL setting range is from 0.10 to 9.99.

The CAL factor is often used as a means of entering the sensitivity of the field sensor in terms of its frequency response in order to improve measurement accuracy.

The following effect will be noted with all field strength meters:

- If the sensor is moved quickly, excessive field strength values could be displayed. This effect is caused by

## TENMARS TM-196

electrostatic charges.

- Recommendation: hold the meter steady during the measurement.

### 11.1 Short-term measurements:

**Application** : Use either the "instantaneous" or the "Max .instantaneous" mode, if the characteristics and orientation of the field are unknown when entering an area exposed to electromagnetic radiation.

### 11.2 Short-term measurements

**Procedure** : Hold the meter at arm's length.

Make several measurements at various locations around your work place or the interested areas as described above. This is particularly important is the field conditions are unknown.

Pay special attention to measuring the vicinity of possible radiation sources.

Apart from active sources, those components connected to a source may also act as radiators. For example, the cables used in diathermy equipment may also radiate electromagnetic energy. Note

## TENMARS TM-196

that metallic objects within the field may locally concentrate or amplify the field from a distant source.

### 11.3 Long-term exposure measurements

**Location** : Place the meter between yourself and the suspected source of radiation. Make measurements at those points where parts of your body are nearest to the source of radiation.

**Note** : Use the "Average" or "Max average" modes only when the instantaneous measurement values are fluctuating greatly. You may fix the meter to a wooden or plastic tripod.

### 12 Battery replacement

	<b>waring</b>
	If the symbol "  " appears on the LCD, please replace the battery immediately

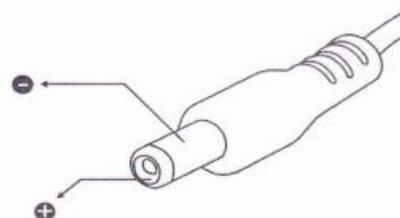
- Turn off the instrument.
- Remove the battery cover
- Replace the battery.
- Install the battery cover.

## TENMARS TM-196



### 13 External DC Power

- External AC to DC adapter: Voltage 9VDC(8~14VDCMax)
- Supply current : >300mADC
- Socket : pin Positive, Ground Casing External
- Diameter 6.3mm; internal Diameter 2.0 mm



**TENMARS** TM-196**14 Safety Precaution**

- For cleaning the instrument use a soft dry cloth. Never use a wet cloth, solvents or water, etc.
- Operation Altitude : Up to 2000M.
- Operating Environment : Indoors use. This instrument has been designed for being used in an environment of pollution degree 2.

**TENMARS** TM-196**15 SAFETY INFORMATION****CAUTION**

Before making a measurement, check if the low battery symbol"



" is shown on the display as soon as the meter is switched on. Change the battery if the symbol is displayed.

In the case of prolonged storage, it is preferable to remove the battery from the meter.

Avoid shaking the meter, particularly in the measurement mode.

The specified limits outside and improper handling may adversely affect the accuracy and function of the meter.