UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

"ESTUDIO DE EFECTOS DE LA POTENCIA DE EMISIÓN DE LA SEÑAL 5G EN LA SALUD HUMANA Y PERSPECTIVAS DE LAS PERSONAS EN EL ECUADOR"

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniera en Telecomunicaciones

Línea de investigación: Producción industrial y tecnología sostenible

AUTOR:

Grace Lizbeth Angamarca Nicaragua

DIRECTOR:

MSc. Carlos Alberto Vásquez Ayala

Ibarra, Ecuador 2026

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
DIRECCIÓN DE BIBLIOTECA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO	
APELLIDOS Y NOMBRES:	ANGAMARCA NICARAGUA GRACE LIZBETH

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	ESTUDIO DE EFECTOS DE LA POTENCIA DE EMISIÓN DE LA SEÑAL 5G EN LA SALUD HUMANA Y PERSPECTIVAS DE LAS PERSONAS EN EL ECUADOR
AUTOR (ES):	ANGAMARCA NICARAGUA GRACE LIZBETH
FECHA: DD/MM/AAAA	09/06/2026
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	■ **PREGRADO** □ **POSGRADO**
TITULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERA EN TELECOMUNIACIONES
DIRECTOR /ASESOR:	MSC. CARLOS ALBERTO VÁSQUEZ AYALA MSC. JAIME ROBERTO MICHILENA CALDERÓN

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 9 días del mes de junio de 2026

EL AUTOR:

Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
GRACE LIZBETH
ANGAMARCA NICARAGUA

(Firma)……
Nombre: Grace Lizbeth Angamarca Nicaragua

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Ibarra, 9 de junio de 2026

MSC. CARLOS ALBERTO VÁSQUEZ AYALA,

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final del trabajo de Integración Curricular, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes

Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
CARLOS ALBERTO VASQUEZ AYALA

(f)……

Msc. Carlos Alberto Vásquez Ayala

C.C.: *1002424982*

DIRECTOR

DEDICATORIA

Con profunda gratitud, éste trabajo es dedicado a mi Virgencita del Quinche como muestra de devoción y agradecimiento por todas las bendiciones recibidas en cada etapa de mi formación personal y profesional.

Dedico con todo mi amor a mis padres, por ser mi guía, apoyo incondicional e inspiración constante en mi vida. A ellos les debo todo lo que soy y lo que he logrado gracias a sus sacrificios, a todas las enseñanzas mediante el ejemplo, a su paciencia en los días difíciles incluso en los momentos en que me faltaba confianza.

Éste logro es dedicado a quienes han sido fortaleza y motivación durante todo este camino, porque con su amor, protección y apoyo hicieron posible alcanzar este título con fe y perseverancia.

Grace Lizbeth Angamarca Nicaragua

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios y a la Virgencita del Quinche por cuidarme y darme esa fortaleza espiritual y fe necesaria para continuar y sobrellevar momentos de dificultad.

A mis padres Víctor Angamarca y Clemencia Nicaragua quienes, con su amor, apoyo incondicional, comprensión y sacrificio me han permitido superarme convirtiéndose en mi mayor ejemplo de lucha y perseverancia. A mis hermanos, Lennin, Israel y Danna quienes han sido pilares fundamentales, su compañía, cariño y confianza fueron necesarios durante todo este proceso.

También quiero agradecer a las personas y amigos que durante este camino profesional me tendieron la mano, sus palabras y consejos me impulsaron a seguir adelante y aquella persona que sin obligación alguna se convirtió en esa fuente constante de fortaleza cuya presencia me ha ayudado a confiar en lo que soy capaz de lograr.

Agradezco profundamente al MSc. Carlos Alberto Vásquez Ayala director del presente trabajo de titulación y al MSc. Jaime Roberto Michilena Calderón en calidad de asesor, quienes me han contribuido con sus conocimientos, experiencia y tiempo, convirtiéndose en una guía académica imprescindible. Sin su presencia no habría sido posible culminar esta etapa.

Con el corazón lleno de gratitud, concluyo una etapa sabiendo que no la termine sola, gracias a quienes me apoyaron, me llevo grandes aprendizajes y me siento afortunada de haber recorrido este camino acompañado de personas valiosas.

Grace Lizbeth Angamarca Nicaragua

RESUMEN

El presente estudio se basa el análisis de los posibles efectos de la potencia de emisión de la señal 5G en la salud humana y perspectivas de las personas en el Ecuador, esto implica un enfoque investigativo que abarca etapas y metodologías. Se procede con el análisis de países desarrollados que ya cuentan con la tecnología 5G conjuntamente con los procesos que se llevaron a cabo para el levantamiento de forma masiva. Se investiga entornos de población e infraestructura relacionado con normativas y estatutos en el aspecto técnico, y la especial atención a estudios relacionados con problemas de salud a causa de la potencia de la señal en las personas.

Posteriormente, se lleva a cabo el proceso para identificar la percepción de las personas, conocimiento y preocupaciones sobre los posibles efectos para la salud asociados con la tecnología 5G. Se establecerá una hoja de ruta como herramienta de planeación que permita organizar procesos y requerimientos para la implementación de dicha tecnología, la misma que contribuirá en establecimiento de medidas de mitigación y regulación que protejan la salud pública frente a los posibles riesgos asociados con la implementación de dicha tecnología.

Finalmente, el estudio determina que una exposición regulada evita efectos adversos en la salud, donde los niveles establecidos bajo normativas internacionales si garantiza condiciones seguras de exposición en relación a la potencia de emisión de la señal 5G, comprendiendo que el impacto en la salud depende de un control técnico de parámetros como EIRP y densidad de potencia. La hoja de ruta propuesta integra fases que abarcan diagnóstico, adecuación regulatoria, gestión del espectro, diseño, despliegue y evaluación económica, las mismas que establecen lineamientos para un despliegue controlado, dicho

cumplimiento permite minimizar riesgos y fortalecer la confianza en la implementación de la tecnología 5G en el Ecuador.

Palabras Clave: Infraestructura 5G, small cells, densificación de la red, espectro radioeléctrico, latencia, estaciones base, radiación no ionizante, cobertura, salud.

ABSTRACT

This study is based on an analysis of the potential effects of 5G signal transmission power on human health and public perceptions in Ecuador. This involves a research approach that encompasses various stages and methodologies. The study begins with an analysis of developed countries that already have 5G technology, along with the processes carried out for its large-scale deployment. It also examines population and infrastructure contexts related to technical regulations and standards, with a special focus on studies concerning health issues associated with signal power exposure in people.

Subsequently, a process is carried out to identify people's perceptions, knowledge, and concerns regarding the potential health effects associated with 5G technology. A roadmap will be established as a planning tool to organize the processes and requirements for the implementation of this technology, thereby contributing to the establishment of mitigation and regulatory measures aimed at protecting public health from potential risks associated with its implementation.

Finally, the study concludes that regulated exposure prevents adverse health effects, noting that the levels established under international standards do ensure safe exposure conditions with respect to the transmission power of 5G signals, recognizing that the impact on health depends on technical control of parameters such as EIRP and power density. The proposed roadmap includes phases covering diagnosis, regulatory alignment, spectrum management, design, deployment, and economic evaluation, which establish guidelines for a controlled deployment; compliance with these guidelines minimizes risks and strengthens confidence in the implementation of 5G technology in Ecuador.

Keywords: 5G Infrastructure, Small Cells, Network Densification, Radio Spectrum, Latency, Base Stations, Non-Ionizing Radiation, Coverage, Health.

LISTADO DE SIGLAS

4G. Cuarta Generación

5G. Quinta Generación

MIMO. Multiple Input Multiple Output

UHF. Ultra High Frecuency

VHF. Very High Frecuency

SMA. Servicio Móvil Avanzado

SA. Standalone

NSA. Non-Standalone

3GPP. Third Generation Partnership Project

FCC. Comisión Federal de Comunicaciones de Estados Unidos

UIT. Unión Internacional de Telecomunicaciones

OMS. Organización Mundial de la Salud

ARCOTEL. Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones

ANATEL. Agência Nacional de Telecomunicações (Brásil)

CONECEL. Consorcio Ecuatoriano de Telecomunicaciones S.A

MTC. Ministerio de Transportes y Comunicaciones

CNT. Corporación Nacional de Telecomunicaciones

CEM. Campos Electromagnéticos

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICNIRP. Comisión Internacional de Protección contra Radiación No Ionizante

RF. Radiofrecuencia

TIC. Tecnologías de la Información y la Comunicación

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Capítulo I: Antecedentes 16

1.1. Tema 16

1.2. Problema 16

1.3. Objetivos 17

1.3.1. Objetivo General 17

1.3.2. Objetivos Específicos 17

1.4. Alcance 18

1.5. Justificación 19

Capítulo II: Marco Teórico 21

2.1. Términos Investigativos 21

2.1.1. Espectro Radioeléctrico 21

2.1.2. Bandas de Frecuencias 22

2.1.3. Antena MIMO 22

2.2. Tecnología 5G en América Latina 24

2.2.1. Implementación de 5G en Estados Unidos 26

2.2.2. Implementación de 5G en Brasil 26

2.2.3. Implementación de 5G en Perú 27

2.2.4. Implementación de 5G en el Ecuador 28

2.3. Entidades Regulatorias 30

2.3.1. FCC (Comisión Federal de Comunicaciones de Estados Unidos).....30

2.3.2. UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) 33

2.3.3 ARCOTEL (Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones) 34

2.4. Selección de casos de estudio 34

2.4.1. Efectos adversos para la salud de la tecnología de redes móviles 5G en condiciones reales 34

2.4.2. Mortalidad por neoplasia y estaciones base de telefonía celular en el municipio de Belo Horizonte, estado de Minas Gerais, Brasil 36

2.4.3. Percepción de Comunidades Cercanas e Importancia de la Información Sobre Antenas Móviles y Radiación Emitida 37

2.4.4. Análisis regulatorio sobre el despliegue de la tecnología móvil 5g en américa y sus impactos en la salud 38

2.4.5. Estado del arte del riesgo que representa para la salud humana la radiación electromagnética de las comunicaciones 5G 39

2.5. Salud 40

2.5.1 Causas 40

2.5.2. Efectos.....40

2.5.2.1 Efectos Térmicos 40

2.5.2.2 Efectos No Térmicos.....41

2.5.2.3 Efectos Atérmicos.....41

2.5.2.4 Dolores de cabeza 42

2.5.2.5 Problemas neurológicos 42

2.5.2.6 Problemas en la piel 43

2.5.2.7 Enfermedades Crónicas 43

2.5.3 Efectos según casos de estudio 44

Capítulo III: Caso de Estudio 45

3.1. Estado actual de la implementación de 5G en el Ecuador 45

3.1.1. Ciudades con presencia de cobertura 5G 47

3.2. Proyectos y planes de expansión de la red 5G 49

3.3. Percepción pública sobre la tecnología 5G 51

3.3.1. Encuestas y entrevistas con la población 52

3.3.2. Tabulaciones 53

3.3.2.1 Encuesta de percepción sobre la tecnología 5G 53

3.3.2.2 Encuesta Técnico-Normativa sobre la Tecnología 5G 58

3.4.- Estado actual, proyección y percepción 65

Capítulo IV: Resultados 69

4.1. Hoja de ruta para la implementación de la tecnología 5G en el Ecuador 69

4.1.1 Fase 1: Diagnóstico y planificación estratégica 69

4.1.1.1 Etapa 1. Evaluación del estado actual 70

4.1.1.2 Etapa 2. Identificación de demanda tecnológica 70

4.1.1.3 Etapa 3. Planificación por zonas geográficas 71

4.1.2 Fase 2: Adecuación regulatoria y legal 72

4.1.2.1 Etapa 4. Marco normativo vigente 73

4.1.2.2 Etapa 5. Límites de exposición electromagnética 73

4.1.2.3 Etapa 6. Control mediante SAR 74

4.1.2.4 Etapa 7. Evaluación técnica de estaciones base 75

4.1.2.5 Etapa 8. Ubicación de infraestructura 76

4.1.2.6 Etapa 9. Monitoreo de radiaciones 77

4.1.3 Fase 3: Gestión del espectro radioeléctrico 79

4.1.3.1 Etapa 10. Bandas prioritarias para 5G 79

4.1.3.2 Etapa 11. Modelo de asignación híbrido 80

4.1.3.3 Etapa 12. Compromisos de inversión (COI) 80

4.1.3.4 Etapa 13. Estructura tarifaria del espectro radioeléctrico 81

4.1.3.5 Etapa 14. Reorganización del espectro 82

4.1.4 Fase 4: Diseño y despliegue técnico 82

4.1.4.1 Etapa 15. Arquitectura de red 83

4.1.4.2 Etapa 16. Escenarios de uso IMT-2020 83

4.1.4.3 Etapa 17. Parámetros de desempeño 84

4.1.4.4 Etapa 18. Densificación de red 85

4.1.4.5 Etapa 19. Diseño de estaciones base 85

4.1.4.6 Etapa 20. Eficiencia energética 86

4.1.5 Fase 5: Evaluación económica y social 86

4.1.5.1 Etapa 21. Inversión en infraestructura 87

4.1.5.2 Etapa 22. Costos operativos 87

4.1.5.3 Etapa 23. Retorno de inversión (ROI) 88

4.1.5.4 Etapa 24. Impacto del espectro 88

4.1.5.6 Etapa 25. Impacto social 89

4.1.5.7 Etapa 26. Riesgos del despliegue 89

4.1.5.8 Etapa 27. Viabilidad 89

4.2 Análisis del desarrollo de la hoja de ruta 90

Conclusiones 92

Recomendaciones 94

Anexos 95

Anexo 1 Modelos de Encuestas 95

Encuesta Percepción 95

Encuesta Técnico-Normativa 99

Anexo 2 Resultados de encuestas 103

Encuesta de percepción 103

Encuesta de Técnico - Normativa 117

Bibliografía 129

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Apertura de redes LTE y 5G por país 25

Tabla 2 Fuentes de RF únicas 32

Tabla 3 Efectos Adversos para la Salud de la Radiación Inalámbrica en Humanos ... 44

Tabla 4 Datos generales de la encuesta sobre percepción 5G 53

Tabla 5 Tabulación general de la encuesta sobre percepción 5G 54

Tabla 6 Datos generales de la encuesta Técnico-Normativa 5G 59

Tabla 7 Tabulación general sobre encuesta Técnica-Normativa sobre Tecnología 5G 59

Tabla 8 Estado actual, proyección y percepción 65

Tabla 9 *Resultados pregunta 1* 103

Tabla 10 *Resultados pregunta 2* 104

Tabla 11 *Resultados pregunta 3* 105

Tabla 12 *Resultados pregunta 4* 106

Tabla 13 *Resultados pregunta 5* 108

Tabla 14 *Resultados pregunta 6* 109

Tabla 15 *Resultados pregunta 7* 111

Tabla 16 *Resultados pregunta 8* 112

Tabla 17 *Resultados pregunta 9* 113

Tabla 18 *Resultados pregunta 10* 114

Tabla 19 *Resultados pregunta 11* 115

Tabla 20 *Resultados pregunta 1* 117

Tabla 21 *Resultados pregunta 2* 118

Tabla 22 *Resultados pregunta 3* 119

Tabla 23 *Resultados pregunta 4* 120

Tabla 24 *Resultados pregunta 5* 121

Tabla 25 *Resultados pregunta 6* 122

Tabla 26 *Resultados pregunta 7* 123

Tabla 27 *Resultados pregunta 8* 125

Tabla 28 *Resultados pregunta 9* 126

Tabla 29 *Resultados pregunta 10* 127

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 *Proceso metodológico* 19

Figura 2 *Puntos relevantes a considerar para el despliegue 5G* 51

Figura 3 Porcentaje predominante por pregunta en la encuesta de percepción sobre 5G 57

Figura 4 *Porcentaje predominante por pregunta en la encuesta técnico-normativa sobre 5G* 64

Figura 5 *Porcentaje de personas con conocimiento sobre 5G* 103

Figura 6 *Porcentaje de personas sobre definición de 5G* 104

Figura 7 *Porcentaje de encuestados sobre información de 5G* 105

Figura 8 *Porcentaje pregunta 4* 107

Figura 9 *Porcentaje pregunta 5* 108

Figura 10 *Porcentaje pregunta 6* 110

Figura 11 *Porcentaje pregunta 7* 111

Figura 12 *Porcentaje pregunta 8* 112

Figura 13 *Porcentaje pregunta 9* 114

Figura 14 *Porcentaje pregunta 10* 115

Figura 15 *Porcentaje pregunta 11* 116

Figura 16 *Porcentaje pregunta 1* 117

Figura 17 *Porcentaje pregunta 2* 118

Figura 18 *Porcentaje pregunta 3* 119

Figura 19 *Porcentaje pregunta 4* 120

Figura 20 *Porcentaje pregunta 5* 121

Figura 21 *Porcentaje pregunta 6* 123

Figura 22 *Porcentaje pregunta 7* 124

Figura 23 *Porcentaje pregunta 8* 125

Figura 24 *Porcentaje pregunta 9* 126

Figura 25 *Porcentaje pregunta 10* 127

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1.....52

Ecuación 2.....52

Ecuación 3.....52

Ecuación 4.....53

Ecuación 5.....53

Ecuación 6.....53

Capítulo I: Antecedentes

1.1. Tema

ESTUDIO DE EFECTOS DE LA POTENCIA DE EMISIÓN DE LA SEÑAL 5G EN LA SALUD HUMANA Y PERSPECTIVAS DE LAS PERSONAS EN EL ECUADOR

1.2. Problema

Para que las emisiones tengan un efecto relevante sobre la salud, la persona debe estar a una distancia muy cercana, se debe permanecer durante un largo tiempo dentro de la zona de influencia directa y de mayor radiación, es decir en torno a 10 metros en horizontal a la antena, considerando la extensión de 5G y la presencia a posterior es un requerimiento a estudiar (Belpoggi et al., 2023)

Según (European Commission, 2020), la tecnología 5G se considera necesaria una mayor presencia de antenas en las ciudades para un funcionamiento adecuado, el área cubierta por cada antena (las células) va a ser menor. La tecnología 5G utiliza radiación de radiofrecuencia de ondas más cortas que las previamente utilizadas las cuales se debilitan fácilmente con la distancia que las de las generaciones anteriores (Torres Muñoz, 2020). Deduciendo que la velocidad es mayor con una estación base 5G, la conectividad es más cercana, pasando de “macro” proporcionados por antenas 4G con estaciones base ubicadas en edificios, a una conectividad generada por antenas MIMO de forma masiva.

Una resolución del Defensor del Pueblo reconoce que la implantación de la tecnología 5G en España no ha sido objeto de evaluación previa. Tampoco se ha hecho en el caso del plan 5G ni de los proyectos piloto derivados del mismo, en los que se va a utilizar una banda

de frecuencias para las que aún no se han fijado los límites de exposición seguros (Elorduy, 2020). Por lo cual la percepción de la radiación electromagnética y sus efectos en la salud dará forma a términos de investigación y regulación, que influirán en el desarrollo de servicios tan importantes que formarán la base tecnológica de la nueva sociedad de la información (Cruz Ornetta, 2024)

Por lo cual, se busca realizar un estudio estratégico de las zonas con implementación de tecnología 5G y la afectación de potencia de antenas en la salud humana, generando una hoja de ruta que permita desmitificar percepciones de la comunidad basándose en fundamentación de regulaciones gubernamentales.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Realizar un estudio de los posibles efectos de la potencia de emisión de la señal 5G en la salud humana y perspectivas de las personas en el Ecuador

1.3.2. Objetivos Específicos

- Desarrollar un levantamiento de información técnica y regulatoria relacionada con estudio de los posibles efectos de la potencia de emisión de la señal 5G para establecer requisitos técnico normativos.
- Identificar los causas y efectos en salud sobre la emisión de la potencia de la señal 5G por medio del análisis de casos en países que cuenta con dicha tecnología.

- Analizar el efecto del cumplimiento de la normativa respecto de la emisión de 5G para una posible implementación en el Ecuador

1.4. Alcance

El presente estudio se basa el análisis de los posibles efectos de la potencia de emisión de la señal 5G en la salud humana y perspectivas de las personas en el Ecuador, esto implica un enfoque investigativo que abarca etapas y metodologías.

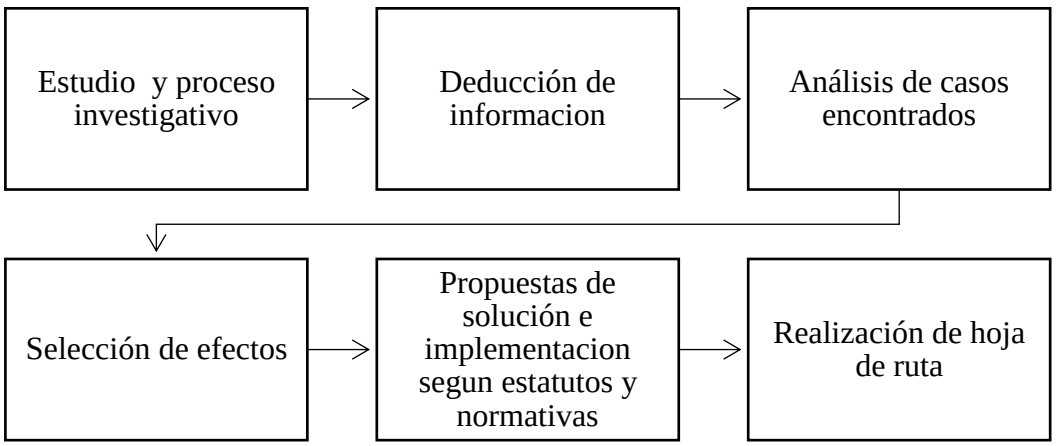
En primer lugar, se realiza una revisión exhaustiva de países desarrollados que ya cuentan con la tecnología 5G conjuntamente con los procesos que se llevaron a cabo para el levantamiento de forma masiva. Se analiza los entornos de población e infraestructura relacionado con normativas y estatutos como la norma FCC (Comisión Federal de Comunicaciones)-Estados Unidos y LTE (Evolución a largo plazo)-Ecuador en el aspecto técnico, y la especial atención a estudios relacionados con problemas de salud a causa de la potencia de la señal en las personas.

Posteriormente, se lleva a cabo el proceso para identificar cual es la percepción de las personas, conocimiento y preocupaciones sobre los posibles efectos para la salud asociados con la tecnología 5G por medio de la realización de encuestas considerando una muestra en el área ecuatoriana universitaria afines con la temática establecida referente a la tecnología 5G. Se establecerá una hoja de ruta como herramienta de planeación que permita organizar procesos y requerimientos para la implementación de dicha tecnología la misma que contribuirá para establecer medidas de mitigación y regulación que protejan la salud pública frente a los posibles riesgos asociados con la implementación de la tecnología 5G en el Ecuador.

Este enfoque integral busca proporcionar una comprensión holística de los efectos de la tecnología 5G en la salud humana, así como orientar acciones concretas para garantizar un despliegue seguro y responsable de esta tecnología comprendiendo que 5G es el factor clave para el mundo digital del futuro, el cual dará un crecimiento económico digital en términos de sostenibilidad y sustentabilidad (Campos & Cavada, 2021)

Figura 1

Proceso metodológico



Nota. La figura describe el proceso metodológico del proceso de investigación.

1.5. Justificación

La implementación de la tecnología 5G requiere una infraestructura más densa de antenas y estaciones base para garantizar una cobertura adecuada. Esto significa que veremos más antenas instaladas en edificios, postes de luz e incluso en vehículos. Sin embargo, esta infraestructura adicional permitirá una mayor capacidad de conexión y una experiencia de usuario más fluida. Algunos países son lideres ya que cuentan con la adopción de dicha

tecnología entre las cuales se encuentra Corea del Sur y Japón, son dos ejemplos destacados, con una infraestructura bien establecida y una cobertura más amplia (Isbel, 2023).

Sin embargo, existe un creciente interés y preocupación pública sobre los posibles efectos para la salud sobre la cantidad de energía trasmitida por la señal mejor identificada como potencia, aunque existe considerables avances tecnológicos y adopción masiva, es crucial comprender los posibles impactos en la salud humana para garantizar un desarrollo tecnológico seguro y sostenible.

Por medio del estudio se busca conocer casos en los cuales la exista una afección, los mismos que permitirán establecer una hoja de ruta conjuntamente con el análisis de normativas y regulaciones sobre la implementación y causa-efecto de potencias de las señala de dicha tecnología en el país.

Este estudio dará a conocer la información y datos que suministra diferentes entidades como es el caso de OMS, FCC, UIT, ARCOTEL entre otras, con respecto a los efectos del despliegue de la tecnología 5G, teniendo en cuenta estudios en países en donde ya existe dicha tecnología, adicional a las percepciones de personas. Los resultados del estudio sobre los efectos de la potencia de emisión de la señal 5G en la salud humana pueden tener implicaciones importantes para la salud pública y las políticas regulatorias considerando límites de exposición seguros priorizando el bienestar y la salud humana.

Capítulo II: Marco Teórico

Este capítulo se enfoca en proporcionar una revisión detallada de los principales conceptos teóricos que sirven como base para el análisis y comprensión del tema de investigación. Se aborda términos investigativos, entorno de 5G en Latinoamérica y en el país, entidades regulatorias, casos de estudio respecto de la potencia de emisión de la señal 5G en la salud humana, e influencia 5G en el Ecuador.

2.1. Términos Investigativos

Entre los términos investigativos se parte del espectro radioeléctrico como conjunto de todos los tipos de radiación, es un recurso natural a través del cual se brinda diferentes servicios de telecomunicaciones. Las bandas de frecuencia es otro de los términos investigativos, se considera especificar bandas UHF referente a comunicaciones inalámbricas. Se incluye también antenas MIMO debido a que corresponden a la solución inalámbrica moderna para mejora de cobertura y fiabilidad.

2.1.1. Espectro Radioeléctrico

El espectro radioeléctrico constituye un subconjunto de ondas electromagnéticas u ondas hertzianas fijadas convencionalmente por debajo de 3000 GHz, que se propagan por el espacio sin necesidad de una guía artificial. A través del espectro radioeléctrico es posible brindar una variedad de servicios de telecomunicaciones como radionavegación, afinados por satélite, radioastronomía, investigación espacial, fijo por satélite, móvil, meteorología, móvil por satélite y radiolocalización (BUENAÑO SILVA & TERÁN SUÁREZ, 2020).

Es la parte del espectro electromagnético con frecuencias de 30 Hz a 300 GHz. Las ondas electromagnéticas en este rango de frecuencia, llamadas ondas de radio, son

ampliamente utilizadas en la tecnología moderna, particularmente en las telecomunicaciones (Agencia Nacional del Espectro ANE, 2022)

2.1.2. Bandas de Frecuencias

Son intervalos de frecuencia del espectro electromagnético asignados para diferentes usos dentro de las radiocomunicaciones, su uso está regulado por la UIT (Unión internacional de telecomunicaciones). Las bandas VHF (30 – 300 Mhz), UHF (300 – 3000 Mhz) por mencionar algunas, son las más comunes para las comunicaciones inalámbricas y son las que abarcan los servicios de radiocomunicaciones. Ecuador es un país atractivo para aplicar un Servicio Móvil Avanzado (SMA). Actualmente, en el espectro radioeléctrico existen Bandas de Frecuencia disponibles 700 MHz, 1900 MHz, 1700-2100 MHz y 2500 MHz (Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información, 2024).

Los rangos de frecuencia entre los 800 MHZ1900 MHZ, son utilizadas actualmente en Ecuador para las tecnologías 1G, 2G, 3G y 4G, mientras que las bandas entre 3 GHz-6 GHz y la de 700 MHz que era utilizada para 5G están en proceso de regularización (BUENAÑO SILVA & TERÁN SUÁREZ, 2020).

2.1.3. Antena MIMO

Las antenas son dispositivos resonantes que permiten transformar una señal de radio frecuencia (RF) que viaja por medio de un conductor al espacio libre como ondas electromagnéticas. Los sistemas de comunicaciones que emplean la tecnología MIMO (Multiple Input Multiple Output) pueden proporcionar altas velocidades de transmisión de velocidad de datos mediante la multiplexación espacial. La multiplexación espacial consiste en dividir la misma señal en varias porciones de flujos que son transmitidas al mismo tiempo. Como cada señal tiene características de propagación distintas, las antenas receptoras son

capaces de distinguir cada flujo de señal, decodificar los datos y así mejorar la velocidad de transmisión.

Las ondas electromagnéticas, en donde la información viaja y rebota en las superficies como las paredes, techos y demás objetos para llegar a la antena receptora desde varios ángulos y direcciones con ligeras diferencias. Si en los sistemas existen más antenas que señales, las antenas adicionales pueden añadir diversidad y tener un mayor alcance (Rojas Gómez & Peñafiel Ojeda, 2023).

Las empresas de Telefónica y Huawei han anunciado una posible solución para el problema en el despliegue de la red 5G, la cual sería la instalación de antenas MIMO (Multiple Input, Multiple Output) a 3.5 GHz en una antena multibanda de 14 puertos para una rápida y fácil evolución del 5G. Un despliegue masivo de Small Cells, con radios de 200m o menos, con combinación de macro BS y MIMO, darían una cobertura uniforme para las aplicaciones de la red 5G.

El riesgo se centra en que habría lugares donde no se podría instalar las nuevas antenas, por lo cual en un principio la tecnología 5G solo llegaría a ciertos lugares. A comparación de 3G y 4G, exige una mayor eficiencia espectral y más espectro, las cuales procederán de las frecuencias desde los 24 GHz, considerando dificultades en la propagación de las ondas radioeléctricas, cuyas frecuencias también son utilizadas por satélites en sus comunicaciones. Se tiene que tomar en cuenta los cambios climáticos y recursos terrestres de meteorología que pueden presentar, para evitar la interferencia que se puede dar entre 5G y los servicios mencionados para garantizar un ecosistema viable para la red móvil en el futuro (BUENAÑO SILVA & TERÁN SUÁREZ, 2020)

2.2. Tecnología 5G en América Latina

5G corresponde a la quinta generación de tecnologías móviles, se considera como una evolución de 4G, brinda una mayor velocidad de envío y recepción de datos alcanzado hasta 10 Gbps, menor latencia, a continuación, se describe la implementación en América Latina y posterior en el Ecuador como aspecto investigativo de forma local.

Se toma como referencia publicaciones de los últimos 5 años respecto del desarrollo de 5G, considerando América se establece información de redes mundialmente desplegadas y comercialmente activas usando la LTE y la 5G, con detalles por país y por operador para LAC. GSA presenta información sobre redes existentes, proyectos, declaraciones de despliegues y en construcción.

En América Latina se observa que las políticas en los diferentes países siguen favoreciendo la culminación de despliegues de 4G, con mayor o menor grado de impulso a la 5G. Frente a la aparición de la 5G surgen versiones avanzadas de LTE como LTE –Advanced además de LTE A Pro. Dichas tecnologías aumentan el ancho de banda de acceso por radio base, agregación de portadoras para disponer así de un espectro total más amplio, empleo de múltiples antenas en cada extremo (MIMO) para segmentar y optimizar el uso del espectro y una modulación más eficiente en la bajada (256 QAM). Por lo cual se llega a altas velocidades por lo que se la suele llamar Gigabit LTE para aprovechar la alta velocidad es debe de disponer de terminales con especificaciones de bajada de Categorías 16 o 18.

En la Tabla 1 se especifica la apertura de redes LTE y 5G por país en el año 2022 de despliegue comercial activo por país.

Tabla 1

Apertura de redes LTE y 5G por país

País	4GLTE	5G
Argentina	3	1
Aruba	2	0
Bahamas	2	0
Barbados	2	0
Belize	2	0
Bermuda	2	0
Bolivia	3	0
Brasil	6	4
Islas Caimán	2	0
Chile	4	3
Colombia	6	1
Costa Rica	3	0
Cuba	1	0
Curazao	2	0
Dominica	2	0
República Dominicana	3	1
Ecuador	3	0
El Salvador	4	0
Guayana Francesa	3	0
Guatemala	2	0
Honduras	2	0
Jamaica	2	0
Martinica	3	0
Méjico	4	1
Nicaragua	2	0
Panamá	4	0
Paraguay	4	0
Perú	4	3
Puerto Rico	3	3
Trinidad & Tobago	2	1
Uruguay	3	1
Venezuela)	3	0
Islas Vírgenes (UK)	3	0
Islas Vírgenes (USA)	3	2
TOTALES	100	21

Nota. Se analiza la situación general en América Latina y el Caribe de despliegue comercial activo por país, como Argentina, Brasil, Colombia, Costa Rica, Chile, Ecuador, México, Perú y Uruguay. Obtenido de (De León, 2023).

2.2.1. Implementación de 5G en Estados Unidos

Estados Unidos es líder mundial en comunicaciones móviles. Es el país con la inversión más sostenida e intensiva tanto en redes como en espectro de radiofrecuencia. Las inversiones de la industria móvil estadounidense han sido particularmente eficaces a la hora de desplegar la oleada inicial de redes 5G (Elbert et al., 2023)

La Comisión Federal de Comunicaciones (FCC) es una agencia independiente del gobierno de los Estados Unidos que regula las comunicaciones interestatales e internacionales mediante radio, televisión, cable, satélite e internet. Su función principal es gestionar el espectro radioeléctrico, garantizar un acceso equitativo a las tecnologías de comunicación, promover la competencia, proteger a los consumidores y supervisar que los dispositivos y servicios cumplan con estándares técnicos y de seguridad. Además, impulsa iniciativas para cerrar la brecha digital y fomentar el desarrollo de tecnologías avanzadas como el 5G (Comisión Federal de Comunicaciones, 2025)

2.2.2. Implementación de 5G en Brasil

Brasil ha avanzado rápidamente en la implementación de 5G, consolidándose como uno de los líderes en América Latina. Hasta noviembre de 2024, la tecnología ya estaba disponible en todos los 5.570 municipios brasileños basado en el modelo SA (standalone) que no depende de 4G, la liberación anticipada de la banda de frecuencia fue un hito importante,

pues permitió que las operadoras aceleraran sus implementaciones antes del plazo inicial establecido (Quezada, 2025)

La Agencia Nacional de Telecomunicaciones (ANATEL) es el organismo regulador del sector de telecomunicaciones en Brasil, encargado de supervisar, regular y promover el desarrollo de servicios como telefonía, internet y televisión. Administra el espectro radioeléctrico, organiza subastas para asignar frecuencias, como las utilizadas para redes 5G, y fiscaliza el cumplimiento de normas técnicas y la calidad de los servicios ofrecidos. Además, impulsa la conectividad en áreas rurales y menos desarrolladas, protege los derechos de los consumidores y fomenta la innovación tecnológica para garantizar un acceso equitativo y eficiente a las telecomunicaciones en todo el país (Britto, 2024)

2.2.3. Implementación de 5G en Perú

El Gobierno Peruano publica el Decreto Legislativo, mediante el cual se aprueba un marco legal para promover el despliegue de los servicios públicos de telecomunicaciones mediante tecnología 5G o superior (el “Decreto Legislativo”). Estas medidas responden al constante avance de las nuevas tecnologías y el bajo nivel de cobertura de la tecnología 5G a nivel nacional, que hizo necesario aprobar un mecanismo especial y facultativo y promover la asignación del espectro radioeléctrico para el despliegue de la tecnología 5G o superior en el territorio peruano.

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) es el encargado de regular y administrar el uso del espectro radioeléctrico necesario para el despliegue de tecnologías avanzadas como 5G en el país. Esto incluye seleccionar bandas de frecuencias adecuadas, realizar estudios para su valorización, establecer compromisos de inversión para las empresas interesadas, verificar la disponibilidad del espectro y gestionar su asignación directa mediante contratos de concesión. Además, supervisa la migración de servicios preexistentes en las

bandas asignadas y emite normativas para garantizar el uso eficiente y equitativo del espectro, promoviendo la conectividad y el desarrollo tecnológico a nivel nacional (Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), 2023)

2.2.4. Implementación de 5G en el Ecuador

Se pone a disposición en mayo del 2019, y por la cual MINTEL busca consolidar la Sociedad de la Información y del Conocimiento a fin de lograr la transformación digital progresiva de diferentes ámbitos educativos para el incremento de productividad y las competencias.

Según MINTIC existe una planificación cuya extensión de 5G se realiza para el año 2021 y 2022 en la banda de 3,5 GHz. En el segundo semestre de 2019 la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL) otorgó permisos precarios en la banda de 3,5 GHz para que Claro, Movistar y la CNT pudieran desarrollar pruebas de acceso inalámbrico fijo 5G. En noviembre de 2019, el Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información informó que la asignación de espectro en 700 MHz, 1700 MHz, 2,5 GHz y 3,5 GHz tendría lugar en el 2020 tanto para aumentar el despliegue de 4G como para lanzar 5G comercialmente en el 2022. El 26 de febrero de 2021 la Corporación Nacional de Telecomunicaciones E.P (CNT EP) acordó con Nokia el despliegue de la primera red 5G NSA49 con sitios en Guayaquil y Manta, junto con la modernización de la red 4G y la preparación de 500 sitios para recibir la 5G NSA. En estos primeros sitios habilitados la CNT EP planificará los servicios a desplegar en 5G. En abril de 2021 se habilitaron tres áreas de experimentación con esta tecnología y a fines de ese mes la CNT EP lanzó su primera zona de prueba 5G en el centro de Guayaquil. En el correr del año 2021 se adoptaron medidas que favorecen la inversión en el despliegue de las redes de telecomunicaciones y su uso como la eliminación del pago de las empresas por concentración

de mercado a partir de 2023, la simplificación regulatoria sobre la cual siguen trabajando redireccionamiento hacia proyectos de conectividad del 50% del pago del 1% por servicio universal y por uso del espectro, el aumento del plazo de las concesiones de 15 a 20 años, la reducción drástica de los aranceles de importación para equipamiento de las redes de los operadores (fibra, antenas, otros) y de terminales de los usuarios (computadoras, otros), reducción del ISD (Impuesto a Salida de Divisas) de 0,25% trimestral hasta 4% en 2022 y la obligatoriedad de adecuar el Reglamento de Tarifas a estándares internacionales con orientación a los costos administrativos de gestión del espectro.

En diciembre de 2021 el Gobierno adoptó otra medida de estímulo al despliegue de redes y su uso eliminando el Impuesto a los Consumos Especiales que se aplicaba a los usos de telefonía fija y móvil por un monto de 10% a los usuarios individuales post pago y de 15% a los empresariales. Otro aspecto esencial para continuar con el proceso de despliegue de 5G ha sido la aprobación, publicada el 16 de febrero de 2022, de la Actualización Integral del Plan Nacional de Frecuencias por parte de la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL). En cuanto a las bandas para Telecomunicaciones Móviles se pasó de 12 a 16 bandas, agregando 24,25-27,5 GHz, 37-43,5 GHz, 47,2-48,2 GHz y 66-71 GHz (De León, 2023).

Según (Mendoza Gómez, 2024) desarrollado por la UNAD, se evidencia ventajas y desventajas respecto de 5G, una de las desventajas corresponde al entorno económico al contar o implementar con dicha tecnología, considerando que el uso de frecuencias más altas posee un menor rango de cobertura por lo cual en infraestructura existe una mayor inversión en antenas.

5G comprende un mayor aporte para lograr brindar una cobertura total considerando a los usuarios el costo es alto ya que el abarque de nuevos equipos como teléfonos,

computadores entre otros, cambiando la postura de las personas, desviando información sobre la implementación.

2.3. Entidades Regulatorias

Entre las entidades de regulación y control de servicios de telecomunicaciones se reflejan organizaciones a nivel global como UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) e IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos), agencias nacionales como FCC (Comisión Federal de Comunicaciones) de Estados Unidos y ARCOTEL (Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones) correspondiente a Ecuador. Las entidades especificadas a continuación permiten conocer la regulación y normativas, desarrollo tecnológico impacto y coordinación internacional respecto de las diferentes tecnologías.

2.3.1. FCC (Comisión Federal de Comunicaciones de Estados Unidos)

La FCC regula las comunicaciones interestatales e internacionales por radio, televisión, cable, satélite y cable en los 50 estados, el Distrito de Columbia y los territorios de EE. UU. La comisión, una agencia gubernamental independiente de los Estados Unidos supervisada por el Congreso, es la principal autoridad de los Estados Unidos en materia de leyes, regulaciones e innovación tecnológica en materia de comunicaciones (Comisión Federal de Comunicaciones, 2025).

Regula la tecnología 5G para facilitar su despliegue en el país. Busca incrementar la disponibilidad de espectro en el mercado, modernizar las normas obsoletas, actualizar las políticas de infraestructura y garantizar la conectividad en comunidades rurales.

La FCC puede influir de manera indirecta en América Latina debido a varios factores como referencia de tecnologías y estándares de telecomunicaciones adoptados en Estados

Unidos, colaborando con organismos como la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) en temas de asignación de espectro radioeléctrico, manejo de interferencias y regulación satelital (Comisión Federal de Comunicaciones, 2025)

Respecto de los límites de exposición a RF (Radiofrecuencia) se considera la presente normativa, el titulo 47 del Código de Regulaciones Federales, sección 1.1307, inciso (b) especifica lo siguiente, la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC) establece que todos los solicitantes de licencias, modificaciones, renovaciones, autorizaciones de equipos u otras aprobaciones relacionadas con fuentes de radiofrecuencia (RF) deben demostrar el cumplimiento con los límites de exposición humana a RF establecidos son posibles lograrse determinando si califican para una exención, preparando una evaluación de exposición que confirme que no se superan los límites, o presentando una evaluación ambiental (EA) si se espera que se excedan dichos límites. En el caso de fuentes fijas de RF, el cumplimiento también puede lograrse mediante medidas de mitigación especificadas. La FCC puede requerir documentación técnica que demuestre la base de cumplimiento en cualquier momento. (Electronic Code of Federal Regulations, 2026).

Entre las definiciones importantes para comprender correctamente las obligaciones se encuentra la "exposición continua" como aquella que se mantiene de forma indefinida en una ubicación, y se utiliza como base para establecer medidas de mitigación. Las zonas se clasifican en cuatro categorías, la categoría uno implica el cumplimiento total sin mitigación; la categoría dos indica que se supera el límite para la población general pero no el límite ocupacional, la categoría tres implica una exposición superior al límite ocupacional, pero no más de diez veces ese valor y la categoría cuatro se refiere a situaciones donde la exposición supera por más de diez veces el límite ocupacional o representa riesgo de lesiones graves. (Electronic Code of Federal Regulations, 2026).

Respecto a las exenciones, una sola fuente de RF puede estar exenta si la potencia máxima promediada en el tiempo no supera 1 mW. También se permite una exención si la potencia o ERP es menor o igual a un umbral calculado según fórmulas específicas que consideran la frecuencia y distancia de separación. Para múltiples fuentes de RF, se pueden aplicar exenciones si cada una no supera 1 mW y están separadas al menos 2 cm, o si la suma de sus contribuciones no supera los límites establecidos mediante una fórmula de suma fraccionada (Electronic Code of Federal Regulations, 2026).

Tabla 2

Fuentes de RF únicas

Frecuencia de fuente de RF (MHz)	Umbral ERP (vatios)
0,3 – 1,34	$1.920 \times R^2$
1,34 – 30	$3.450 \times R^2 \div f^2$
30 – 300	$3,83 \times R^2$
300 – 1.500	$0,0128 \times R^2 \times f$
1.500 – 100.000	$19,2 \times R^2$

Nota. En la tabla se especifican las fuentes de RF únicas sujetas a evaluación ambiental de rutina. Se toma en cuenta dos variables la frecuencia de operación de la fuente RF (f), expresada en megahercios (MHz) y el umbral de ERP (potencia máxima permitida sin evaluación), expresado en vatios (W), que depende también de la distancia de separación (R) en metros entre la fuente de RF y el cuerpo humano. Obtenido de (Electronic Code of Federal Regulations, 2026).

La FCC establece la tabla anterior considerando que cada vez que un operador o fabricante desea instalar una estación base 5G, de igual manera busque lanzar un dispositivo con dicha tecnología o realizar una modificación de una red para operar en 5G es necesario una demostración del cumplimiento de ciertos límites de exposición a RF.

Para verificar si la potencia radiada efectiva (ERP) del equipo a una distancia determinada del público está por debajo del umbral está excento de evaluación ambiental si está por encima es necesario una evaluación ambiental (EA) de forma detallada. Las redes 5G utilizan principalmente frecuencias en los rangos de 300 MHz a 6 GHz (banda media) y por encima de 24 GHz (mmWave), por lo que es necesario estudios ambientales en el despliegue de 5G (Electronic Code of Federal Regulations, 2026).

2.3.2. UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones)

La UIT es el organismo especializado de las Naciones Unidas para las tecnologías de la información y la comunicación (TICs), encargado de regular las telecomunicaciones a nivel internacional entre los Estados miembros y las empresas operadoras. En el marco de la UIT, los Estados miembros y el sector privado de las telecomunicaciones coordinan el desarrollo y operatividad de las redes y servicios de telecomunicaciones. Es responsable de la regulación y normalización de los servicios de radiocomunicaciones y se encarga de la gestión internacional del espectro de frecuencias radioeléctricas y las órbitas de los satélites (Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), 2024)

Además de fomentar la conectividad transfronteriza, promueve la implementación mundial de 5G como un factor decisivo para alcanzar los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas. Las tecnologías nuevas y emergentes serán fundamentales para construir un futuro inclusivo y sostenible para todas las personas, comunidades y países (International Telecommunication Union (ITU), 2022)

2.3.3 ARCOTEL (Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones)

La Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL) se crea en febrero del año 2015 por medio de la aprobación de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones, la cual se encarga de la administración, regulación y control de las telecomunicaciones y gestión del espectro radioeléctrico, gestión de medios de comunicación social que manejen frecuencias del espectro radioeléctrico.

Es la autoridad reguladora que norma y otorga Títulos Habilitantes conjuntamente con los términos, condiciones, y plazos de los mismos. Adquiere un sistema autónomo eficiente del espectro radioeléctrico para evitar la vulnerabilidad y permitir la obtención de servicios de radiodifusión y televisión gratuita, así también provoca una reducción de emisiones radioeléctricas nocivas que pueden impactar de forma directa (VILLACÍS ALMEIDA, 2023).

2.4. Selección de casos de estudio

Se toma como referencia cuatro casos de estudio de los cuales permiten conocer efectos de la potencia de emisión de la señal 5G, se analiza infraestructura, prácticas dentro del entorno de productividad que presenta dicha tecnología enfocado en la salud.

2.4.1. Efectos adversos para la salud de la tecnología de redes móviles 5G en condiciones reales

El caso de estudio muestra los posibles efectos adversos para la salud de la radiación no ionizante asociada con las tecnologías inalámbricas, enfocándose en la implementación de la tecnología 5G. Resalta las limitaciones de los estudios previos, que no representan adecuadamente las condiciones reales de exposición, incluyendo la falta de consideración de factores como pulsaciones, modulación de señales y efectos sinérgicos con otros estímulos tóxicos.

La tecnología 5G utiliza radiación no ionizante (microondas) que tiene un impacto sobre los tejidos humanos. Aunque no causa daños directos como los rayos X, que son ionizantes, se sabe que la exposición prolongada a radiación no ionizante puede generar efectos biológicos adversos. A pesar de los avances tecnológicos, 5G aún no ha sido sometido a pruebas de seguridad exhaustivas en condiciones reales, lo que genera preocupación sobre los efectos a largo plazo en la salud humana. Muchos estudios realizados hasta la fecha no consideran factores como la modulación de la señal o la interacción de la radiación con otros estímulos tóxicos, tales como productos químicos o biotoxinas, que son comunes en los entornos reales.

Aunque se ha señalado que los efectos de 5G en la piel y los ojos podrían ser preocupantes, también se ha demostrado que la radiación 5G tiene efectos sistémicos, afectando otros sistemas del cuerpo, como el nervioso, el circulatorio, el inmunológico y el endocrino. Esto implica que la exposición a 5G no solo genera efectos superficiales, sino que también puede desencadenar respuestas fisiológicas a nivel del sistema nervioso, el corazón y otros órganos internos.

Existen estudios que han encontrado evidencia de carcinogenicidad, genotoxicidad y enfermedades neurodegenerativas asociadas con la exposición a radiación de generaciones anteriores de redes inalámbricas, como 4G y Wi-Fi. Estos efectos incluyen tumores cerebrales, leucemia y otros tipos de cáncer, daño en el ADN, inhibición de la reparación del ADN, y alteraciones en la estructura del cromosoma. Además, se han observado enfermedades neurodegenerativas como Alzheimer y Esclerosis Lateral Amiotrófica (ELA), así como problemas reproductivos, alteraciones en los resultados del embarazo y efectos en el sistema inmunológico.

La radiación 5G se encuentra en las frecuencias más altas del espectro de microondas, lo que permite velocidades de transmisión de datos más altas, pero también puede aumentar la penetración de la radiación en los tejidos humanos, lo que genera una mayor preocupación sobre sus posibles efectos en la salud. Las frecuencias millimétricas (24 GHz y superiores), utilizadas por 5G, se absorben más intensamente en la piel y los ojos, lo que puede generar efectos térmicos locales. Algunos estudios sugieren que estos efectos podrían extenderse a otros sistemas del cuerpo, como el sistema nervioso y el circulatorio, aumentando así la preocupación por los impactos en la salud a largo plazo (Kostoff et al., 2020).

2.4.2. Mortalidad por neoplasia y estaciones base de telefonía celular en el municipio de Belo Horizonte, estado de Minas Gerais, Brasil

En la actualidad, las estaciones base de telefonía móvil (RBS) se encuentran en ciudades y comunidades de todo el mundo. En Brasil, se estima que el número de usuarios de teléfonos móviles supera los 200 millones y hay más de 5 mil millones de usuarios en todo el mundo. En el municipio de Belo Horizonte, capital del estado de Minas Gerais, hay aproximadamente 1000 estaciones base (BS) con 128,77 accesos de teléfonos móviles por cada 100 habitantes y, en Brasil, hay 49.979 BS.

El estudio sobre la mortalidad por neoplasia y las estaciones base de telefonía celular en Belo Horizonte, Brasil, se centró en varios aspectos técnicos relacionados con la exposición a los campos electromagnéticos (CEM) generados por las estaciones base de telefonía móvil. Uno de los enfoques principales del estudio fue el uso de técnicas de georreferenciación para mapear la ubicación exacta de las estaciones base de telefonía móvil y correlacionarlas con los casos de muertes por neoplasia. Este enfoque permitió identificar las áreas con mayor concentración de estaciones base y su proximidad a las zonas residenciales.

El estudio utilizó tres bases de datos clave: los datos sobre muertes por neoplasia, proporcionados por el Departamento Municipal de Salud, los datos sobre las estaciones base, obtenidos de la Agencia Nacional de Telecomunicaciones (ANATEL), y los datos demográficos y censales proporcionados por el Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE).

En cuanto a los datos de mortalidad por neoplasia, el estudio calculó que la tasa de mortalidad por cáncer en las áreas cercanas a las estaciones base (dentro de un radio de 500 metros) fue de 34,76 muertes por cada 10,000 habitantes, mientras que, en áreas más alejadas, esta tasa disminuyó significativamente, especialmente dentro de un radio de 500 metros.

En cuanto a la normativa de radiación, el estudio señaló que las mediciones de radiación se mantenían por debajo de los límites establecidos por la Ley Federal Brasileña, que sigue las directrices de la ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection).

En conclusión, aunque las mediciones de densidad de potencia y campos eléctricos están por debajo de los límites de seguridad establecidos, el estudio encontró una correlación entre la proximidad a las estaciones base de telefonía móvil y un mayor número de muertes por cáncer. Los resultados del estudio resaltan la importancia de realizar más investigaciones para evaluar los efectos a largo plazo de la radiación de 5G y otros servicios móviles, particularmente en entornos urbanos densamente poblados (Dode et al., 2011)

2.4.3. Percepción de Comunidades Cercanas e Importancia de la Información Sobre Antenas Móviles y Radiación Emitida

El estudio realizado en Piura, Perú, tuvo como objetivo evaluar la radiación emitida por las antenas móviles y analizar la percepción de las comunidades cercanas a éstas. En

cuanto a la exposición a la radiación, durante la investigación se utilizó la fórmula de "Distancias Mínimas hacia Antenas de Estaciones Transmisoras para el cumplimiento de los Límites de Exposición Poblacional" planteadas por el MTC, después de exhaustivas investigaciones acerca de las radiaciones no ionizantes con respecto a la población y tomando en cuenta que la frecuencia máxima de banda de las antenas ubicadas en Piura, oscilan entre 0,1 a 1900 MHz con la distancia mínima de 10 metros requerida para evitar riesgos a la salud.

La distancia mínima es igual a 0.1506 metros y según el artículo 5 del DECRETO SUPREMO N.º 038-2003-MTC, menciona que, la distancia de la antena a todo punto accesible por las personas debe ser menor a 10 metros. La percepción de la comunidad, inicialmente caracterizada por desconocimiento y temor frente a la radiación, mejoró después de recibir información educativa a través de un sistema web. En el pre-test, solo el 34.48% de los encuestados estaba de acuerdo con el impacto social de las antenas, cifra que aumentó al 67.27% tras la retroalimentación.

El estudio determinó que las antenas móviles en Piura no representan un riesgo significativo para la salud de las comunidades cercanas y que la desinformación es un factor clave en la percepción negativa de estas infraestructuras (Cotos Saucedo & Lequernaque Chapilliquen, 2022)

2.4.4. Análisis regulatorio sobre el despliegue de la tecnología móvil 5g en américa y sus impactos en la salud

El objetivo principal de este trabajo es presentar un diagnóstico de la situación actual del continente americano en temas de regulación, despliegue y adopción de tecnologías móviles basándose en la tecnología 5G para posteriormente analizar su impacto en la salud humana, el estudio se desarrolló dividiendo el continente americano en cuatro zonas

principales, Norteamérica, Centroamérica, El Caribe y Suramérica, a partir de este planteamiento se realiza el análisis individual de cada uno de los países, posteriormente se realiza una recopilación de antecedentes a consideración en temas de afectación a la salud de los emisión de campos de radiofrecuencia para finalizar con un análisis de las tendencias que se marcan entre la normativa vigente y la salud (Mayorga Bohórquez, 2020)

Sobre la base de la información obtenida se establece que la variables establecidas como problemática correspondientes a los efectos de la salud en las personas debido a la implementación de 5G y la percepción de las mismas, son indispensables y contraproducentes, ya que en el país no existe un extenso análisis basado en problemáticas en la actualidad las investigaciones previas se realizan considerando un rango de 3 a 2 años atrás, por lo cual es necesario el estudio conforme la tecnología avanza (Mayorga-Bohórquez et al., 2021)

2.4.5. Estado del arte del riesgo que representa para la salud humana la radiación electromagnética de las comunicaciones 5G

Una nueva tecnología de telecomunicaciones permitirá que las personas tengan un mejor acceso a la información con alta velocidad y baja latencia que será de gran beneficio para todos ya que permitirá la implementación de otras tecnologías que aprovechen al máximo 5G, dicha llegada ha traído varios temores entre la población acerca de si habrá algún riesgo para la salud humana. 5G se basa en radiación no ionizante que aparentemente es segura, sin embargo, algunos estudios revelan que sería capaz de generar daños en el organismo mientras que la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer lo clasifica en el grupo 2B posiblemente sea carcinogénico. Dicho estudio deduce que existe un problema el cual es el aumento de temperatura en la piel de los seres humanos (Oliva, 2021).

2.5. Salud

Tanto las telecomunicaciones como los teléfonos celulares utilizan campos electromagnéticos en rango de radiofrecuencia (RF) y existe preocupación por los efectos que podrían ocasionar a la salud, a continuación, se detallan puntos importantes sobre afectaciones de la salud por implementación de 5G.

2.5.1 Causas

En la tecnología 5G, existe la posibilidad de que distintas señales se solapen, su naturaleza dinámica y los efectos de interferencia complejos que pueden generarse, especialmente en zonas urbanas densamente pobladas. Los campos de emisión de la tecnología radioeléctrica 5G son bastante distintos a los de las generaciones anteriores debido a la complejidad de sus transmisiones con formación de haces en ambas direcciones, desde la estación de base al dispositivo móvil y de vuelta. Si bien los campos están muy focalizados por haces, varían rápidamente con el tiempo y el movimiento y, por tanto, son impredecibles, ya que los niveles de la señal y los patrones interactúan como un sistema de circuito cerrado (Belpoggi et al., 2023) . En función de los estudios analizados es posible destacar los siguientes efectos.

2.5.2. Efectos

Entre los efectos que se describen se especifican efectos térmicos, no térmicos, atérmicos, dolores de cabeza, problemas en la piel y enfermedades crónicas.

2.5.2.1 Efectos Térmicos

El efecto térmico ocurre cuando la radiación cuenta con la energía para estimular un incremento de temperatura, también puede producir modificaciones en el metabolismo

cardiovascular, de la función endocrina, del sistema nervioso, entre otras (Vallejo López et al., 2017)

2.5.2.2 Efectos No Térmicos

Los efectos se producen cuando la energía de la onda es insuficiente para elevar la temperatura por encima de las fluctuaciones de temperatura normales del sistema biológico estudiado. Hay evidencias de que exposiciones prolongadas a la baja intensidad son potencialmente nocivas. Algunas de las radiaciones electromagnéticas no producen calentamiento significativo, sino que induce corrientes y campos eléctricos en los tejidos, los cuales se miden en términos de densidad de corriente.

Sin embargo, los campos pulsantes de radiofrecuencia modulados de los teléfonos móviles pueden causar un ligero incremento en los niveles y actividad de la enzima ornitina decarboxilasa ODC por exposición crónica a niveles no térmicos. La ornitina descarboxilasa es un objetivo transcripcional del oncogen Myc y su producción se ve aumentada en una amplia variedad de cánceres.

Algunos de los efectos de ondas electromagnéticas, y de RF, no dependen de un aumento en la temperatura, por ejemplo, en presencia de (Frecuencias Extremadamente Bajas) ELF, se pueden producir efectos en el flujo de ion de calcio celular, actividad de Ornitina Decarboxilasa ODC. Es decir, las diferentes formas de ondas pueden tener efectos diferentes según esto las ELF (Vallejo López et al., 2017)

2.5.2.3 Efectos Atérmicos

Los efectos atérmicos se producen cuando hay energía suficiente para causar un aumento de temperatura corporal, sin que se observen cambios en la temperatura debido al enfriamiento ambiental. A pesar que existe controversia acerca de si las radiofrecuencias y las

microondas afectan a la salud, estudios científicos realizados en humanos y en animales demuestran que este tipo de radiación afecta el estado de salud de las personas expuestas (Vallejo López et al., 2017)

2.5.2.4 Dolores de cabeza

El incremento de temperatura de 1 ºC o más, ciertamente conduce a cambios en el rendimiento de tareas bien aprendidas, memoria, pueden ser afectados para un SAR de cuerpo entero de 2,5 a 8 W/kg, en el origen de un calentamiento de 1 ºC. Se ha observado efectos de corto plazo en los tiempos de reacción, la memoria y la atención en seres humanos con los teléfonos móviles es improbable y es virtualmente imposible que los bajos niveles en la vecindad de estaciones base den lugar a cambios en las funciones cognitivas (Cruz, 2009)

2.5.2.5 Problemas neurológicos

Para las personas que viven cerca de estaciones base de telefonía móvil, se han observado efectos en neurotransmisores, linfocitos de sangre periférica con daño en el ADN, niveles de antioxidantes más bajos, disminución de la secreción salival, síntomas neuro-conductuales adversos y una mayor incidencia de cáncer. Las personas que residen cerca de las estaciones base de teléfonos móviles se han quejado más a menudo de trastornos del sueño, dolores de cabeza, mareos, irritabilidad, dificultades de concentración e hipertensión. Las exposiciones a la radiación de radiofrecuencia estaban todas por debajo de los niveles de referencia establecidas por las autoridades que considera solo los efectos térmicos de la RRF, pero estos daños fueron causados por los efectos no térmicos de esta radiación que son ignorados (Red Universitaria de Ambiente y Salud, 2018)

2.5.2.6 Problemas en la piel

La tecnología 5G implicará un salto en innovación, pero seguirá utilizando las ondas de radio, que siguen siendo no ionizantes. Después de varias décadas de investigación de campos electromagnéticos de radiofrecuencia (RF EMF) sobre numerosos efectos potenciales para la salud, el único efecto comprobado relevante es el calentamiento del tejido expuesto, asegura un documento de la Comisión Internacional sobre Protección Frente a Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP), dependiente de la ONU.

Cuando estas ondas penetran en nuestro cuerpo hacen vibrar las moléculas y así calientan los tejidos. El cuerpo puede acomodarse a un pequeño aumento de calor. Sin embargo, por encima de un determinado nivel, la exposición a RF EMF y el aumento de temperatura que la acompaña pueden provocar efectos graves en la salud, como insolación y quemaduras.

El indicador más sensible que puede ser definido como efecto nocivo para la salud durante la exposición a campos electromagnéticos es el comportamiento que puede ser alterado mucho antes que aparezcan lesiones anatómicas debido a exposiciones fuertes.

2.5.2.7 Enfermedades Crónicas

En el 80% de los estudios, las personas que viven a menos de 500 metros de las estaciones base tuvieron una mayor prevalencia, en particular de síntomas neuro-conductuales adversos y cáncer. En otra revisión de 56 estudios, Levitt y Lai5 encontraron que la exposición de las estaciones base y otros conjuntos de antenas indujeron cambios en los sistemas inmunológicos y reproductivos, roturas de doble cadena de ADN, influencia en el movimiento de calcio en el corazón y mayor proliferación de astrocitomas y células cancerosas en humanos y animales de laboratorio.

Un estudio publicado en 2011, que no llegó a ser incorporado en el análisis de cancerogenicidad que concluyó la Organización Mundial de la Salud ese año, demostró en Brasil que la mortalidad por cáncer era entre 2 y 3 veces mayor en las zonas donde se concentraban más torres de telefonía comparadas con zonas con menos torres en las áreas residenciales. El Programa Nacional de Toxicología del Instituto Nacional de Salud (NIH) de EEUU publicó un estudio a largo plazo (diez años) que mostró aumento en la incidencia de glioma en el cerebro y en el corazón de ratas irradiadas con RRF. Estos hallazgos respaldan los estudios epidemiológicos en humanos sobre el riesgo de tumores cerebrales y fortalecen la asociación entre la radiación de radiofrecuencia y el cáncer (Red Universitaria de Ambiente y Salud, 2018)

2.5.3 Efectos según casos de estudio

En base al primer estudio el cual es realizado en Estados Unidos es posible identificar los siguientes efectos.

Tabla 3

Efectos Adversos para la Salud de la Radiación Inalámbrica en Humanos

Categoría General	Efectos Específicos	Enfermedades Asociadas
Trastornos Metabólicos	Hipoglucemia	Cáncer
Afecciones a la piel	Neoplasia	Cáncer
Inflamación	Anomalías congénitas	Trastornos neurológicos
Apoptosis y Necrosis	Condiciones precancerosas	Enfermedades cardiovasculares

Nota. Esta tabla presenta una visión general de los posibles efectos adversos para la salud asociados a la radiación inalámbrica según la investigación actual

Capítulo III: Caso de Estudio

El presente capítulo se enfoca en analizar la implementación y expansión de la tecnología 5G, abordando el estado actual, planes futuros y la percepción pública aplicando encuestas y entrevistas con la población las mismas que permitirán una recopila datos sobre un panorama de aceptación, dudas y comprensión, proporcionando una visión más humana y social de los cambios tecnológicos a desarrollarse.

3.1. Estado actual de la implementación de 5G en el Ecuador

En la actualidad, las diferentes operadoras de telecomunicaciones, fabricantes de equipos, se encuentran en constantes investigaciones, desarrollo de prototipos y pruebas para el desarrollo de redes 5G considerando objetivos como la disminución del consumo de energía, seguridad en la transmisión de datos y la fabricación de dispositivos que soporten el almacenamiento masivo de los servicios que ofrece 5G y el uso de ondas milimétricas (RioFrío Vaca, 2016).

Para evitar un desfase o retraso referente al diseño o implementación de 5G en el Ecuador uno de los requerimientos es la asignación de nuevos espectros, la cual depende únicamente del Estado como se especifican en los siguientes artículos: Art. 314 de la Constitución de la República del Ecuador regula el despliegue de 5G el cual debe garantizar cobertura nacional, con acceso universal, tarifas justas y calidad, el Art. 2 de la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada define el ámbito técnico de aplicación legal que todo equipo 5G (antenas, radios, estaciones base) debe estar homologado por ARCOTEL. Se debe cumplir con los estándares de 3GPP como una colaboración Internacional de Organizaciones de Desarrollo de Estándares de Telecomunicaciones que desarrolla especificaciones técnicas para redes móviles 2G hasta 5G, Release 15 al 18, y tecnologías como 5G NR (New Radio) es la tecnología de acceso radio donde se pueden utilizar dos arquitecturas, una de ellas es

Stand Alone (SA) y Non-Stand Alone (NSA). SA utiliza una red 5G completa, tanto la RAN (Radio Access Network) como el núcleo, mientras que NSA utiliza la infraestructura 4G existente para parte del núcleo y la RAN 5G. TDD (Time Division Duplex) es un método que divide el espectro en diferentes intervalos de tiempo para la transmisión y recepción, utilizado en 5G NR en ambas arquitecturas SA y NSA, de igual manera mecanismos avanzados Massive MIMO para garantizar eficiencia y rendimiento, en el Art. 13 se establece que el espectro radioeléctrico es un recurso estratégico, cuya titularidad es intransferible y exclusivamente del Estado, técnicamente, el uso del espectro requiere un título habilitante y se recomienda asignar entre 80 y 100 MHz contiguos por operador en la banda de 3.5 GHz, conforme a las directrices de la UIT-R M.1036 y 3GPP. Además, los operadores deben realizar estudios de compatibilidad espectral, cumplir con los límites de exposición establecidos por ICNIRP siendo frecuencias entre 2 y 6 GHz, en la banda de 3.5 GHz, es de 10 W/m² para el público general. Este valor corresponde a una densidad de potencia máxima permitida, medida como promedio durante un período de 6 minutos, y tiene como objetivo garantizar la seguridad frente a la exposición a radiación no ionizante en entornos accesibles al público. Conjuntamente con el Art. 48 de la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada que describe los principios técnicos y operativos, el Estado deberá promover el espectro necesario para que las operadoras trabajen en 5G (Anchundia Morales et al., 2020).

Debido a lo establecido en el artículo 48 de la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada literal e, las operadoras ya sean públicas o privadas no pueden cambiar el uso de los espectros para las cuales fueron asignadas, no se puede dar de baja la tecnología 4G LTE para los usuarios, es decir que 4G y 5G deberán de convivir en la banda ancha establecida para el Ecuador.

Esta demanda en telecomunicaciones, desde el punto de vista normativo, está contemplada en el Plan Nacional de Telecomunicaciones y Tecnología de la Información del Ecuador 2016-2021, el cual tiene como objetivo completar y fomentar el despliegue de infraestructura de telecomunicaciones.

Las normativas establecidas en el Ecuador la comparten varios países de la región tales como Paraguay, Chile, Argentina los cuales ya cuentan con 5G. En las Leyes de Telecomunicaciones, en algunos casos ya expedidos, se actualizó principalmente temas de neutralidad de la red, convergencia, derechos de los abonados, interconexión y temas de competencia de mercado.

Se hace necesario en el Ecuador mejorar eficiencia espectral por lo que se requiere el uso masivo de tecnología MIMO y FD-MIMO (Full Dimension-Multiple Input Multiple Output) para lograr coberturas más grandes y de mayor capacidad. También es importante un mejoramiento en modulación y multiplexación de las ondas de radio.

En relación a este aspecto la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones del Ecuador, funcionan 3 operadoras OTECEL S.A con el nombre comercial MOVISTAR, CONECEL S.A con su nombre comercial CLARO y CNT con su nombre comercial CNT E.P, se señala que es CONECEL el que se encuentra liderando el mercado de las comunicaciones en Ecuador con el 54.33% seguido por OTECEL con el 31.05% y en tercer lugar CNT con el 14.62 % entidades clave para el despliegue de 5G (Anchundia Morales et al., 2020).

3.1.1. Ciudades con presencia de cobertura 5G

Quito, la capital de Ecuador, ha sido una de las primeras ciudades en las que se han realizado pruebas piloto de la tecnología 5G. En 2019, Movistar llevó a cabo demostraciones públicas en Quito, mostrando aplicaciones avanzadas como realidad virtual y aumentada.

Con las pruebas realizadas se buscaba validar la viabilidad técnica de la tecnología y mostrar el potencial para transformar diversos sectores, desde el entretenimiento hasta la salud y la educación. Claro, otro operador importante en el país, también realizó demostraciones en la capital, reafirmando el interés de los principales actores del mercado por impulsar el 5G en Ecuador. No obstante, la cobertura comercial de 5G en Quito todavía se encuentra en una etapa inicial y no está disponible para el público general, permaneciendo principalmente en fase de prueba y evaluación (Consorcio Ecuatoriano de Telecomunicaciones S.A. CONECEL, 2019)

Guayaquil, el principal puerto y la ciudad más poblada de Ecuador, ha tenido un rol destacado en el despliegue de 5G. En 2019, Claro comenzó con pruebas experimentales de 5G, enfocándose también en aplicaciones avanzadas y demostrando velocidades superiores a las del 4G (Claro, 2019).Posteriormente, la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT), en alianza con Nokia, instaló las primeras estaciones comerciales 5G en Guayaquil, lo que representó un hito importante para la conectividad del país y la puesta en marcha real de esta tecnología. Actualmente, la cobertura 5G en Guayaquil está en proceso de expansión y se espera que pronto pueda estar disponible para usuarios residenciales y empresariales, lo cual impulsará sectores estratégicos como la industria, comercio y servicios (Barton, 2021).

Cuenca, la tercera ciudad más importante de Ecuador y un centro cultural y económico del sur del país, (CNT) ha realizado pruebas piloto de 5G en Cuenca. En abril de 2021, la CNT organizó un evento en Guayaquil donde presentó casos de uso de la tecnología 5G, como videollamadas de alta calidad, descargas rápidas de contenido y aplicaciones de realidad virtual. Estas pruebas demostraron velocidades de conexión de hasta 930 Mbps y una latencia de 1 milisegundo, destacando el potencial de la 5G para aplicaciones avanzadas en

sectores como salud, educación y entretenimiento. Existen planes de inversión y despliegue nacional de 5G, incluyendo Cuenca en futuras fases de expansión (El Comercio, 2019).

3.2. Proyectos y planes de expansión de la red 5G

A mediados de 2019, Ecuador implementó el programa Ecuador Digital cuya propuesta tiene tres programas de acción: **Ecuador Conectado** (erradicar la brecha digital y potenciar el desarrollo tecnológico del país, a través del despliegue masivo de infraestructura de telecomunicaciones), **Ecuador Eficiente y Ciberseguro** (que los ciudadanos ahorren tiempo y dinero con trámites en línea, y a la vez mantener sus datos seguros) y **Ecuador Innovador** (promover la innovación de la industria, gracias al uso de las TIC). El despliegue de 5G planificado para 2021 es parte integral de Ecuador Conectado con el fin de impulsar tecnologías emergentes como IoT y Big Data. Los objetivos son, masificar la penetración de los servicios móviles de tecnología 4G y el despliegue de la tecnología 5G, ofrecer servicios tales como Infocentro, puntos WiFi gratuitos y redes comunitarias, y reducir los aranceles a la tecnología. Se evidencia que Ecuador posee una clara comunicación sobre 5G (Ecuador Conectado) alineando su planificación a la estrategia país, llamada Ecuador Digital (San Martin, 2020).

Lo que también se evidencia es la falta de seguimiento de actividades en conjunto (gobierno-privados) que la sociedad pueda entender, comentar o ver de qué manera les beneficia a ellos o a la sociedad ecuatoriana. También se recomienda crear grupos de trabajo, que se realicen consultas a la comunidad tecnológica de Ecuador y que luego se defina una postura clara sobre la gestión de espectro hacia las industrias, por ejemplo, cómo 5G puede ayudar a potenciar la industria pesquera/camarones, entre otros grupos que se podrían predefinir u obtener interés por medio de consultas públicas.

Un claro Plan 5G para Ecuador, en forma centralizada comunicar y consolidar los esfuerzos público y privados (como parte de la ejecución de Ecuador Conectado). Esto debe incluir un contexto que le otorgue relevancia y sea entendido por todos, un Plan de Ejecución y objetivos muy claros hacia la agenda digital e Industrias 4.0 (San Martin, 2020).

La estructura del Plan 5G para Ecuador deberá considerar la interacción y potenciamiento continuo de:

- Políticas públicas: abrir espectro y subsidios focalizados
- Sustentabilidad: que genere impacto a la sociedad hacia lo ODS de la ONU
- Empleabilidad: nuevas competencias, nuevas mallas curriculares Impacto en la productividad por el uso de la tecnología en Ecuador – octubre 2020 Página 61 de 66
- Asociaciones gremiales e industriales.
- Gobierno e interacción de sus Ministerios.
- Empresas locales de relevancia en tamaño e impacto económico.
- Embajadas: representaciones e intercambios con países de OECD.
- Academia: adaptar continuamente la malla curricular y desafiar la innovación como motor de desarrollo, crear centros de excelencia 5G.

En la figura 2 se establecen los puntos relevantes que debe considerarse para estimular el despliegue de 5G.

Figura 2

Puntos relevantes a considerar para el despliegue 5G



Nota. La imagen muestra una serie de recomendaciones o estrategias para facilitar el despliegue de redes 5G (San Martin, 2020).

Considerando la dimensión geopolítica de Ecuador, es necesario segmentar el despliegue de 5G: inversión privada (zonas urbanas de alto poder adquisitivo o industrias con gran capital), inversión público-privada (fibra óptica-5G-FWA) e inversión pública (zonas rojas, de bajo poder adquisitivo, rurales).

Al diseñar políticas públicas toma en cuenta puntos clave como la innovación, se debe maximizar el uso del espectro, políticas flexibles, profundizar en ofertas de subsidios y fomento a la creatividad, innovación y desarrollo de nuevos negocios tecnológicos. (San Martin, 2020).

3.3. Percepción pública sobre la tecnología 5G

A posterior se establece el proceso matemático para determinar el valor mínimo de encuestas a ser aplicadas, dicho proceso es realizado tomando como base la fórmula de

Cochran ya que es un estudio basado en encuestas, es decir trabajar con proporciones, ajustándose a variables categóricas como opiniones, percepción, entre otras.

3.3.1. Encuestas y entrevistas con la población

Para la determinación del tamaño de muestra es decir la cantidad de encuestas, se empleó la fórmula de Cochran, la cual permite estimar el número de encuestados considerando un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%.

Como primer punto se calcula el tamaño de muestra para población infinita mediante la expresión siguiente

Ecuación 1

$$n_0 = \frac{Z^2 . p . (1 - p)}{e^2} \quad (1)$$

Donde se considera:

- Z = 1.96 Nivel de confianza deseado (de la distribución normal)
- p = 0.5 proporción esperada
- e = 0.05 margen de error aceptado (en forma decimal)

Ecuación 2

$$n_0 = \frac{(1.96)^2 . (0.5) . (1 - 0.5)}{(0.05)^2} \quad (2)$$

Ecuación 3

$$n_0 = 384.16 \quad (3)$$

Posteriormente, se ajusta considerando una población finita de 120 estudiantes, mediante la siguiente expresión:

Ecuación 4

$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0 - 1}{N}} \quad (4)$$

Ecuación 5

$$n = \frac{384.16}{1 + \frac{384.16 - 1}{1.96}} \quad (5)$$

Ecuación 6

$$n = 92 \quad (6)$$

Por lo tanto, el tamaño de muestra requerido corresponde a 92 estudiantes.

3.3.2. Tabulaciones

A continuación, se presenta las tabulaciones correspondientes a los dos modelos de encuestas basados en percepción y normativa las mismas que fueron aplicadas en diferentes entornos tanto educativos como profesionales.

3.3.2.1 Encuesta de percepción sobre la tecnología 5G

Se inicia con el establecimiento de los datos generales como se evidencia en la tabla 4 a continuación.

Tabla 4

Datos generales de la encuesta sobre percepción 5G

Parámetro	Resultado
Total de encuestados	114

Número de preguntas	11
Criterio de porcentaje	Frecuencia / total de encuestados

Nota. Se presenta el total de encuestados, número de preguntas y el cálculo para obtención del porcentaje.

Se tabula de forma general, según las respuestas obtenidas de las 11 preguntas lo que permite mostrar un valor en porcentaje, el modelo de encuesta se muestra en el anexo 1.

Tabla 5

Tabulación general de la encuesta sobre percepción 5G

Pregunta	Enunciado	Total	Respuesta	Frecuencia	Porcentaje
1	¿Has escuchado hablar de 5G?	114	Si	114	100,0%
2	¿Qué entiendes por “5G”? (marcar solo una)	114	Una red de internet más rápida	110	96,5%
3	¿Qué tan informado/a te sientes sobre 5G?	114	Algo informado/a	75	65,8%
4	¿Qué entiendes por “microceldas” en el contexto de la tecnología 5G? (elige solo una opción)	114	Pequeñas antenas que mejoran la cobertura en áreas específicas	82	71,9%

5	¿Sabías que la red 5G requiere una mayor cantidad de antenas (microceldas) en comparación con generaciones anteriores como 4G?	114	Si	95	83,3%
6	¿Qué crees que es más seguro para la salud de las personas?	114	Tener muchas antenas pequeñas que usan poca potencia	91	79,8%
7	Sabías que existe un límite de exposición de 10 W por metro cuadrado para proteger a las personas de la radiación no ionizante que emiten las antenas 5G, según normas internacionales. ¿Consideras importante que las autoridades informen y difundan este dato al público?	114	Sí, es importante que todos conozcan ese límite	96	84,2%

8	Diversos estudios han señalado que la radiación no ionizante del 5G no representa un riesgo directo para la salud. Sin embargo, algunas investigaciones mencionan posibles efectos adversos ante exposiciones prolongadas. ¿Cuáles de los siguientes efectos has escuchado o consideras posibles? (puedes marcar más de una opción)	114	Problemas neurológicos	59	51,8%
9	¿Tienes alguna preocupación sobre el 5G? (puedes marcar más de una)	114	Posibles efectos en la salud	43	37,7%
10	¿Consideras importante que las autoridades (como ARCOTEL) publiquen información	114	Si	111	97,4%

	sobre, niveles de radiación y límites legales, para proteger la salud de la población?				
11	¿Consideras importante que exista regulación sobre la potencia de emisión de las antenas 5G en zonas residenciales?	114	Si	107	93,9%

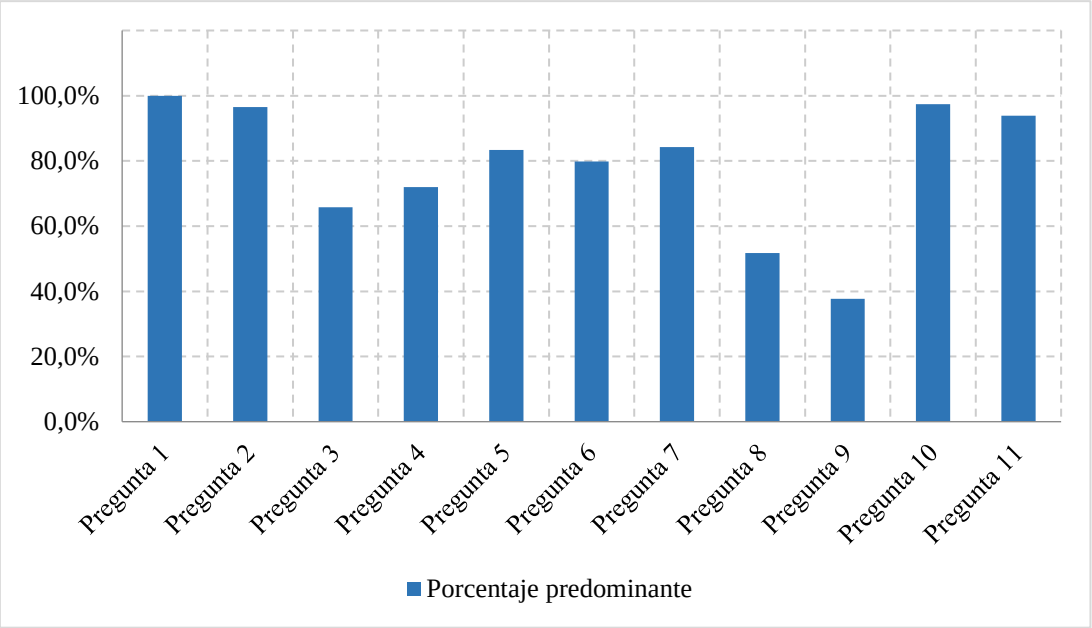
Nota. La tabla presenta el total de encuestados, respuesta predominante por cada pregunta, lo que permite determinar el porcentaje de la misma.

Se propone un diagrama de barras el cual permite visualizar de forma clara las respuestas de cada pregunta.

Figura 3

Porcentaje predominante por pregunta en la encuesta de percepción sobre 5G

Nota. Se muestra el porcentaje predominante obtenido de las preguntas de la encuesta de



percepción sobre 5G

En base a las tabulaciones y respuestas obtenidas se identifica que existe conocimiento sobre la tecnología 5G el cual se asocia principalmente con mayor velocidad de internet identificando una comprensión básica de sus beneficios. Se muestra la necesidad de que las autoridades publiquen información sobre niveles de radiación, límites legales y regulación de antenas, aunque todavía existen preocupaciones sobre posibles efectos en la salud y cierto desconocimiento técnico sobre el funcionamiento real del 5G.

3.3.2.2 Encuesta Técnico-Normativa sobre la Tecnología 5G

En base a la encuesta de percepción se cumple con el proceso de establecimiento de los datos generales.

Tabla 6

Datos generales de la encuesta Técnico-Normativa 5G

Parámetro	Resultado
Total de encuestados	16
Número de preguntas	10
Criterio de porcentaje	Frecuencia / total de encuestados

Nota. Se presenta el total de encuestados, número de preguntas y el cálculo para obtención del porcentaje. El total de encuestados es menor debido a que fue enfocado a profesionales del medio.

En la tabla 7 se establece de forma general las respuestas obtenidas de las 10 preguntas Técnico-Normativa, el modelo de encuesta se muestra en el anexo 1.

Tabla 7

Tabulación general sobre encuesta Técnica-Normativa sobre Tecnología 5G

Pregunta	Enunciado	Total	Respuesta	Frecuencia	Porcentaje
1	Las Entidades Internaciones establecen límites para proteger a la población frente a radiación no ionizante. ¿Conoce alguna normativa internacional que regule	16	Ninguna	8	50,0%

	los niveles de exposición a radiación no ionizante?				
2	ICNIRP establece un límite de 10 W/m² como densidad de potencia máxima permitida para el público general en frecuencias entre 2 y 6 GHz, como la banda de 3.5 GHz usada en 5G. ¿Considera que este valor protege adecuadamente la salud pública?	16	Si	12	75,0%
3	La FCC en EE. UU exige una evaluación ambiental para nuevas estaciones base cuando superan umbrales de potencia según distancia y frecuencia. Este modelo permite categorización por nivel de riesgo. ¿Cree que Ecuador debería establecer un sistema obligatorio de evaluación ambiental para cada nueva	16	Si	11	68,8%

	estación base 5G, como lo hace la FCC?				
4	El estudio realizado Brasil muestra una correlación entre la proximidad a estaciones base y la mortalidad por neoplasias, aunque las emisiones estaban dentro de límites legales (ICNIRP). ¿Cree que debe considerarse la proximidad de antenas a zonas residenciales como un factor de riesgo?	16	Si	13	81,3%
5	En Perú se demostró que el conocimiento de la población sobre antenas móviles mejora significativamente con campañas informativas, reduciendo el temor y aumentando la aceptación. ¿Considera que en Ecuador debe haber mayor difusión pública sobre los riesgos reales y medidas de seguridad del 5G?	16	Si	16	100,0%

6	La FCC permite exenciones a la evaluación ambiental cuando la potencia no supera 1 mW o cuando se cumplen fórmulas específicas por distancia y frecuencia. ¿Considera apropiado aplicar este criterio también en Ecuador?	16	Sí, facilita el despliegue de tecnología segura	10	62,5%
7	Uno de los estudios realizado en Estado Unidos expone que 5G podría afectar múltiples sistemas biológicos (neurológico, inmunológico, endocrino) debido a exposición prolongada en condiciones reales, con modulación de señal y otros factores no siempre medidos. ¿Cree necesario replicar este tipo de estudios sobre efectos reales de 5G en Ecuador?	16	Sí, como evidencia para decisiones normativas	16	100,0%
8	Según casos analizados hay evidencia que un despliegue sin regulación clara puede derivar en	16	Exposición prolongada a radiación	7	43,8%

	problemas técnicos, sociales y de salud. ¿Cuál considera el mayor riesgo asociado a una implementación acelerada de 5G sin control adecuado?		no evaluada		
9	En países estudiados como Brasil, y Perú, las agencias publican mapas de antenas, niveles de radiación y límites legales. En Ecuador, esta información aún no está plenamente disponible al público. ¿Cree que ARCOTEL debería exigir a los operadores publicar información sobre niveles de radiación y ubicación de antenas?	16	Si	12	75,0%
10	Muchos profesionales consideran que las universidades aún no abordan completamente los temas de 5G desde una perspectiva normativa, de salud y técnica. En su experiencia, ¿Las universidades en Ecuador están incluyendo	16	No	7	43,8%

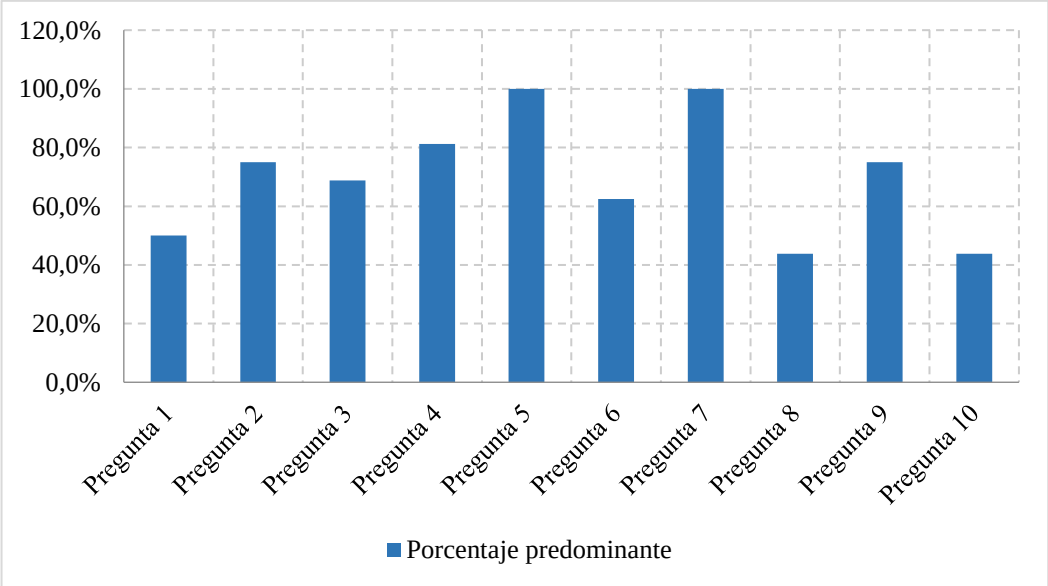
	formación suficiente sobre redes 5G y salud pública

Nota. La tabla presenta el total de encuestados, respuesta predominante por cada pregunta, lo que permite determinar el porcentaje, de la encuesta Técnico-Normativa sobre la tecnología 5G, considerando 10 preguntas.

Por medio del diagrama de barras se conoce de forma clara el porcentaje que corresponde a cada pregunta.

Figura 4

Porcentaje predominante por pregunta en la encuesta técnico-normativa sobre 5G



Nota. Se muestra el porcentaje predominante obtenido de las preguntas de la encuesta Técnico-Normativa sobre la tecnología 5G

La encuesta aplicada permite conocer que existe una clara necesidad de fortalecer la regulación, como también la difusión pública y la investigación local sobre 5G, ya que se evidencia un bajo conocimiento y formación técnica relacionada con salud pública.

3.4.- Estado actual, proyección y percepción

En la presente tabla, se muestra un análisis comparativo del estado actual, proyecciones y percepción sobre la tecnología 5G en el país, se basa en casos internaciones enfocados en tres aspectos como el ámbito técnico, normativo y salud.

Como parte final de la tabla se incluye proyecciones orientadas al desarrollo tecnológico, inversión e infraestructura, perfeccionamiento del marco regulatorio y la reducción de la desinformación, lo que permitirá una implementación eficiente y segura del 5G en el Ecuador.

Tabla 8

Estado actual, proyección y percepción

	Estado Actual	
	Ecuador	Casos internacionales
Técnico	- Bandas en uso: 700 MHz, 1900 MHz, 1700–2100 MHz y 2500 MHz. - Banda 3.5 GHz en proceso de regularización para 5G. - Pruebas piloto desde 2019 con Claro, Movistar y CNT.	- EE. UU.: despliegue masivo de 5G (NSA y SA), uso de espectro alto (>24 GHz). - Brasil: 5G activo en los 5.570 municipios con modelo SA. - Perú: despliegue inicial, Decreto Legislativo habilita 5G, cobertura baja.

	- En 2021 CNT + Nokia desplegaron primeras estaciones comerciales 5G NSA en Guayaquil y Manta; también pruebas en Quito y Cuenca. - Cobertura aún limitada, convive con 4G.	
Normativo	- Regulador: ARCOTEL. - Plan Nacional de Frecuencias 2022 incluyó bandas para 5G: 24–27.5 GHz, 37–43.5 GHz, 47–48 GHz, 66–71 GHz. - Normativa aún general, sin regulación específica de potencia de emisión ni evaluación ambiental obligatoria. - Se aplican lineamientos ICNIRP y UIT.	- FCC (EE. UU.): límites claros de exposición, evaluación ambiental obligatoria según potencia y frecuencia. - ANATEL (Brasil): regula espectro mediante subastas, obliga expansión nacional. - MTC (Perú): asigna espectro, supervisa migración de servicios. - UIT/ICNIRP: lineamientos globales de exposición y bandas.
Salud	- Sin estudios en Ecuador sobre efectos de 5G. - Se aplica límite internacional de 10 W/m² en 3.5 GHz (ICNIRP). - Preocupación pública marcada por desinformación (miedo a radiación, enfermedades, vigilancia).	- Brasil (Belo Horizonte): correlación entre antenas y mayor mortalidad por cáncer, aunque dentro de límites legales. - Perú (Piura): percepción negativa inicial, mejoró con campañas informativas. - EE. UU: efectos neurológicos, inmunológicos y endocrinos en exposiciones prolongadas.

	- OMS/ICNIRP: radiación no ionizante clasificada como “posiblemente carcinogénica” (Grupo 2B).

Proyecciones

Ecuador

Técnico	- Programa Ecuador Digital con eje “Ecuador Conectado”: despliegue masivo de infraestructura, masificación de 4G y despliegue progresivo de 5G. - Ampliación de servicios comunitarios como Infocentros, puntos WiFi gratuitos, redes comunitarias. - Reducción de aranceles para importación de equipos (antenas, fibra, terminales 5G). - Segmentación de inversiones: privadas (zonas urbanas e industrias), público-privadas (fibra óptica - 5G - FWA), y públicas (zonas rurales y vulnerables)
Normativo	- Creación de un Plan Nacional 5G centralizado que articule esfuerzos entre gobierno, operadores y academia. - Inclusión de consultas y participación ciudadana en despliegues de antenas. - Alineación regulatoria con estándares internacionales (UIT, ICNIRP). - Interacción con gremios, empresas locales, ministerios y embajadas de países OCDE
Salud	- Implementar campañas de comunicación científica para contrarrestar la desinformación y temores sobre radiación. - Garantizar transparencia en la difusión de información sobre límites de exposición y seguridad. - Acompañar la expansión con educación pública que fomente la confianza en la tecnología

Nota. El Ecuador ya existe un despliegue con pruebas piloto y cobertura limitada, sin embargo, países como Estados Unidos y Brasil que ya cuentan con la infraestructura, mecanismos de control y normativa 5G.

Capítulo IV: Resultados

En base a la información obtenida de las encuestas aplicadas a estudiantes enfocadas en la percepción y docentes orientadas al análisis técnico y normativo, conjuntamente con el análisis de los diferentes casos de estudio en los que se identifican problemáticas en la salud debido a la falta de control en implementación de la tecnología 5G, así también, el estudio previo que aborda el estado actual del país en relación con su implementación de 5G y las ciudades con presencia de ésta cobertura, es posible desarrollar una hoja de ruta estructurada en tres aspectos principales, salud, normativa e infraestructura.

4.1. Hoja de ruta para la implementación de la tecnología 5G en el Ecuador

A continuación, se especifica las 5 fases que forma parte de la hoja de ruta, la primera fase abarca el diagnóstico y planificación estratégica, seguido de la adecuación regulatoria y legal, posterior la gestión del espectro, la cuarta fase contiene etapas sobre el diseño y despliegue técnico y finalmente la evaluación económica y social.

4.1.1 Fase 1: Diagnóstico y planificación estratégica

La fase de diagnóstico y planificación constituye la base del despliegue de redes 5G, la misma que permitirá evaluar las condiciones iniciales del sistema de telecomunicaciones y definir una estrategia de implementación alineada con la demanda, la infraestructura disponible y los objetivos de desarrollo nacional.

4.1.1.1 Etapa 1. Evaluación del estado actual

Se establece que Ecuador dispone de infraestructura 4G operativa y pruebas iniciales de 5G, lo que permite una transición evolutiva, entre las entidades responsables se encuentran MINTEL, ARCOTEL.

Dicha transición se basa en el concepto de evolución de redes IMT que corresponde al conjunto de estándares definidos a nivel internacional, es un marco establecido por la UIT, dentro del cual 5G puede desplegarse bajo arquitecturas no autónomas (NSA) que reutilizan la infraestructura existente, reduciendo costos y acelerando la implementación como parte del diagnóstico se incluye el análisis de:

- Cobertura actual de la red
- Capacidad de tráfico
- Infraestructura instalada (radio bases, backhaul)
- Disponibilidad de espectro

Esta etapa es relevante ya que las variables antes mencionadas permiten determinar el nivel de preparación de la red para el soporte de requerimientos de 5G fortaleciendo la viabilidad del diagnóstico con entidades como MINTEL y ARCOTEL.

4.1.1.2 Etapa 2. Identificación de demanda tecnológica

La etapa corresponde a la identificación de las necesidades actuales y futuras tanto de los usuarios como del sistema de telecomunicaciones, con el objetivo de determinar los requerimientos de la red 5G en términos de velocidad, latencia y conectividad de forma masiva.

Se establece tres escenarios de uso para 5G los cuales son parte del estándar IMT-2020, entre ellos, eMBB, URLLC y mMTC como base para la implementación cuyas entidades responsables son MINTEL y Operadores.

El primer escenario eMBB (Enhanced Mobile Broadband) está orientado a brindar alta velocidad de transmisión de datos. El escenario URLLC (Ultra-Reliable Low Latency Communications) está enfocado a garantizar comunicaciones con muy baja latencia y con alta confiabilidad. El tercer escenario mMTC (Massive Machine Type Communications) está destinado a soportar una conexión simultánea de una gran cantidad de dispositivos.

Los tres escenarios antes mencionados son definidos por la UIT los cuales cubren de forma integral las variables claves como velocidad, latencia y densidad de conexión. El análisis de demanda considera:

- Crecimiento del consumo de datos móviles
- Necesidad de servicios digitales avanzados
- Proyección de dispositivos conectados

Según la demanda del ecosistema digital se opta por la selección de los escenarios antes mencionados ya que permite diseñar un sistema flexible capaz de adaptarse a diferentes tipos de servicio.

4.1.1.3 Etapa 3. Planificación por zonas geográficas

La etapa define una implementación de forma progresiva en función de la distribución poblacional y las características del entorno, donde se prioriza zonas urbanas de alta densidad extendiendo cobertura hacia áreas rurales, las entidades responsables son MINTEL y GADs.

La planificación se basa en el concepto de diseño multicapa de red, el uso de diferentes bandas de frecuencia permite adaptar el comportamiento de la red donde la

cobertura y la capacidad se optimizan según la densidad poblacional y las características del entorno. Se considera la relación entre densidad de usuarios y demanda de tráfico, las zonas urbanas requieren requiere un incremento de estaciones base a debido al elevado tráfico, mientras que en zonas rurales se prioriza cobertura mediante bandas de menor frecuencia para un mayor alcance, cuyo proceso incluye:

- Identificación de zonas de alta demanda
- Análisis de cobertura existente
- Planificación de expansión progresiva

La etapa es fundamental para garantizar un despliegue equilibrado de la tecnología 5G en función de las características geográficas y de población del país.

4.1.2 Fase 2: Adecuación regulatoria y legal

La adecuación regulatoria y legal es un elemento fundamental para la implementación de redes 5G, ya que garantiza un despliegue tecnológico bajo condiciones de seguridad, eficiencia y cumplimiento normativo, considerando la gestión del espectro radioeléctrico como el límite de exposición a campos electromagnéticos.

La base legal para 5G en Ecuador se sustenta en la Ley Orgánica de Telecomunicaciones, en la cual establece que el espectro radioeléctrico es un recurso estratégico del Estado cuyo uso debe ser eficiente, regulado y controlado, siendo ARCOTEL la entidad responsable de asignar frecuencias, regular servicios y supervisar redes, lo que permite implementar 5G sin necesidad de una nueva ley.

La fase 2 implica un fortalecimiento en normativa respecto de la tecnología 5G es decir lograr un equilibrio entre el desarrollo tecnológico, protección de la salud pública y criterios de instalación de infraestructura.

4.1.2.1 Etapa 4. Marco normativo vigente

Se mantiene la regulación basada en la Ley Orgánica de Telecomunicaciones y normativa CONATEL, bajo supervisión de ARCOTEL.

Se establece que el espectro radioeléctrico es un recurso estratégico del Estado, dicho uso debe de ser eficiente, regulado y controlado facilitando la asignación de frecuencias, otorgamiento de títulos habilitantes y la supervisión de redes, permitiendo la incorporación de nuevas tecnologías como 5G sin requerir una legislación específica, dado que operan sobre bandas ya reguladas.

CONATEL complementa el marco regulatorio ya que regula las radiaciones no ionizantes, estableciendo límites de exposición basados en estándares internacionales y garantizando que las emisiones generadas por estaciones base y dispositivos se mantengan dentro de niveles seguros para la población.

Por lo tanto, permite una implementación progresiva de 5G en Ecuador, asegurando el control técnico, la gestión eficiente del espectro y la protección de los usuarios frente a la exposición electromagnética.

4.1.2.2 Etapa 5. Límites de exposición electromagnética

Los límites de exposición electromagnética son los valores máximos permitidos de energía que puede recibir el cuerpo humado cuando está expuesto a dichos campos, se

establecen en función de la frecuencia, expresados en términos de densidad para que las condiciones de operación sean seguras.

Se adoptan límites de exposición a campos electromagnéticos dependientes de la frecuencia por medio de ARCOTEL, considerando que la interacción entre ondas electromagnéticas y el cuerpo humano depende de la frecuencia.

En este contexto se establecen los valores referenciales de límites de exposición en términos de densidad de potencia definidos por organismos internaciones los cuales son:

- 4.25 W/m² para 850 MHz
- 9.5 W/m² para 1900 MHz

La etapa permite establecer un control técnico y efectivo sobre emisiones electromagnéticas para una protección de la salud pública, lo que contribuye a la generación de confianza y reducir la percepción de riesgo fortaleciendo el desarrollo seguro de redes 5G en el país.

4.1.2.3 Etapa 6. Control mediante SAR

La tasa de absorción especifica (SAR), es el parámetro que mide la cantidad de energía electromagnética absorbida por el cuerpo humano en el uso de dispositivos de telecomunicaciones, permitiendo evaluar el nivel de exposición y la evaluación de seguridad de equipos terminales, para lo cual se establecen valores referenciales como los siguientes.

- 2 W/kg (ICNIRP)
- 1.6 W/kg (FCC)

Estos límites se adoptan para asegurar que el uso de dispositivos no genere efectos adversos en la salud o niveles de exposición perjudiciales.

4.1.2.4 Etapa 7. Evaluación técnica de estaciones base

Dicha etapa corresponde al análisis de las emisiones electromagnéticas que son generadas por sistemas de telecomunicaciones con el objetivo de verificar que los niveles de exposición se encuentren dentro de los limites ya establecidos.

Se fundamenta en la recomendación UIT-T K.52 considerando el parámetro EIRP (Potencia Isotrópica Radiada Equivalente) tomando en cuenta la potencia del transmisor y ganancia de antena de la antena.

El procedimiento estructurado de la recomendación UIT-T K.52 inicia con la identificación de las características del sistema transmisor con parámetros como la potencia de transmisión, ganancia de antena y la frecuencia de operación necesarios para determinar la intensidad del campo electromagnético en el entorno.

El parámetro principal utilizado es la Potencia Isotrópica Radiada Equivalente (EIRP) que representa la potencia efectiva irradiada en la dirección de máxima radiación la cual se obtienen a partir de la combinación de la potencia del transmisor y la ganancia de la antena, utilizado para estimar el nivel de energía que se propaga en el espacio.

A partir de este valor se estima de la densidad de potencia en función de la distancia, considerando modelos de propagación en campo lejano, donde la energía se distribuye sobre una superficie esférica, lo que provoca que la intensidad disminuya al aumentar la distancia desde la fuente emisora.

El procedimiento incluye la determinación de zonas de exposición, clasificadas en tres categorías: zonas de conformidad donde los niveles están por debajo de los límites para el público general, zonas ocupacionales en las que se permiten niveles mayores bajo condiciones controladas y zonas de restricción donde el acceso debe ser limitado debido a

posibles excedencias de los límites establecidos. A posterior se realiza un desglose de los pasos para la evaluación técnica de estaciones base.

- Identificación del sistema transmisor. -Se recopilan datos de potencia, frecuencia, tipo de antena y configuración del sistema
- Cálculo de EIRP. -Se determina la potencia radiada efectiva considerando la ganancia de antena
- Estimación de densidad de potencia. -Se calcula la intensidad del campo electromagnético en función de la distancia
- Comparación con límites normativos. -Se verifica el cumplimiento con valores establecidos por ICNIRP o normativa nacional
- Clasificación de zonas de exposición. -Se definen áreas seguras, ocupacionales y restringidas
- Implementación de medidas de control. -Se aplican acciones correctivas en caso de excedencia de límites

La aplicación de la metodología UIT-T K.52 facilita la integración del análisis teórico con la evaluación práctica, asegurando que las estaciones base operen dentro en condiciones seguras y controladas siendo fundamental para el despliegue confiable de redes 5G.

4.1.2.5 Etapa 8. Ubicación de infraestructura

La ubicación de infraestructura es el proceso de planificación e instalación de las estaciones base según criterios técnicos, urbanos que optimicen la cobertura, capacidad y desempeño de la red.

La reducción de la distancia entre el usuario y la estación base mejora la calidad del enlace al optimizar la relación señal/ruido, también facilita la disminución de la potencia de transmisión tanto del terminal como de la red y contribuye al aumento de eficiencia espectral.

Se promueve la instalación en estructuras elevadas y small cells, evitando restricciones rígidas de distancia entre antenas, ya que estas pueden generar un incremento en la potencia de transmisión de los dispositivos móviles y degradar el desempeño de la red al reducir la densificación necesaria para soportar la demanda de tráfico, siendo las entidades responsables son MINTEL y los GADs.

Por lo cual la etapa contribuye a un despliegue eficiente y adaptable de la infraestructura conforme a los requerimientos técnicos de redes 5G.

4.1.2.6 Etapa 9. Monitoreo de radiaciones

El monitoreo de radiaciones es el proceso de medición y evaluación de los niveles de exposición a campos electromagnéticos en el medio o entorno garantizando condiciones seguras a la población.

Para el monitoreo se mantiene el control mediante el proceso de mediciones periódicas realizadas por ARCOTEL y el Ministerio del Ambiente cuyo proceso se desglosa a continuación.

- **Selección del punto de medición**. -Se identifican zonas representativas donde puede existir mayor exposición, tales como:
    - Áreas cercanas a estaciones base
    - Espacios públicos accesibles
    - Zonas sensibles como escuelas u hospitales

- **Uso de equipos de medición.** -Permiten medir la radiación en múltiples frecuencias, se emplean instrumentos como:
    - Medidores de campo electromagnético de banda ancha
    - Analizadores de espectro con sondas isotrópicas
- **Medición en condiciones reales**. -Las mediciones se realizan con la red en operación normal para obtener valores representativos de exposición, considerando:
    - Tráfico real
    - Variación de potencia
    - Condiciones ambientales
- **Procesamiento de datos**. -Los valores obtenidos se convierten a densidad de potencia y se comparan con los límites normativos establecidos por ICNIRP o la normativa nacional.
- **Evaluación de cumplimiento**. -Se determina según los niveles medidos como los que se especifican a continuación.
    - Están por debajo del límite permitido, condición segura
    - Se acercan al límite, monitoreo continuo
    - Superan el límite, se requieren acciones correctivas
- **Elaboración de informes técnicos**. -Se generan reportes que incluyen datos como ubicación de medición, valores registrados y comparación con la normativa establecida.

La etapa contribuye con el control continuo y monitoreo del cumplimiento de límites de exposición asegurando una operación correcta de las estacione base con condiciones seguras.

4.1.3 Fase 3: Gestión del espectro radioeléctrico

La gestión del espectro radioeléctrico constituye un recurso limitado cuya asignación y uso eficiente determinan directamente la cobertura, capacidad del sistema y la calidad del servicio ofrecido a los usuarios, influyendo en el desempeño global de la red.

En el Ecuador la gestión del espectro debe orientarse a un uso eficiente y estratégico, integrando planificación de bandas, modelos de asignación y mecanismos de inversión, lo para garantizar el despliegue sostenible de redes 5G y su impacto en el desarrollo tecnológico y social del país.

4.1.3.1 Etapa 10. Bandas prioritarias para 5G

Las bandas prioritarias para 5G son rangos específicos del espectro radioeléctrico escogidos para garantizar un funcionamiento eficiente y que a su vez permita cubrir requerimientos de cobertura, capacidad y densidad de los usuarios.

ARCOTEL adopta y adapta bandas definidas a nivel internacional, basadas en lineamientos establecidos por la UIT, ITM-2020, incorporando en el Plan Nacional de Frecuencias para el uso en el país entre las que se detallan las siguientes.

- 700 MHz (cobertura) bandas bajas
- 3.5 GHz (capacidad) bandas medias
- 26 GHz (alta densidad) bandas altas

El enfoque técnico de la etapa 10 se considera adecuado ya que se estructura en función de las características de propagación, tales como bandas para cobertura amplia, bandas medias para un equilibro entre cobertura y capacidad mientras que para alta densidad de usuarios y mejor velocidad están las bandas altas. Por lo tanto, permite un diseño multicapa de red conjuntamente con la optimización de recursos considerando los distintos escenarios de demanda.

4.1.3.2 Etapa 11. Modelo de asignación híbrido

El modelo de asignación hibrido es un esquema de gestión que combina subasta competitiva con asignación directa condicionada para una asignación del espectro de forma transparente.

La etapa se fundamenta según prácticas internacionales en el que países como Estados Unidos, Brasil y Perú utilizan modelos similares, dicho modelo tiene como base los principios de administración del espectro en el cual trata de equilibrar eficiencia económica y rapidez en el despliegue, donde las subastas promueven competencia y transparencia, mientras que la asignación directa permite acelerar la implementación en escenarios o zonas con baja demanda o el interés comercial es limitado.

Por lo tanto, el nivel de asignación hibrido es gestionado a nivel institucional como parte del sistema regulatorio de telecomunicaciones dentro del país (ARCOTEL).

4.1.3.3 Etapa 12. Compromisos de inversión (COI)

Los compromisos de inversión son aquellas obligaciones establecidas que exigen al operador u operadores destinar recursos como al despliegue y expansión de servicios de Telecomunicaciones.

Se establecen compromisos de inversión con los cuales se busca garantizar cobertura en zonas rurales y reducción de brecha digital. Se fundamenta en la necesidad de asegurar el acceso equitativo a servicios de telecomunicaciones considerando que criterios económicos no solo se basa en la asignación de espectro sino a objetivos sociales que están orientados a inclusión digital.

El modelo ya es aplicado a nivel internacional, por lo tanto, los compromisos de inversión si garantizan un despliegue de redes 5G equilibrado en áreas rurales y en áreas urbanas.

4.1.3.4 Etapa 13. Estructura tarifaria del espectro radioeléctrico

La estructura tarifaria del espectro hace referencia al conjunto de costos y condiciones económicas para el uso del espectro radioeléctrico por parte de los operadores en aspectos de inversión y despliegue.

El costo del espectro influye directamente en la capacidad de los operadores para desplegar infraestructura, donde tarifas elevadas pueden limitar la expansión de la red y retrasar la implementación de nuevas tecnologías. Para un despliegue de 5G en el ecuador una estructura tarifaria adecuada debe equilibrar los ingresos del Estado con la inversión en infraestructura.

Los costos deben de ser moderados evitar cargas excesivas que afecten o limiten la capacidad de inversión complementados con compromisos de obligatoriedad de cobertura en distintas zonas. Se debe considerar pagos diferidos para que exista un mayor recurso en el despliegue de estaciones base generando una expansión del servicio.

Bajo el contexto ecuatoriano, la estructura orientada a costos moderados y condiciones flexibles incentiva la inversión en infraestructura y mecanismos de pagos diferidos, lo que permite equilibrar la recaudación con el despliegue eficiente.

4.1.3.5 Etapa 14. Reorganización del espectro

La reorganización del espectro es el proceso de redistribución como también la optimización de bandas de frecuencia que ya existen, con el objetivo de habilitar recursos hacia nuevas tecnologías.

Se implementan técnicas como refarming para liberar bandas clave, mediante la migración de servicios existentes y la optimización del uso del espectro, dicho proceso permite reducir interferencias, mejorar la eficiencia espectral y habilitar bandas de frecuencia estratégicas como necesarias 3.5 GHz importante para el despliegue de 5G.

El refarming permite una reutilización y reorganización del espectro existente para un mejor despliegue y un uso eficiente.

4.1.4 Fase 4: Diseño y despliegue técnico

El diseño y despliegue técnico de redes 5G se fundamenta en los principios de propagación electromagnética, eficiencia espectral y arquitectura de red, considerando que el rendimiento del sistema depende de la interacción entre frecuencia, densidad de infraestructura y demanda de servicios.

Se requiere la integración de arquitecturas avanzadas, tecnologías de alta eficiencia y estrategias de densificación, donde los operadores desempeñan un rol central en la implementación técnica, mientras que el regulador garantiza el cumplimiento de estándares y parámetros de desempeño, permitiendo alcanzar los requerimientos definidos.

4.1.4.1 Etapa 15. Arquitectura de red

La arquitectura de red define la forma en que se organizan e integran los componentes de un sistema de telecomunicaciones, tales como estaciones base, dispositivos, enlaces y núcleo, mediante la cual se implementa y opera la red 5G.

El despliegue se inicia mediante una arquitectura Non-Standalone (NSA) que permite desplegar 5G utilizando la infraestructura 4G existente como soporte, lo que reduce costos y facilita una implementación inicial, posteriormente se proyecta una evolución a la arquitectura Standalone (SA) que incorpore un núcleo de red completamente 5G habilitando funcionalidades avanzadas como baja latencia y segmentación de red.

Dicho enfoque permite que Ecuador adopte una transición gradual con la optimización de recursos avanzando a una red más robusta bajo estándares internacionales.

4.1.4.2 Etapa 16. Escenarios de uso IMT-2020

Se define como escenarios a los tipos de servicios definidos para redes 5G que se establecen en función de la velocidad, latencia y densidad de conexión.

Entre los 3 escenarios principales orientados al diseño y operación se encuentran:

- eMBB (Enhanced Mobile Broadband), Banda ancha móvil mejorada
- URLLC (Ultra-Reliable Low Latency Communications), Comunicaciones ultra confiables y de baja latencia
- mMTC (Massive Machine Type Communications), Comunicaciones masivas tipo máquina.

El escenario eMBB se enfoca en altas velocidades de datos para servicios como video en alta definición o aplicaciones digitales, el escenario URLLC prioriza baja latencia y alta

confiabilidad para aplicaciones críticas como automatización o vehículos conectados, mientras que mMTC permite conectar una gran cantidad de dispositivos como sensores IoT

Los operadores son responsables de implementar estos escenarios dentro de la misma red, adaptando recursos según el tipo de servicio requerido, lo que convierte a 5G en una red flexible capaz de atender diferentes necesidades simultáneamente.

La implementación de los escenarios antes mencionados permite adaptar diferentes tipos de servicios con flexibilidad en operación y optimización de recursos, siendo el resultado de una red versátil.

4.1.4.3 Etapa 17. Parámetros de desempeño

Los parámetros de desempeño corresponden a los valores técnicos definidos para un adecuado nivel de rendimiento de la red.

Los parámetros velocidad de transmisión tanto en enlaces descendentes como ascendentes, baja latencia, alta densidad de conexión, para el soporte de gran cantidad de dispositivos simultáneamente, los valores de referencia según la UIT dentro del marco IMT 2020 son:

- 20 Gbit/s downlink (Velocidad máxima de descarga)
- 10 Gbit/s uplink (Velocidad de subida usuario/red)
- 1 ms latencia (Tiempo mínimo de respuesta)
- 1 millón de dispositivos/km² (Densidad de conexión)

Los parámetros reflejan la capacidad de 5G para soportar demandas actuales y futuras con respuestas rápidas, y conexión masiva.

4.1.4.4 Etapa 18. Densificación de red

La densificación de la red hace referencia al incremento de la cantidad de estaciones base en una determinada área, con el objetivo de mejorar la cobertura, capacidad y rendimiento de los sistemas de comunicaciones.

Debido a la necesidad de aumentar la capacidad del sistema se considera que la reducción de la distancia entre usuario y estación base mejora la calidad del enlace y permite disminuir la potencia de transmisión, por lo que se establecen distancias referenciales que dependen de la banda de frecuencia como se establece a continuación.

- 200 a 500 m en bandas medias
- Menores a 200 m en mmWave

Estos valores no son restrictivos, sino parámetros de diseño, lo que permite adaptar el diseño de la red según condiciones del entorno.

4.1.4.5 Etapa 19. Diseño de estaciones base

El diseño de las estaciones base corresponde a la configuración técnica de cada uno de los equipos de transmisión que son usados en la red cuyos parámetros son la potencia, tipo de antena, y tecnologías empleadas.

En ese contexto, se utilizan potencias entre 2 y 50 W junto con tecnologías como MIMO masivo y beamforming donde el uso de múltiples antenas permite mejorar la eficiencia espectral y dirigir la señal hacia los usuarios, reduciendo interferencias y optimizando el uso del espectro. El beamforming permite concentrar la energía en direcciones específicas, incrementando la calidad del enlace sin necesidad de aumentar la potencia total.

En síntesis, la etapa representa un enfoque optimizado basado en el uso de tecnologías como MIMO masivo y beamforming adaptado a las condiciones del entorno y al nivel desarrollo de la red mejorando el rendimiento.

4.1.4.6 Etapa 20. Eficiencia energética

La eficiencia energética corresponde al uso optimizado de los recursos de energía de la red para reducir el consumo sin alterar el desempeño de todo el sistema.

Se implementan mecanismos de ahorro y control dinámico que ajusta automáticamente la potencia de transmisión según la demanda de tráfico, reduciendo consumo energético y costos operativos.

Se integra técnicas como modos de reposo en estaciones base y optimización del uso del espectro. El uso de small cells permite reducir la potencia de transmisión y acercar la red reduciendo la potencia de transmisión requerida por lo tanto una menor energía total en el sistema.

La etapa es clave ya que garantiza un despliegue sostenible de redes 5G, con bajo costo operativo e impacto energético.

4.1.5 Fase 5: Evaluación económica y social

La evaluación económica y social permite determinar la sostenibilidad del despliegue de redes 5G, considerando que la implementación de esta tecnología implica altos costos de inversión y operación, los cuales deben ser compensados mediante ingresos y beneficios sociales.

El análisis se basa en modelos financieros como CAPEX (inversión inicial), OPEX (costos operativos recurrentes) y ROI (retorno de la inversión), junto con la evaluación del impacto social en términos de conectividad y desarrollo digital.

4.1.5.1 Etapa 21. Inversión en infraestructura

La inversión en infraestructura son los recursos económicos destinados al despliegue de elementos o componentes necesarios para el funcionamiento de la red.

Se consideran costos de estaciones base, espectro, backhaul y equipamiento tecnológico donde el despliegue de 5G requiere una alta densificación, lo que incrementa el CAPEX es decir la inversión inicial en infraestructura, especialmente en entornos urbanos donde se despliegan small cells y enlaces de backhaul de alta capacidad.

La etapa es indispensable ya que determina la capacidad de expansión de la red y el rendimiento en lugares de alta demanda, mediante el indicador se evalúa la inversión de la infraestructura necesaria para el despliegue de 5G.

4.1.5.2 Etapa 22. Costos operativos

Como parte de los costos operativos se asocia los gastos de funcionamiento, mantenimiento y gestión de forma continua.

Los costos operativos comprenden el consumo de energía, mantenimiento y gestión de red donde el análisis del OPEX está influenciado por factores como el consumo energético de las estaciones base, complejidad de la red y los requerimientos de mantenimiento, siendo la eficiencia energética un factor clave para reducir estos costos.

La gestión correcta de los costos operativos garantiza la sostenibilidad de la red 5G mejorando así el sistema y sea rentable a largo plazo.

4.1.5.3 Etapa 23. Retorno de inversión (ROI)

ROI o retorno de inversión es el indicador financiero que evalúa la rentabilidad de la inversión, considerando los beneficios obtenidos relacionando con los costos asociados.

Se fundamenta en la generación de nuevos servicios y crecimiento de demanda. El retorno de inversión en 5G no depende únicamente del aumento de velocidad, sino de la habilitación de nuevos modelos de negocio como Internet de las Cosas para conectar dispositivos, ciudades inteligentes para la gestión de recursos urbanos y acceso inalámbrico fijo.

Por lo tanto, el retorno de inversión no se limita a solo mejorar la velocidad, sino que depende de la capacidad de la red para habilitar nuevos servicios, optimizar costos y obtener nuevos ingresos, lo que permite justificar la inversión en infraestructura con nuevas fuentes de ingreso.

4.1.5.4 Etapa 24. Impacto del espectro

El impacto del espectro es la influencia de las condiciones económicas y regulatorias del mismo sobre el desarrollo y expansión de las redes.

Se reconoce que tarifas elevadas afectan la expansión, el costo del espectro influye directamente en la inversión en infraestructura, donde un modelo tarifario inadecuado puede limitar el despliegue y retrasar la adopción de nuevas tecnologías. Mientras que modelos mas flexibles en los cuales se priorizan la inversión y expansión logran un desarrollo eficiente y una mayor cobertura.

Un esquema tarifario incorrecto afecta negativamente el despliegue 5G, por lo que se recomienda establecer condiciones económicas favorables en inversión.

4.1.5.6 Etapa 25. Impacto social

El impacto social son los efectos que genera la implementación de 5G en la sociedad, en aspectos como acceso e inclusión digital.

Promueve el cierre de brecha digital y brinda un acceso equitativo, mejorar la conectividad en zonas rurales, facilita el acceso a servicios digitales y contribuye al desarrollo económico, lo que justifica la intervención del Estado en la regulación y planificación del despliegue.

La principal ventaja en el país radica en la inclusión digital lo que resulta como una herramienta clave para el desarrollo social.

4.1.5.7 Etapa 26. Riesgos del despliegue

Los riesgos de despliegue corresponden a factores que puedan afectar la implementación, operación y adopción de dicha tecnología.

Se identifican factores regulatorios, económicos y sociales. Los principales riesgos incluyen altos costos de inversión, regulación restrictiva, baja adopción inicial y percepción social negativa sobre la tecnología.

Respecto a los riesgos, se establecen soluciones como inversión privada, políticas de mitigación flexible, en el ámbito social es necesario campañas de información y transparencia. Por lo que se considera necesario adoptar estrategias basadas en experiencias internaciones para tratar estos factores.

4.1.5.8 Etapa 27. Viabilidad

La viabilidad corresponde a la evaluación integral que permite conocer si es despliegue puede implementarse de manera efectiva considerando características técnicas, optimización regulatoria y económica.

La evaluación económica y social demuestra que el despliegue de 5G en Ecuador es viable desde el punto de vista técnico, pero requiere ajustes en el modelo regulatorio y económico para garantizar su sostenibilidad, donde la coordinación entre entidades públicas y operadores resulta fundamental para maximizar el impacto social y tecnológico.

4.2 Análisis del desarrollo de la hoja de ruta

La hoja de ruta propuesta posee una estructura integral compuesta por los principales componentes para el despliegue de redes 5G basado en aspectos técnicos, regulatorios, económicos y sociales.

Se considera viable debido al uso de una infraestructura existente y adopción de tecnologías avanzadas similar a países estudiados y analizados como Estados Unidos cuyo despliegue es por medio de la arquitectura NSA.

En el ámbito regulatorio el análisis muestra que Ecuador posee una base normativa adecuada sin embargo es necesario optimizar la gestión del espectro, modelos de asignación y estructura tarifaria para incentivar la inversión e incrementar la rapidez de implementación.

Desde el punto de vista económico el CAPEX y OPEX son factores críticos pero debido a la experiencia internacional se muestra que la adopción del modelo hibrido, tarifas flexibles si permiten un retorno de inversión y viabilidad.

En el aspecto social, el principal objetivo es la reducción de la brecha digital y expansión de servicios, asimismo la percepción social respecto a posibles efectos en la salud constituye un factor relevante, por lo que la implementación de normativa conjuntamente con estándares internacionales y la correcta difusión de información permite generar la confianza para el despliegue de 5G.

Finalmente, el análisis comparativo de la presencia de 5G en países como Estados Unidos, Brasil y Perú permiten determinar que el Ecuador se encuentra en una fase inicial, en

la cual el despliegue es viable, pero depende de las estrategias adoptadas para garantizar un desarrollo orientadas al beneficio social, seguro y tecnológico del país. La hoja de ruta estructurada en 5 fases está orientada a la implementación de la nueva tecnología lo que constituye una propuesta técnica de referencia que puede ser adaptada según se considere.

Conclusiones

Por medio de la investigación realizada es posible concluir que existe una falta de consenso científico definitivo, varios estudios indican que la radiación no ionizante usada en 5G no representa un riesgo directo, sin embargo, existen investigaciones que sugieren posibles efectos adversos en la salud, como problemas neurológicos, cáncer, enfermedades crónicas y alteraciones biológicas, especialmente ante exposiciones prolongadas por lo que es necesario contemplar normativas que eviten dichas problemáticas.

El Ecuador se encuentra en una etapa inicial en la implementación de 5G en ciudades como Quito, Guayaquil y Cuenca comprendiendo que cobertura no es masiva y la tecnología convive con 4G, lo cual limita beneficios y desafíos.

Por medio de la encuesta de percepción se identifica que el conocimiento en la población es limitado con nociones generales sobre 5G además de conceptos erróneos y preocupaciones, especialmente relacionadas con efectos en la salud y la privacidad de la información, la desinformación es un factor de riesgo social que puede volverse un obstáculo para su adopción y desarrollo contemplando soluciones como campañas informativas y de educación científica.

Por medio de la encuesta Técnico-Normativa se reconoce que es necesaria un reajuste en la normativa para la implementación de 5G cuyo enfoque corresponde al diagnóstico y planificación estratégica, límites de exposición, despliegue viable de estaciones base, mecanismos de evaluación ambiental, monitoreo de radiaciones, gestión de espectro, costos operativos e impacto social, por lo cual la hoja de ruta propuesta es viable ya que se estructura mediante fases y etapas importantes dentro de la reforma a ser aplicada en todo el país.

Es estudio realizado permite concluir que la potencia de emisión de la señal 5G representa un riesgo para la salud en condiciones no reguladas, como se evidencia en los casos analizados, por lo cual existe la necesidad de un control técnico de parámetros como la EIRP y la densidad de potencia, garantizando que los niveles de exposición se encuentren dentro de los limites seguros en base a normativas y monitoreo continuo. Por lo cual, la hoja de ruta propuesta aporta al ámbito de la salud al establecer fases que incluyen el control técnico, regulatorio y la evaluación de la exposición, lo que contribuye directamente a la mitigación de riesgos permitiendo un despliegue controlado y seguro fortaleciendo la confianza en la implementación del 5G en el Ecuador

Recomendaciones

Fortalecer la regulación técnica y sanitaria actualizando y fortaleciendo límites claros de exposición a la radiación electromagnética de 5G, siguiendo modelos internacionales (como los de la FCC, ICNIRP, UIT), e incluir mecanismos obligatorios de monitoreo y evaluación ambiental para nuevas estaciones base.

Implementar campañas educativas junto con universidades y operadoras, para desmitificar creencias sobre 5G que permitan explicar sus beneficios, riesgos reales y las medidas de control existentes.

Fomentar la investigación nacional y promover estudios a largo plazo sobre la exposición a 5G en entornos ecuatorianos reales es decir establecer investigaciones en zonas con antenas activas, así como efectos en grupos vulnerables (niños, adultos mayores).

Adoptar un plan nacional 5G integral para crear una hoja de ruta que incluya fases de despliegue, financiamiento, coordinación entre sectores público y privado, formación técnica y regulaciones claras. Este plan debe contemplar la equidad en el acceso y el impacto social de la tecnología.

Promover la transparencia y participación ciudadana en espacios de consulta pública antes del despliegue de nuevas antenas o proyectos de red, y facilitar el acceso a los reportes de mediciones de radiación y salud.

Anexos

Anexo 1 Modelos de Encuestas

Encuesta Percepción

Esta encuesta tiene como objetivo evaluar el nivel de conocimiento, percepción y preocupaciones de la población respecto a la tecnología 5G, con especial énfasis en aspectos técnicos como las microceldas, la potencia de emisión y los límites de exposición establecidos por organismos internacionales.

1.-¿Has escuchado hablar de 5G?

- Si
- No

Objetivo de la pregunta: Conocimiento general sobre 5G, Porcentaje de la población que tiene conocimiento básico)

2.-¿Qué entiendes por "5G"? *(marcar solo una)*

- Una red de internet más rápida
- Una tecnología que causa riesgos a la salud
- Otra (especificar): _____

Objetivo de la pregunta: Porcentaje de personas que asocian el 5G con mayor velocidad de internet, versus aquellos que lo ven como una amenaza para la salud. Identificar si existen conceptos erróneos o preocupaciones infundadas.

3.-¿Qué tan informado/a te sientes sobre 5G?

- Muy informado/a
- Algo informado/a

- Poco informado/a
- Nada informado/a

Objetivo de la pregunta: Analizar las posibles brechas de conocimiento

4.- ¿Qué entiendes por "microceldas" en el contexto de la tecnología 5G? *(elige solo una opción)*

- Pequeñas antenas que mejoran la cobertura en áreas específicas
- Dispositivos para vigilar a las personas
- Antenas que aumentan la potencia de radiación en zonas urbanas
- No tengo información suficiente

Objetivo de la pregunta: Evaluar el nivel de comprensión técnica y detectar conceptos erróneos sobre el funcionamiento de las microceldas

5.- ¿Sabías que la red 5G requiere una mayor cantidad de antenas (microceldas) en comparación con generaciones anteriores como 4G?

- Si
- No

Objetivo de la pregunta: Medir el nivel de conocimiento sobre el despliegue físico de la red 5G

6.- ¿Qué crees que es más seguro para la salud de las personas?

- Tener muchas antenas pequeñas que usan poca potencia
- Tener pocas antenas grandes que usan más potencia

Objetivo de la pregunta: Medir percepción sobre densidad de antenas vs. potencia emitida

7.- Sabías que existe un límite de exposición de 10 W por metro cuadrado para proteger a las personas de la radiación no ionizante que emiten las antenas 5G, según normas

internacionales. ¿Consideras importante que las autoridades informen y difundan este dato al público?

- Sí, es importante que todos conozcan ese límite
- No, no lo considero necesario

Objetivo de la pregunta: Permite medir el grado de formación técnica o desinformación en torno a la seguridad del 5G

8.- Diversos estudios han señalado que la radiación no ionizante del 5G no representa un riesgo directo para la salud. Sin embargo, algunas investigaciones mencionan posibles efectos adversos ante exposiciones prolongadas. ¿Cuáles de los siguientes efectos has escuchado o consideras posibles? ***(puedes marcar más de una opción)***

- Problemas neurológicos
- Problemas visuales
- Enfermedades crónicas
- Alteraciones biológicas

Objetivo de la pregunta: Identificar si la población conoce o asocia efectos específicos en la salud con el uso de tecnología 5G, y distinguir entre percepciones informadas, erróneas o desconocimiento.

9.- ¿Tienes alguna preocupación sobre el 5G? ***(puedes marcar más de una)***

- Posibles efectos en la salud
- Control o vigilancia
- Contaminación ambiental
- Ninguna

Objetivo de la pregunta: Identificar si las preocupaciones están basadas en información verificada o si son temores infundados.

10.- ¿Consideras importante que las autoridades (como ARCOTEL) publiquen información sobre, niveles de radiación y límites legales, para proteger la salud de la población?

- Si
- No

Objetivo de la pregunta: Porcentaje de la población que confía en la seguridad del 5G respecto a la salud.

11.- ¿Consideras importante que exista regulación sobre la potencia de emisión de las antenas 5G en zonas residenciales?

- Si
- No

Objetivo de la pregunta: Medir el interés ciudadano en la regulación técnica de la potencia emitida

Encuesta Técnico-Normativa

La presente encuesta tiene como objetivo recopilar opiniones y nivel de conocimiento técnico-normativo de profesionales y personas familiarizadas con la tecnología 5G respecto a su regulación, exposición y percepción de riesgos en la salud pública. A través de preguntas fundamentadas en casos internacionales y normativas como ICNIRP y FCC

1.-Las Entidades Internaciones establecen límites para proteger a la población frente a radiación no ionizante. ¿Conoce alguna normativa internacional que regule los niveles de exposición a radiación no ionizante?

- ICNIRP
- FCC
- Ninguna
- Otra (especificar): _____

Objetivo de la pregunta: Normativas de exposición (ICNIRP – FCC)

2.- ICNIRP establece un límite de 10 W/m² como densidad de potencia máxima permitida para el público general en frecuencias entre 2 y 6 GHz, como la banda de 3.5 GHz usada en 5G. ¿Considera que este valor protege adecuadamente la salud pública?

- Sí
- No

Objetivo de la pregunta: Límite internacional de exposición: 10 W/m²

3.- La FCC en EE.UU exige una evaluación ambiental para nuevas estaciones base cuando superan umbrales de potencia según distancia y frecuencia. Este modelo permite categorización por nivel de riesgo. ¿Cree que Ecuador debería establecer un sistema

obligatorio de evaluación ambiental para cada nueva estación base 5G, como lo hace la FCC?

- Sí
- Solo para áreas densamente pobladas
- No es necesario

Objetivo de la pregunta: Evaluación ambiental – Normativa FCC

4.-El estudio realizado Brasil muestra una correlación entre la proximidad a estaciones base y la mortalidad por neoplasias, aunque las emisiones estaban dentro de límites legales (ICNIRP). ¿Cree que debe considerarse la proximidad de antenas a zonas residenciales como un factor de riesgo?

- Sí
- No

Objetivo de la pregunta: Caso Brasil – Belo Horizonte

5.- En Perú se demostró que el conocimiento de la población sobre antenas móviles mejora significativamente con campañas informativas, reduciendo el temor y aumentando la aceptación. ¿Considera que en Ecuador debe haber mayor difusión pública sobre los riesgos reales y medidas de seguridad del 5G?

- Sí
- No

Objetivo de la pregunta: Caso Piura – Perú

6.- La FCC permite exenciones a la evaluación ambiental cuando la potencia no supera 1 mW o cuando se cumplen fórmulas específicas por distancia y frecuencia. ¿Considera apropiado aplicar este criterio también en Ecuador?

- Sí, facilita el despliegue de tecnología segura
- No, es necesario evaluar todos los casos
- Solo para zonas urbanas

Objetivo de la pregunta: Umbrales de potencia – Exención según la FCC

7. Uno de los estudios realizado en Estado Unidos expone que 5G podría afectar múltiples sistemas biológicos (neurológico, inmunológico, endocrino) debido a exposición prolongada en condiciones reales, con modulación de señal y otros factores no siempre medidos. ¿Cree necesario replicar este tipo de estudios sobre efectos reales de 5G en Ecuador?

- Sí, como evidencia para decisiones normativas
- No, con estudios internacionales es suficiente

Objetivo de la pregunta: Analizar Caso presente en EE.UU.

8.-Según casos analizados hay evidencia que un despliegue sin regulación clara puede derivar en problemas técnicos, sociales y de salud. ¿Cuál considera el mayor riesgo asociado a una implementación acelerada de 5G sin control adecuado?

- Exposición prolongada a radiación no evaluada
- Desinformación pública y rechazo social
- Falta de normativa técnica clara

Objetivo de la pregunta: Riesgos de implementación sin regulación adecuada

9.-En países estudiados como Brasil, y Perú, las agencias publican mapas de antenas, niveles de radiación y límites legales. En Ecuador, esta información aún no está plenamente disponible al público. ¿Cree que ARCOTEL debería exigir a los operadores publicar información sobre niveles de radiación y ubicación de antenas?

- Sí
- No, podría generar pánico innecesario
- Solo si se sobrepasan los límites internacionales

Objetivo de la pregunta: Transparencia regulatoria – ARCOTEL y datos públicos

10.- Muchos profesionales consideran que las universidades aún no abordan completamente los temas de 5G desde una perspectiva normativa, de salud y técnica. En su experiencia, ¿Las universidades en Ecuador están incluyendo formación suficiente sobre redes 5G y salud pública?

- Sí
- No
- Se ha empezado a incluir recientemente

Objetivo de la pregunta: Formación académica técnica en 5G

Anexo 2 Resultados de encuestas

Encuesta de percepción

1.-¿Has escuchado hablar de 5G?

Tabla 9

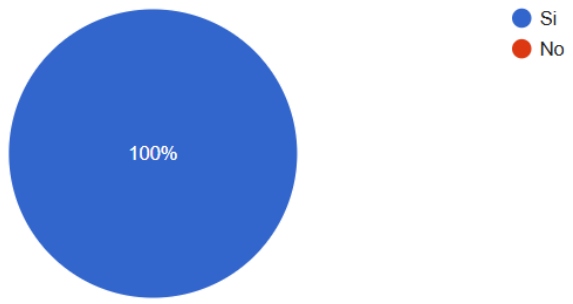
Resultados pregunta 1

Alternativa	Respuesta	Porcentaje
Si	114	100%
No	0	0%

Nota. Los encuestados demostraron un conocimiento sobre 5G

Figura 5

Porcentaje de personas con conocimiento sobre 5G



Nota. El 100 % de personas poseen un conocimiento sobre 5G

Análisis: Se evidencia que la totalidad de los encuestados respondió afirmativamente, registrando 114 respuestas equivalentes al 100%, mientras que la opción negativa no presenta registros, reflejando un 0%. Este resultado indica que el tema es ampliamente reconocido, aunque no necesariamente implica comprensión técnica detallada

2.¿Qué entiendes por "5G"? ***(marcar solo una)***

Tabla 10

Resultados pregunta 2

Alternativa	Respuesta	Porcentaje
Una red de internet más rápida	110	96.5%
Una tecnología que causa riesgos a lasalud	2	1.8%
La quinta generación de redes móviles	1	0.9%
Una tecnología que permite navegarmucho más rápido y aplicar nuevastecnologías	1	0.9%

Nota. La mayoría de los encuestados asocia 5G como una red de internet más rápida.

Figura 6

Porcentaje de personas sobre definición de 5G



Nota. Se evidencia un 96.5% del total de encuestados que identifican como una red de internet más rápida.

Análisis: Se evidencia que la mayoría de los encuestados, con 110 respuestas equivalentes al 96.5%, asocia el 5G principalmente con una red de internet más rápida, lo cual refleja una

comprensión centrada en el incremento de velocidad más que en sus capacidades técnicas completas.

Un porcentaje reducido, correspondiente a 2 personas con 1.8%, considera que el 5G representa una tecnología que causa riesgos a la salud, lo que indica la presencia de percepciones negativas.

Por otro lado, solo una persona en cada caso, equivalente al 0.9%, identifica correctamente el 5G como la quinta generación de redes móviles o como una tecnología que permite no solo mayor velocidad sino también la aplicación de nuevas soluciones tecnológicas, lo que evidencia un bajo nivel de conocimiento.

3.- ¿Qué tan informado/a te sientes sobre 5G?

Tabla 11

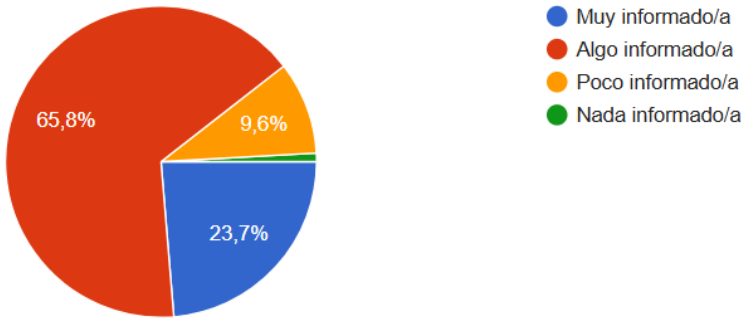
Resultados pregunta 3

Alternativa	Respuesta	Porcentaje
Muy informado/a	27	23.7%
Algo informado/a	75	65.8%
Poco informado/a	11	9.6%
Nada informado/a	1	0.9%

Nota. La mayoría de los encuestados se encuentran algo informados sobre 5G

Figura 7

Porcentaje de encuestados sobre información de 5G



Nota. El 65% de encuestado se encuentra algo informado.

Análisis: Se observa que la mayoría de los encuestados se considera algo informado, con 75 respuestas equivalentes al 65.8%, lo que indica un conocimiento general del tema, aunque no necesariamente profundo.

27 personas con 23.7%, manifiesta estar muy informado, lo que sugiere la existencia de un segmento con mayor nivel de comprensión sobre la tecnología.

Por otro lado, 11 encuestados, equivalentes al 9.6%, indican estar poco informados, mientras que una proporción mínima de 1 persona, con 0.9%, señala no tener ningún conocimiento sobre el tema.

Se evidencia que existe un nivel aceptable de familiaridad con el 5G en la población evaluada, aunque predomina un conocimiento intermedio, lo que sugiere la necesidad de fortalecer la difusión de información técnica para mejorar la comprensión del tema

4.-¿Qué entiendes por "microceldas" en el contexto de la tecnología 5G? *(elige solo una opción)*

Tabla 12

Resultados pregunta 4

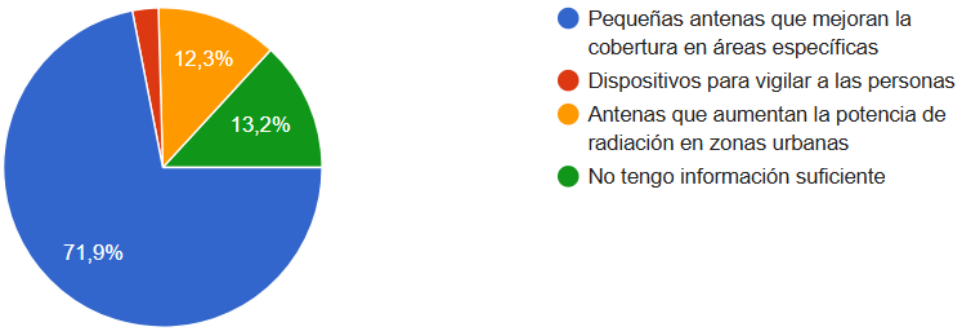
Alternativa	Respuesta	Porcentaje

Pequeñas antenas que mejoran la cobertura en áreas específicas	81	72.9%
Dispositivos para vigilar a las personas	3	2.6%
Antenas que aumentan la potencia de radiación en zonas urbanas	14	12.3%
No tengo información suficiente	15	13.2%

Nota. La mayor parte de encuestados responden a microceldas como pequeñas antenas que mejoran la cobertura en áreas específicas

Figura 8

Porcentaje pregunta 4



Nota. El 71% de encuestados identifican la primera opción como microceldas

Análisis: La imagen muestra que la mayoría de los encuestados, con 72.9%, identifica correctamente las microceldas como pequeñas antenas que mejoran la cobertura, evidenciando una comprensión general adecuada

Un grupo menor presenta percepciones erróneas, asociándolas con aumento de radiación o vigilancia, mientras que un 13.2% indica no tener información suficiente

En síntesis, predomina el conocimiento correcto, aunque aún existen confusiones que requieren mayor información técnica

5.-¿Sabías que la red 5G requiere una mayor cantidad de antenas (microceldas) en comparación con generaciones anteriores como 4G?

Tabla 13

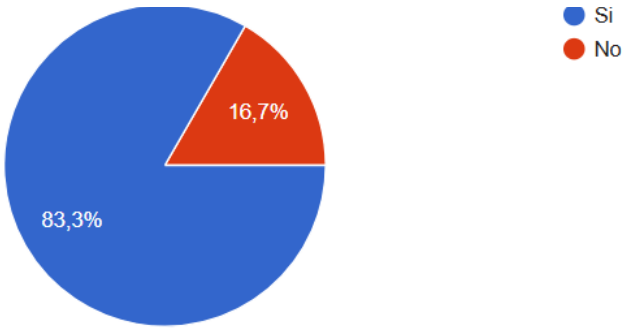
Resultados pregunta 5

Alternativa	Respuesta	Porcentaje
Si	95	83.3%
No	19	16.7%

Nota. La mayor parte de los encuestados comprenden que si se requiere mayor cantidad de antes.

Figura 9

Porcentaje pregunta 5



Nota. El 83,3 % si comprenden que es necesario mayor cantidad de antenas.

Análisis: La mayoría de los encuestados, con 83.3%, reconoce que 5G requiere mayor cantidad de antenas, lo que refleja un buen nivel de comprensión sobre la densificación de la red

Sin embargo, un 16.7% lo desconoce, evidenciando que aún existe un grupo con información limitada sobre este aspecto técnico

En síntesis, predomina el conocimiento correcto, aunque se requiere reforzar la difusión en una parte de la población

6.-¿Qué crees que es más seguro para la salud de las personas?

Tabla 14

Resultados pregunta 6

Alternativa	Respuesta	Porcentaje
Tener muchas antenas pequeñas que usan poca potencia	91	79.8%
Tener pocas antenas grandes que usan más potencia	23	20.2%

Nota. La mayor cantidad de encuestados consideran seguro la mayor cantidad de antenas pequeñas con poca potencia.

Figura 10

Porcentaje pregunta 6



Nota. El 79,8% considera que tener muchas antes pequeñas de baja potencia es más seguro.

Análisis: Se observa que la mayoría de los encuestados, con 79.8%, considera más seguro el uso de muchas antenas pequeñas que operan con baja potencia, lo cual coincide con el enfoque técnico de las redes 5G basado en densificación y reducción de potencia por celda.

Por otro lado, el 20.2% prefiere el uso de pocas antenas grandes con mayor potencia, lo que refleja una percepción menos alineada con los principios de diseño actuales de redes móviles.

En síntesis, existe una percepción mayoritaria que se ajusta al enfoque técnico de 5G, aunque una parte de la población aún mantiene una visión tradicional basada en menor número de antenas y mayor potencia.

7.-Sabías que existe un límite de exposición de 10 W por metro cuadrado para proteger a las personas de la radiación no ionizante que emiten las antenas 5G, según normas internacionales. ¿Consideras importante que las autoridades informen y difundan este dato al público?

Tabla 15

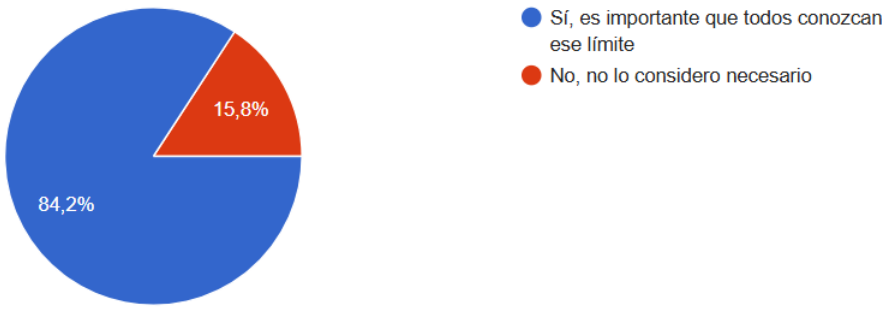
Resultados pregunta 7

Alternativa	Respuesta	Porcentaje
Sí, es importante que todos conozcan ese límite	96	84.2%
No, no lo considero necesario	18	15.8%

Nota. La mayor cantidad de encuestados comprende que si es importante que todos conozcan el límite de protección de las personas de la radiación no ionizante.

Figura 11

Porcentaje pregunta 7



Nota. El 84,2% consideran importante que la información sea publica respecto al límite de exposición.

Análisis: Se observa que la mayoría de los encuestados, con 84.2%, considera importante que las autoridades informen y difundan este tipo de información, lo que evidencia una alta demanda de transparencia y conocimiento en temas relacionados con la seguridad de las redes

5G. Mientras que 15.8% indica que no considera necesario este tipo de difusión, representando una minoría dentro del total.

Por lo cual existe una fuerte percepción de la necesidad de acceso a información técnica sobre radiación, lo que resalta la importancia de estrategias de comunicación por parte de las entidades reguladoras para mejorar la confianza y el conocimiento público sobre el 5G.

8.-Diversos estudios han señalado que la radiación no ionizante del 5G no representa un riesgo directo para la salud. Sin embargo, algunas investigaciones mencionan posibles efectos adversos ante exposiciones prolongadas. ¿Cuáles de los siguientes efectos has escuchado o consideras posibles? *(puedes marcar más de una opción)*

Tabla 16

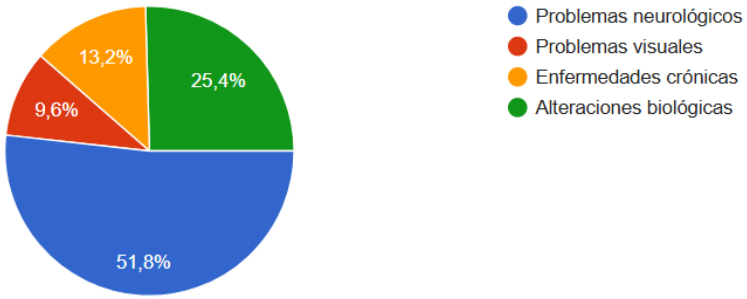
Resultados pregunta 8

Alternativa	Respuesta	Porcentaje
Problemas neurológicos	59	51.8%
Problemas visuales	11	9.6%
Enfermedades crónicas	15	13.2%
Alteraciones biológicas	29	25.4%

Nota. Se considera los problemas neurológicos como el principal efecto en la salud.

Figura 12

Porcentaje pregunta 8



Nota. El 51,8% de encuestados consideran a los problemas neurológicos como efectos principales.

Análisis: La mayoría de los encuestados, con 51.8%, asocia el 5G con problemas neurológicos, seguido de alteraciones biológicas con 25.4%. Las opciones de enfermedades crónicas y problemas visuales presentan menor frecuencia.

Por lo que predomina la percepción de posibles efectos en la salud, lo que evidencia preocupación y necesidad de mayor información técnica.

9.- ¿Tienes alguna preocupación sobre el 5G? *(puedes marcar más de una)*

Tabla 17

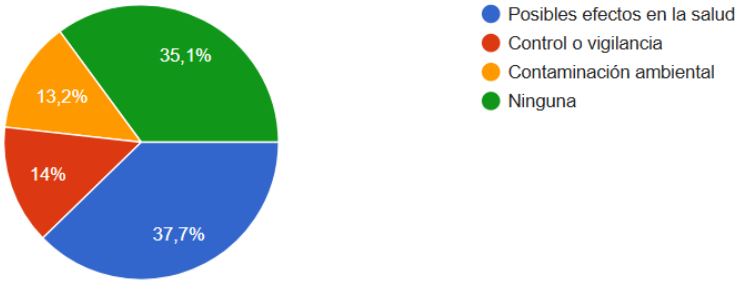
Resultados pregunta 9

Alternativa	Respuesta	Porcentaje
Posibles efectos en la salud	43	37.7%
Control o vigilancia	16	14%
Contaminación ambiental	15	13.2%
Ninguna	40	35.1%

Nota. Si existe una preocupación sobre posibles efectos en la salud además de la contaminación ambiental y la falta de control y vigilancia.

Figura 13

Porcentaje pregunta 9



Nota. El 37,7 % posee inquietud sobre posibles efectos en la salud.

Análisis: La imagen muestra que la principal preocupación sobre el 5G corresponde a posibles efectos en la salud con 37.7%, seguida muy de cerca por quienes no tienen ninguna preocupación con 35.1%. Otras inquietudes como control o vigilancia con 14% y contaminación ambiental con 13.2% presentan menor relevancia

Existe una división entre preocupación por la salud y ausencia de preocupación, lo que refleja percepciones mixtas en la población sobre el 5G

10.-¿Consideras importante que las autoridades (como ARCOTEL) publiquen información sobre, niveles de radiación y límites legales, para proteger la salud de la población?

Tabla 18

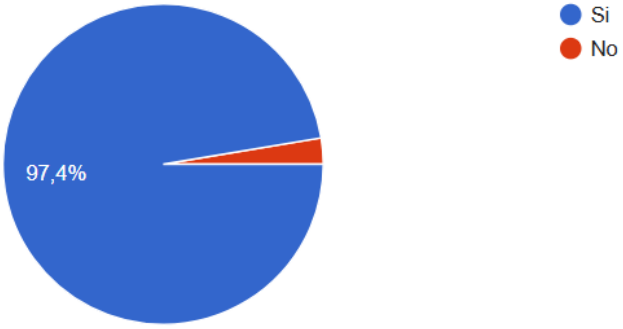
Resultados pregunta 10

Alternativa	Respuesta	Porcentaje
Si	111	97.4%
No	3	2.6%

Nota. Es correcto una publicación sobre niveles de radiación y límites legales para protección de la salud.

Figura 14

Porcentaje pregunta 10



Nota. El 97,4% del total de encuestados si considera necesario la publicación de información.

Análisis: Se observa que el 97.4% de los encuestados considera importante que las autoridades publiquen información sobre niveles de radiación y límites legales, lo que evidencia una alta demanda de transparencia y acceso a información técnica.

11.- ¿Consideras importante que exista regulación sobre la potencia de emisión de las antenas 5G en zonas residenciales?

Tabla 19

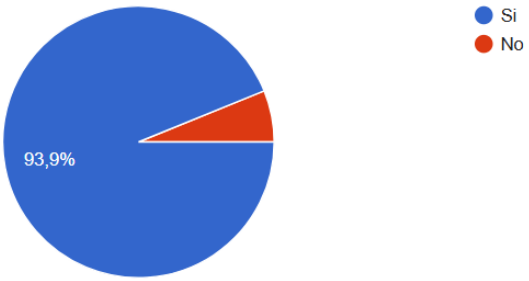
Resultados pregunta 11

Alternativa	Respuesta	Porcentaje
Si	107	93.9%
No	7	6.1%

Nota. Si es necesario que exista una regulación 5G según la cantidad de respuestas mostradas.

Figura 15

Porcentaje pregunta 11



Nota. El 93,9 % considera que si debe existir una regulación sobre la potencia de emisión en zonas residenciales.

Análisis: El 93.9% indica que es importante que exista regulación sobre la potencia de emisión de las antenas en zonas residenciales, reflejando una fuerte preocupación por el control normativo en entornos cercanos a la población

Encuesta de Técnico - Normativa

1.-Las Entidades Internaciones establecen límites para proteger a la población frente a radiación no ionizante. ¿Conoce alguna normativa internacional que regule los niveles de exposición a radiación no ionizante?

Tabla 20

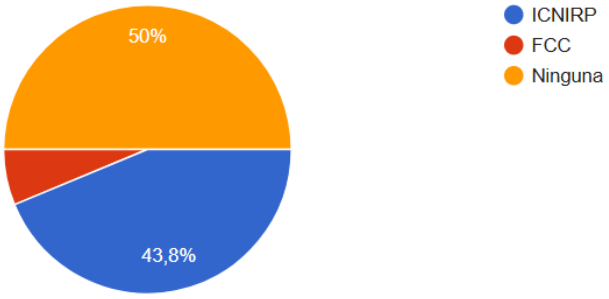
Resultados pregunta 1

Alternativa	Respuesta	Porcentaje
ICNIRP	7	43.8%
FCC	1	6.3%
Ninguna	8	50%

Nota. Los encuestado consideran que no conocen de una normativa que regule los niveles de exposición a radiación no ionizante

Figura 16

Porcentaje pregunta 1



Nota. El 50% de encuestados no conoce de entidades regulatorias.

Análisis: Se observa que el 50% de los encuestados indica no conocer ninguna normativa, lo que evidencia un bajo nivel de conocimiento en este ámbito, el 43.8% reconoce a ICNIRP como referencia, mientras que solo el 6.3% menciona a la FCC

En síntesis, existe una limitada familiaridad con regulaciones internacionales, lo que resalta la necesidad de mayor difusión de información técnica sobre estándares de seguridad en radiación.

2.-ICNIRP establece un límite de 10 W/m² como densidad de potencia máxima permitida para el público general en frecuencias entre 2 y 6 GHz, como la banda de 3.5 GHz usada en 5G. ¿Considera que este valor protege adecuadamente la salud pública?

Tabla 21

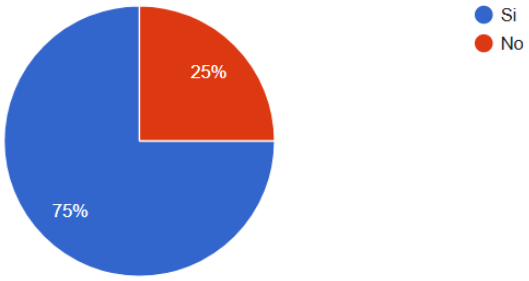
Resultados pregunta 2

Alternativa	Respuesta	Porcentaje
Si	12	75%
No	4	25%

Nota. La mayor cantidad de encuestados consideran que el valor establecido es correcto

Figura 17

Porcentaje pregunta 2



Nota. El 75% de encuestados considera correcto el valor establecido como límite

Análisis: Se observa que el 75% de los encuestados considera que el límite de 10 W/m² protege adecuadamente la salud pública, lo que refleja una aceptación mayoritaria de los estándares internacionales, el 25% indica que no lo considera suficiente, evidenciando la existencia de dudas o desconfianza en una parte de la población

Predomina la confianza en el límite establecido, aunque aún existe un porcentaje relevante que requiere mayor información y validación técnica sobre estos estándares **3.- La FCC en EE. UU exige una evaluación ambiental para nuevas estaciones base cuando superan umbrales de potencia según distancia y frecuencia. Este modelo permite categorización por nivel de riesgo. ¿Cree que Ecuador debería establecer un sistema obligatorio de evaluación ambiental para cada nueva estación base 5G, como lo hace la FCC?**

Tabla 22

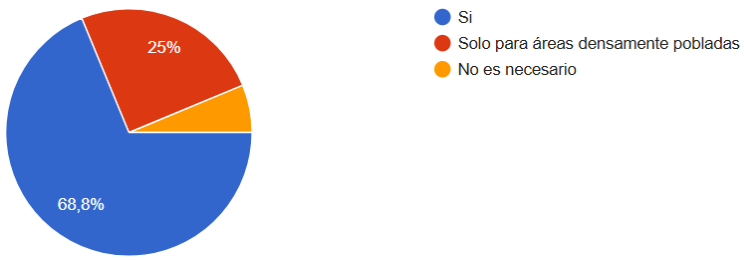
Resultados pregunta 3

Alternativa	Respuesta	Porcentaje
Sí	11	68.8%
Solo para áreas densamente pobladas	4	25%
No es necesario	1	6.3%

Nota. La mayor cantidad de encuestados si aprueba una evaluación ambiental

Figura 18

Porcentaje pregunta 3



Nota. El 68,8% de encuestados está de acuerdo que existe medidas ambientales para la colocación de estaciones base.

Análisis: Se observa que el 68.8% de los encuestados considera que Ecuador debería aplicar obligatoriamente este modelo, lo que evidencia una tendencia favorable hacia una regulación más estricta. Un 25% indica que debería aplicarse únicamente en zonas densamente pobladas, reflejando una postura intermedia basada en criterios de riesgo. Solo el 6.3% considera que no es necesario, lo que representa una minoría. Por lo tanto, existe el apoyo a la implementación de evaluaciones ambientales, lo que refuerza la importancia de incorporar mecanismos regulatorios más rigurosos en el despliegue de 5G en el país

4.- El estudio realizado Brasil muestra una correlación entre la proximidad a estaciones base y la mortalidad por neoplasias, aunque las emisiones estaban dentro de límites legales (ICNIRP). ¿Cree que debe considerarse la proximidad de antenas a zonas residenciales como un factor de riesgo?

Tabla 23

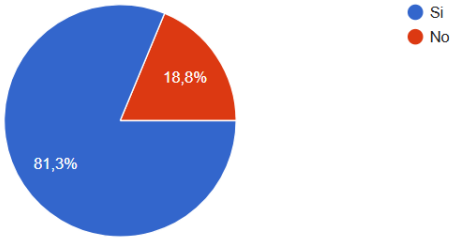
Resultados pregunta 4

Alternativa	Respuesta	Porcentaje
Si	13	81.3%
No	3	18.8%

Nota. Según los resultados si se debe de considerar la proximidad de antenas en zonas residenciales.

Figura 19

Porcentaje pregunta 4



Nota. Según el 81,3% se considera adecuado el análisis dentro de la normativa la proximidad a zonas residenciales.

Análisis: Se observa que el 81.3% de los encuestados considera que la cercanía de estaciones base a zonas residenciales debe ser tomada como un factor de riesgo, lo que evidencia una alta preocupación en la población

5.-En Perú se demostró que el conocimiento de la población sobre antenas móviles mejora significativamente con campañas informativas, reduciendo el temor y aumentando la aceptación. ¿Considera que en Ecuador debe haber mayor difusión pública sobre los riesgos reales y medidas de seguridad del 5G?

Tabla 24

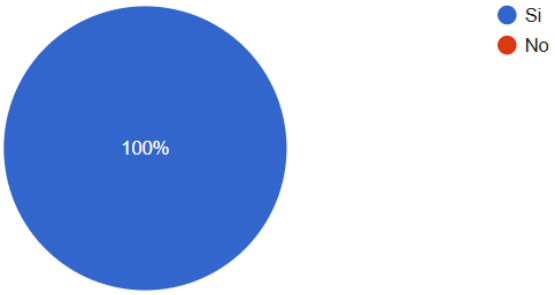
Resultados pregunta 5

Alternativa	Respuesta	Porcentaje
Si	16	100%
No	0	0%

Nota. Si se considera necesario una mayor difusión hacia las personas

Figura 20

Porcentaje pregunta 5



Nota. El 100% de encuestados considera necesario de una difusión pública sobre la percepción pública y seguridad de redes 5G

Análisis: Se observa que el 100% de los encuestados considera necesario implementar campañas informativas, evidenciando un consenso total en la población. En síntesis, existe una clara demanda de información técnica y educativa, lo que resalta la importancia de fortalecer la comunicación pública para mejorar la comprensión y aceptación del 5G.

6.-La FCC permite exenciones a la evaluación ambiental cuando la potencia no supera 1 mW o cuando se cumplen fórmulas específicas por distancia y frecuencia. ¿Considera apropiado aplicar este criterio también en Ecuador?

Tabla 25

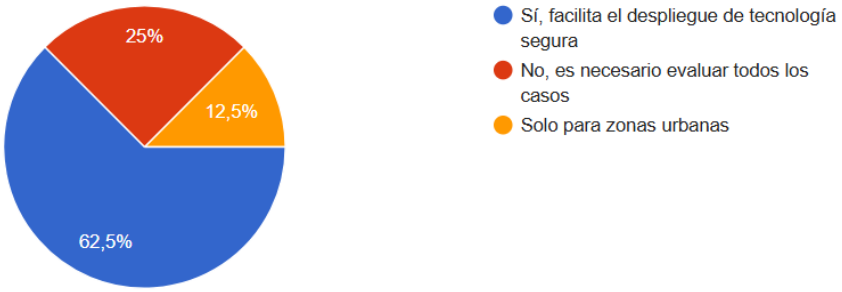
Resultados pregunta 6

Alternativa	Respuesta	Porcentaje
Sí, facilita el despliegue de tecnología segura	10	62.5%
No, es necesario evaluar todos los casos	4	25%
Solo para zonas urbanas	2	12.5%

Nota. Según el número de encuestados se considera apropiado aplicar el criterio mencionado

Figura 21

Porcentaje pregunta 6



Nota. El 62,5 % de los encuestados considera necesario aplicar el criterio ya que facilita el despliegue de una tecnología segura.

Análisis: Se observa que el 62.5% de los encuestados considera adecuado aplicar este criterio en Ecuador, ya que facilitaría el despliegue de tecnología de forma segura. Un 25% indica que es necesario evaluar todos los casos, reflejando una postura más conservadora, mientras que el 12.5% considera que debería aplicarse solo en zonas urbanas.

Existe una aceptación de un modelo flexible de evaluación, aunque una parte de la población aún prioriza un control más estricto en la implementación del 5G

7.-Uno de los estudios realizado en Estado Unidos expone que 5G podría afectar múltiples sistemas biológicos (neurológico, inmunológico, endocrino) debido a exposición prolongada en condiciones reales, con modulación de señal y otros factores no siempre medidos. ¿Cree necesario replicar este tipo de estudios sobre efectos reales de 5G en Ecuador?

Tabla 26

Resultados pregunta 7

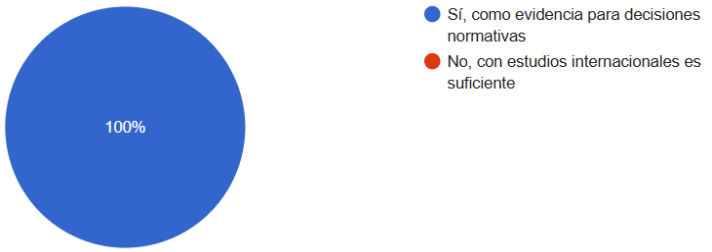
Alternativa	Respuesta	Porcentaje

Sí, como evidencia para decisiones normativas	16	100%
No, con estudios internacionales es suficiente	0	0%

Nota. Se considera necesario realizar estudios en el país para brindar una seguridad al implementar 5G.

Figura 22

Porcentaje pregunta 7



Nota. El 100% de encuestados considera necesarios estudios enfocados a la salud para la toma de decisiones en normativas.

Análisis: Se observa que el 100% de los encuestados considera necesario realizar estudios locales como base para la toma de decisiones normativas, evidenciando un consenso total. Existe una clara preferencia por generar evidencia propia en el contexto nacional, lo que resalta la importancia de investigación local para respaldar la regulación del 5G.

8.-Según casos analizados hay evidencia que un despliegue sin regulación clara puede derivar en problemas técnicos, sociales y de salud. ¿Cuál considera el mayor riesgo asociado a una implementación acelerada de 5G sin control adecuado?

Tabla 27

Resultados pregunta 8

Alternativa	Respuesta	Porcentaje
Exposición prolongada a radiación no evaluada	7	43.8%
Desinformación pública y rechazo social	3	18.8%
Falta de normativa técnica clara	6	37.5%

Nota. Las exposiciones prolongadas a radiación no evaluada se consideran de mayor riesgo en la implementación de 5G.

Figura 23

Porcentaje pregunta 8



Nota. El 43,8% de los encuestados consideran como mayor riesgo la exposición prolongada a radiación no evaluada.

Análisis: Se observa que el 43.8% identifica como mayor riesgo la exposición prolongada a radiación no evaluada, seguido por la falta de normativa técnica clara con 37.5%, mientras que la desinformación pública y rechazo social alcanza el 18.8%.

Por lo cual, si existen las preocupaciones de carácter técnico y regulatorio, evidenciando la importancia de establecer controles y normativas claras para garantizar un despliegue seguro del 5G

9.-En países estudiados como Brasil, y Perú, las agencias publican mapas de antenas, niveles de radiación y límites legales. En Ecuador, esta información aún no está plenamente disponible al público. ¿Cree que ARCOTEL debería exigir a los operadores publicar información sobre niveles de radiación y ubicación de antenas?

Tabla 28

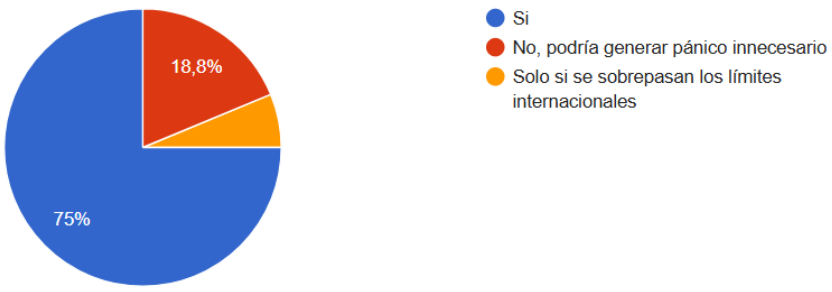
Resultados pregunta 9

Alternativa	Respuesta	Porcentaje
Si	12	75%
No, podría generar pánico innecesario	3	18.8%
Solo si se sobrepasan los límites internacionales	1	6.3%

Nota. Se considera necesario publicar información sobre niveles de radiación por parte de los operadores.

Figura 24

Porcentaje pregunta 9



Nota. El 75% de encuestados si considera tomar medidas y exigencias establecidas por ARCOTEL.

Análisis: Se observa que el 75% de los encuestados considera que ARCOTEL debería exigir la publicación de esta información, lo que evidencia una alta demanda de transparencia y acceso público, mientras que un 18.8% opina que podría generar pánico innecesario y un 6.3% considera que solo debería difundirse en caso de superar los límites internacionales, por lo que en conjunto predomina la necesidad de transparencia, aunque persiste una minoría con preocupación sobre el impacto social de su difusión.

10.- Muchos profesionales consideran que las universidades aún no abordan completamente los temas de 5G desde una perspectiva normativa, de salud y técnica. En su experiencia, ¿Las universidades en Ecuador están incluyendo formación suficiente sobre redes 5G y salud pública?

Tabla 29

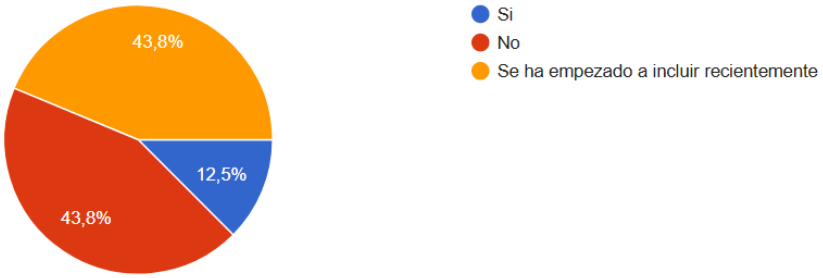
Resultados pregunta 10

Alternativa	Respuesta	Porcentaje
Si	2	12.5%
No	7	43.8%
Se ha empezado a incluir recientemente	7	43.8%

Nota. En base a los encuestados las universidades no incluyen información necesaria, sin embargo, hay inicios de despliegue sobre 5G.

Figura 25

Porcentaje pregunta 10



Nota. El 43.8% de los encuestados no se incluye información suficiente por lo que existe desinformación, 5G se encuentra en la fase inicial en el Ecuador por lo cual se incluye recientemente

Análisis: La mayoría de los encuestados considera que las universidades en Ecuador aún no incluyen de manera suficiente formación sobre 5G y salud pública, ya que el 43.8% indica que no se aborda adecuadamente y otro 43.8% señala que recién se está empezando a incluir, mientras que solo un 12.5% afirma que sí existe formación suficiente, lo que evidencia una necesidad de fortalecer los contenidos académicos en este ámbito

Bibliografía

Agencia Nacional del Espectro ANE. (2022). *Plan Maestro de Gestión de Espectro*.

Anchundia Morales, J. W., Anchundia Morales, J. C., & Chere Quiñonez, B. F. (2020). La tecnología 5G en el Ecuador. Un análisis desde los requerimientos 5G Technology in Ecuador. An analysis from the requirements Technologic 5G Tecnologia 5G no Equador. Uma análise dos requisitos 5G. *Polo Del Conocimiento*, *5*, 805–822. https://doi.org/10.23857/pc.v5i2.1313

Barton, J. (2021, March 21). *Nokia and CNT bring first commercial 5G to Ecuador*. Developing Telecom.

Belpoggi, F., Sgargi, D., & Vornoli, A. (2023). *El impacto de la tecnología 5G en la salud*. https://doi.org/10.2861/266304

Britto, F. (2024, October 14). *Regulación de Anatel y su importancia para Telecom*. SYDLE.

BUENAÑO SILVA, D. P., & TERÁN SUÁREZ, D. A. (2020). *ESTUDIO DE LA INFRAESTRUCTURA Y EL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA 5G EN LAS CIUDADES DE QUITO Y GUAYAQUIL*. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO.

Campos, N. O., & Cavada, J. C. (2021). Análisis para la implementación de la tecnología 5g basados en el modelo GSMA y su interacción con el internet de las cosas en Ecuador. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, (43), 38–54. https://doi.org/10.17013/risti.40.38-54

Claro. (2019, September 12). *Claro inicia pruebas 5G en un ecosistema tecnológico*.

Comisión Federal de Comunicaciones. (2025). *Comisión Federal de Comunicaciones-FCC*.

Consorcio Ecuatoriano de Telecomunicaciones S.A. CONECEL. (2019, September 12). *Claro inicia pruebas 5G en un ecosistema tecnológico*.

Cotos Saucedo, C. A., & Lequernaque Chapilliquen, J. T. (2022). Percepción de Comunidades Cercanas e Importancia de la Información Sobre Antenas Móviles y Radiación Emitida. *CISCI 2022 - Vigesima Primera Conferencia Iberoamericana En Sistemas, Cibernetica e Informatica, Decimo Noveno Simposium Iberoamericano En Educacion, Cibernetica e Informatica - Memorias*, 36–41. https://doi.org/10.54808/CISCI2022.01.36

Cruz Ornetta, V. (2024). *La Telefonía Móvil y su Salud*. https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/communication-5g-europe-action-plan-and-accompanying-

Cruz, V. M. (2009). RIESGO PARA LA SALUD POR RADIACIONES NO IONIZANTES DE LAS REDES DE TELECOMUNICACIONES EN EL PERÚ HEALTH RISK TO NON-IONIZING RADIATION BY THE TELECOMMUNICATIONS NETWORKS IN PERU. *Rev Peru Med Exp Salud Publica*, *26*(1), 94–103.

De León, O. (2023). *Redes 5G en América Latina Desarrollo y potencialidades*. www.issuu.com/publicacionescepal/stacks

Dode, A. C., Leão, M. M. D., Tejo, F. de A. F., Gomes, A. C. R., Dode, D. C., Dode, M. C., Moreira, C. W., Condessa, V. A., Albinatti, C., & Caiaffa, W. T. (2011). Mortality by neoplasia and cellular telephone base stations in the Belo Horizonte municipality, Minas Gerais state, Brazil. *Science of The Total Environment*, *409*.

El Comercio. (2019, July 18). *Ecuador tendrá tecnología móvil 5G en el 2020*.

Elbert, V., Duarte Melo, E., Chong, C. H., & Henderson, J. (2023). *Accelerating the 5G Economy in the US*.

Electronic Code of Federal Regulations. (2026). *Title 47 – Telecommunication*. Electronic Code of Federal Regulations.

Elorduy, P. (2020, January 24). *Organizaciones médicas, ecologistas y científicas reclaman paralizar la instalación del 5G*. Diario El Salto.

European Commission. (2020). *Commission Staff Working Document on a light deployment regime for small-area wireless access points*. https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/communication-5g-europe-action-plan-and-accompanying-

International Telecommunication Union (ITU). (2022). *Adición de una cuarta tecnología de interfaz radioeléctrica a las normas 5G*. International Telecommunication Union.

Isbel. (2023, February 7). *Despliegue de 5G: desafíos para las redes de transporte*.

Kostoff, R. N., Heroux, P., Aschner, M., & Tsatsakis, A. (2020). Adverse health effects of 5G mobile networking technology under real-life conditions. *Toxicology Letters, 323*, 35–40. https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2020.01.020

Mayorga Bohórquez, M. Á. (2020). *ANÁLISIS REGULATORIO SOBRE EL DESPLIEGUE DE LA TECNOLOGÍA MÓVIL 5G EN AMÉRICA*. UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA.

Mayorga-Bohórquez, M. Á., Estupiñán-Cuesta, E. P., & Martínez-Quintero, J. C. (2021). Diagnóstico de la situación actual de la tecnología 5G: Suramérica. *Visión Electrónica, 15*(2), 272–283. https://doi.org/10.14483/22484728.17982

Mendoza Gómez, J. E. (2024). *CIBERSEGURIDAD DEL INTERNET DE LAS COSAS (IoT) EN EL SECTOR DOMÉSTICO Y SU ESTADO ACTUAL EN COLOMBIA*. UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA – UNAD.

Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información. (2024). *Gobierno Ecuatoriano negociará la concesión de bandas de frecuencia para 4G*.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). (2023, September 5). *Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC)*. Gob.Pe.

Oliva, T. B. S. (2021). *ESTADO DEL ARTE DEL RIESGO QUE REPRESENTA PARA LA SALUD HUMANA LA RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA DE LAS COMUNICACIONES 5G*. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.

Quezada, V. (2025, January 6). *5G en Brasil en 2025: Consolidación, desafíos y oportunidades*. ComputerWeekly En Español.

Red Universitaria de Ambiente y Salud. (2018). *Radiación de antenas de telefonía móvil y salud*.

RioFrío Vaca, A. E. (2016). *ANÁLISIS DEL ESTADO DEL ARTE E INNOVACIÓN EN LAS TECNOLOGÍAS DE SISTEMAS DE COMUNICACIONES INALÁMBRICAS 5G*. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO.

Rojas Gómez, K. K., & Peñafiel Ojeda, C. R. (2023). *IMPLEMENTACIÓN DE UNA ANTENA MIMO PARA TELÉFONOS INTELIGENTES A LAS FRECUENCIAS WIFI DE 2.4 GHZ Y 5 GHZ PARA GENERACIÓN DE HACES CONFORMADOS*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO.

San Martin, J. (2020). *Impacto en la productividad por el uso de tecnologías 5G en Ecuador*.

Torres Muñoz, R. (2020). *Tecnología 5G Efectos sobre la Salud Humana Autor Nombre del autor(es)*. http://bcn.cl/2dxip.

Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). (2024). *Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT)*.

Vallejo López, A., Perdomo, T., & Peñafiel Pazmiño, M. (2017). Artículo de Revisiónmagazine_issue/vol-26-1. *Rev. Ecuat. Neurol*, *26*. http://revecuatneurol.com/

VILLACÍS ALMEIDA, V. K. (2023). *TUTORIAL PARA OBTENER EN ECUADOR TÍTULOS HABILITANTES DE REGISTRO PARA PROVEER EL SERVICIO DE TELECOMUNICACIONES MÓVILES POR SATÉLITE*. Escuela Politécnica Nacional.