



DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA AMBIENTAL – MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE

ANÁLISIS GENERAL DE IMPACTO ECONÓMICO Y SOCIAL DEL ANTEPROYECTO DE NORMA DE EMISIÓN DE RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA ASOCIADA A EQUIPOS Y REDES DE TRANSMISIÓN DE SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES

Diciembre 2022

Presentación

El Ministerio del Medio Ambiente (MMA) es el encargado de proponer, facilitar y coordinar el proceso de generación de las normas de emisión, según lo establecen el artículo 40, letra n) de la Ley N° 19.300 Sobre Bases Generales del Medio Ambiente. Corresponde al MMA además, según el párrafo 4° del Reglamento para la Dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión (D.S. N° 38/2012), se debe elaborar un análisis general de impacto económico y social (AGIES) del anteproyecto de norma de emisión, considerando la situación actual y la situación con anteproyecto de norma. En particular, el AGIES debe evaluar los costos y beneficios que implique el cumplimiento del Anteproyecto de norma para la población, los titulares de las fuentes reguladas y para el Estado.

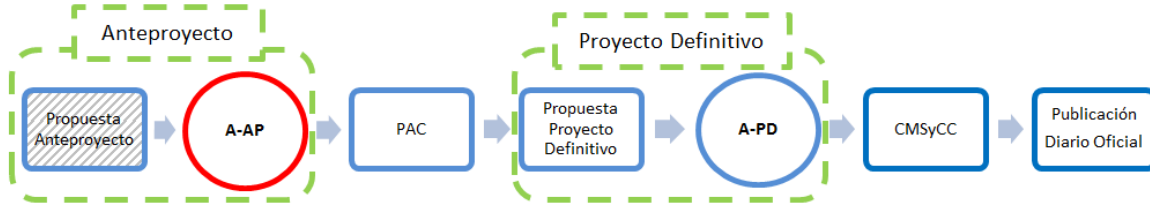
El proceso de elaboración de una Norma de Emisión, desde el desarrollo del Anteproyecto hasta su aprobación, contempla la elaboración de dos documentos:

- AGIES del Anteproyecto (A-AP), para apoyar el proceso de participación ciudadana.
- Actualización de costos y beneficios para el Proyecto Definitivo (A-PD), que corresponde a una actualización de los valores del AGIES del Anteproyecto, según los cambios establecidos después del proceso de participación ciudadana, de tal forma de apoyar al Consejo de Ministros para la Sustentabilidad y Cambio Climático (CMSyCC) en la toma de decisión.

Es importante señalar que estos documentos son un apoyo a la toma de decisión de la autoridad y sirven para nutrir los procesos de Participación Ciudadana, el Consejo Consultivo y el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad y el Cambio Climático, por lo cual no debe ser considerado como el único o definitivo instrumento de evaluación. Tanto el AGIES del Anteproyecto como la actualización de costos y beneficios para el Proyecto Definitivo corresponden solamente a uno de los múltiples antecedentes para la toma de decisión. Otros antecedentes corresponden por ejemplo a antecedentes geográficos y demográficos, datos históricos, situación política y la percepción pública respecto a la contaminación.

El presente documento corresponde al AGIES del borrador de Anteproyecto (A-AP) de la Norma de Emisión para la regulación de la contaminación lumínica; la Figura 1 muestra el proceso de elaboración del DS.

Figura 1: Proceso de elaboración del Decreto Supremo.



Fuente: Elaboración propia

En el presente AGIES, se evalúa el cumplimiento del Anteproyecto de Norma de Emisión de Radiación Electromagnética asociada a equipos y redes de transmisión de servicios de telecomunicaciones. En este análisis, según la información disponible por el MMA al momento de la evaluación, se evalúa el cumplimiento de la regulación y se estiman los costos y beneficios valorizables y/o no valorizables (cualitativos) producto de su implementación. El análisis cuenta con limitaciones de información, no obstante, mediante supuestos indicados en el documento, se estiman los costos y además se identifican beneficios asociados a la regulación.

Resumen

El presente documento muestra los resultados del AGIES del Anteproyecto de Norma de Emisión de Radiación Electromagnética asociada a equipos y redes de transmisión de servicios de telecomunicaciones.

El objetivo de la regulación es controlar las emisiones de radiación electromagnética provenientes de equipos y redes de transmisión de servicios de telecomunicaciones, para proteger la salud de las personas. La norma establece límites máximos de emisión de densidad de potencia de radiación electromagnética asociado a estaciones base de telefonía celular¹. La norma se extiende a todo el territorio nacional, pero establece límites diferenciados entre límite general y límite para áreas sensibles², tales como aquellos en los que se encuentran establecimientos educacionales públicos o privados, salas cuna, jardines infantiles, hospitales, clínicas, consultorios y hogares de ancianos.

El AGIES evalúa los costos y beneficios asociados a estaciones base de telefonía celular para el cumplimiento de la regulación. Los resultados indican lo siguiente:

- Las estaciones base ubicadas en el área general, cumplen con los límites establecidos en la regulación. Esto implica que las fuentes no requieren de adecuación o sustitución de estaciones base de telefonía celular.
- Las estaciones base ubicadas en áreas sensibles no cuentan con información suficiente para evaluar sus costos y beneficios, aunque a través de un ejercicio teórico se estima que las fuentes cumplen con la regulación, a excepción de una sola fuente, la cual aplicaría una adecuación que no involucra costos.
- En razón de lo anterior, al no incurrirse en costos de adecuación o sustitución de las estaciones base para el cumplimiento, no se registran costos en inversión de estaciones base. Si se generan costos de fiscalización correspondientes a costos del estado, las cuales llegan a ser US\$ 23.526 anual.
- La regulación se asocia principalmente a un beneficio no valorizable en la salud humana, y otros beneficios asociados a la disminución de la concentración ambiental de la radiación electromagnética sobre vertebrados, invertebrados y plantas.

Este análisis concluye que la norma es consistente con los compromisos del Ministerio del Medio Ambiente de reducir la contaminación. A continuación, se presentan los principales resultados de la evaluación.

¹ Según Anteproyecto en Art. 4 b) Estación base es el conjunto de elementos utilizados para emitir o recibir señal radioeléctrica. En el contexto de la norma, se refiere a las utilizadas por los servicios de telecomunicaciones de telefonía celular.

² Según Anteproyecto en Art. 4 a) Área sensible corresponde a aquellas zonas donde se encuentren establecimientos educacionales públicos o privados, Salas cuna, jardines infantiles, hospitales, clínicas, consultorios y hogares de ancianos, y otras áreas similares que sean definidas por la Subsecretaría de Telecomunicaciones.

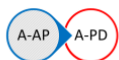
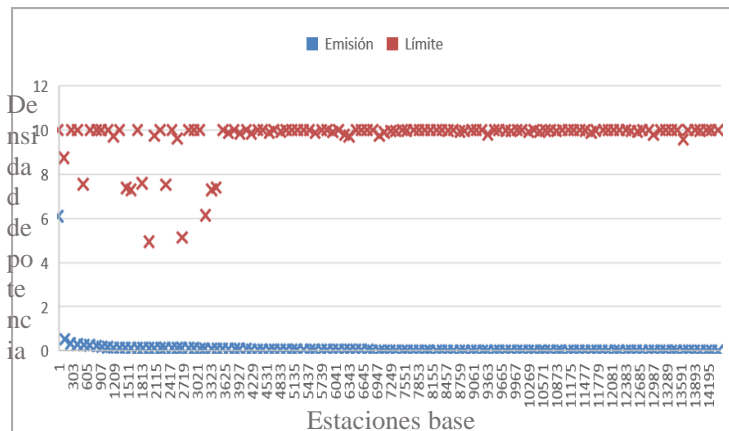


Figura A. Cumplimiento de los límites de emisión de estaciones base en escenario regulatorio.



La Figura A da cuenta del cumplimiento de las Estaciones base de línea base ubicadas en área general, respecto de los límites de emisión definidos en el diseño regulatorio. Las emisiones en densidad de potencia ($\mu W/cm^2$) de cada fuente se encuentra sobre el límite de emisión. Esto implica que ninguna estación base requiere de ser ajustada o sustituida por una Estación Base que cumpla con la regulación.

Tabla A: Costos totales del cumplimiento de límites de emisión de Ondas electromagnéticas respecto de la línea base.

Componente	Valor (USD/año)
Inversión en sustitución de Estación Base	0
Fiscalización	23.525,8
Costo total	23.525,8

La Tabla A muestra los costos totales del cumplimiento del escenario regulatorio respecto de la línea base.

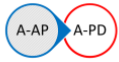
Los costos considerados son los de sustitución de estaciones base por una que cumpla con los límites de emisión, y los costos asociados a la fiscalización de las Estaciones base, que involucra los asociados a las denuncias ciudadanas promedio y las de mediciones para verificar operación en obras de telefonía móvil.

Como consecuencia del cumplimiento de los límites de emisión las Estaciones base de la línea base (Figura A), no se incurre en costos de sustitución de estaciones base. Por otro lado, se incurre en costos asociados a fiscalización para el año de cumplimiento.

Tabla B: Beneficios del cumplimiento del escenario regulatorio.

Beneficios Identificados	
Impactos de las ondas electromagnéticas en la salud	Impactos de las ondas electromagnéticas en los seres vivos

La Tabla B muestra los beneficios asociados al Anteproyecto de norma. Debido a que no existe evidencia contundente para cuantificar y valorar; solo se identifican beneficios potenciales para proteger la salud de las personas. Si bien no hay certeza científica de posibles efectos sobre la salud a largo plazo, se indica cautela y el establecimiento de estándares con márgenes razonables para



Principio precautorio para proteger contra efectos adversos a la salud

el cuidado de la salud de la población expuesta mediante un principio precautorio, aludiendo a la adopción de un enfoque preventivo y proactivo frente a potenciales peligros.

Adicionalmente, se considera que la norma contribuye a la protección de seres vivos.

Tabla de contenido

PRESENTACIÓN	1
RESUMEN	3
1. ANTECEDENTES	7
1.1. RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA ASOCIADA A ESTACIONES BASE DE TELEFONÍA CELULAR	7
1.2. REGULACIÓN A EVALUAR	8
1.3. PRINCIPIO PRECAUTORIO	12
2. METODOLOGÍA AGIES	15
2.1. METODOLOGÍA GENERAL AGIES	15
2.2. METODOLOGÍA ESPECÍFICA AGIES	17
2.2.1. <i>Línea base</i>	18
2.2.1.1. <i>Estaciones base</i>	18
2.2.1.2. <i>Inventario de estaciones base a nivel nacional</i>	18
2.2.2. <i>Límite de emisión de las estaciones base</i>	19
2.2.3. <i>Evaluación del cumplimiento normativo: ajuste o sustitución de estaciones bases</i>	20
2.2.4. <i>Costos</i>	22
2.2.5. <i>Beneficios</i>	24
3. RESULTADOS	25
3.1. LÍNEA BASE DE ESTACIONES BASE	26
3.2. CUMPLIMIENTO DE ESCENARIO REGULATORIO	29
3.3. EJERCICIO TEÓRICO PARA ESTACIONES BASE EN ÁREA SENSIBLE	31
3.4. COSTOS Y BENEFICIOS	34
3.4.1. <i>Costos de inversión</i>	34
3.4.2. <i>Costos de fiscalización</i>	35
3.4.3. BENEFICIOS	35
3.4.3.1. <i>Impactos de la Radiación Electromagnética en la salud</i>	35
3.4.3.2. <i>Impactos de la Radiación Electromagnética en los seres vivos</i>	38
4. CONCLUSIONES	39
5. REFERENCIAS	42

1. Antecedentes

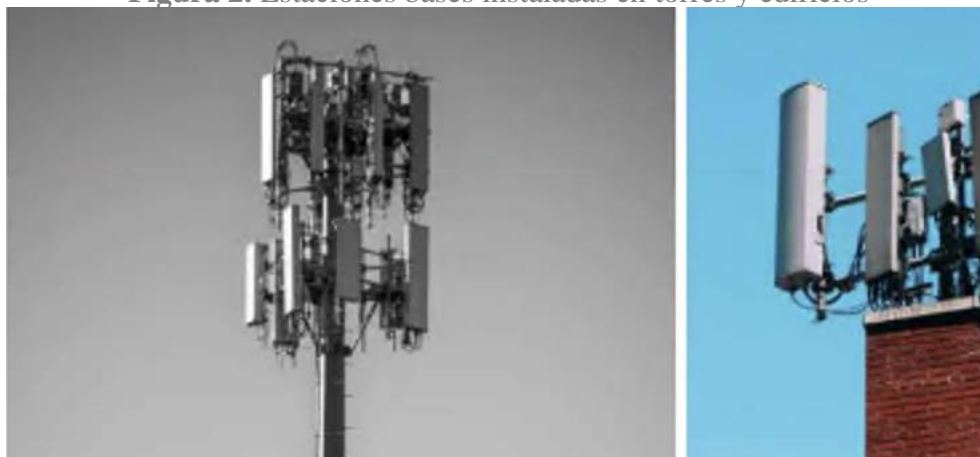
1.1. Radiación Electromagnética asociada a estaciones base de telefonía celular

La radiación electromagnética combina campos eléctricos y magnéticos oscilantes, los cuales al propagarse en el espacio transportan energía (PUCV, 2021). Los campos electromagnéticos (CEM) producen ondas electromagnéticas.

Estación base es el conjunto de elementos utilizados para emitir o recibir señal radioeléctrica³. En los servicios de telecomunicaciones, las estaciones base contemplan antenas. La antena es el dispositivo que emite la radiación de una onda electromagnética al espacio y también captura una onda electromagnética para emplearla en un circuito. Por ende, en un sistema de telecomunicaciones la antena es fundamental, ya que permite transmitir información en forma inalámbrica (PUCV, 2021).

En redes de telecomunicaciones, las antenas más usadas son las antenas macro⁴. Este tipo de antenas se instalan habitualmente en puntos altos, tales como edificios o pilones-torres. Para cada zona de cobertura de las estaciones base, se colocan diferentes antenas, las cuales funcionan con distintas bandas de frecuencias (por ejemplo: 2G, 3G, 4G). En la Figura 2 se observan ejemplos de estaciones base en torres y edificios (PUCV, 2021).

Figura 2. Estaciones bases instaladas en torres y edificios



Fuente: (PUCV, 2021).

La radiación las antenas de telefonía móvil se mide a través de su densidad de potencia. Esta se define como la energía por unidad de tiempo que incide sobre la unidad de superficie ubicada perpendicularmente a la propagación de la onda radioeléctrica. La densidad de potencia se mide en micro

³ Según Anteproyecto en Art. 4 b)

⁴ Antenas macro: cuentan con potencias superiores a 6,3 W. Este tipo de antenas es usado por los operadores. La denominación de macro viene de la cobertura que pueden lograr, creando las llamadas macroceldas, con alcances que van desde cientos de metros en entornos urbanos, a kilómetros en un entorno rural (PUCV, 2021)

watt/cm²⁵ y es la unidad que se limita para controlar la emisión de radiación electromagnética generada por equipos y redes de transmisión de servicios de telecomunicaciones. En general, las antenas emiten dentro del espectro de emisión contenido en bandas de frecuencia entre los 700 MHz y 2600 MHz y aunque en ese rango, las ondas emitidas tienen una energía insuficiente para cambiar la estructura celular, estas pueden provocar efectos en el cuerpo, siendo el efecto térmico el más conocido y científicamente documentado (PUCV, 2021). Dado que, aún no hay certeza científica sobre posibles efectos sobre la salud a largo plazo, se indica cautela y el establecimiento de estándares con márgenes razonables para el cuidado de la salud (PUCV, 2021).

Por estas razones, se considera relevante contar con una Normas de Emisión de Radiación Electromagnética generada por equipos y redes de transmisión de servicios de telecomunicaciones, con el fin de proteger la salud de las personas en todo el territorio nacional. La regulación pone especial hincapié en las áreas sensibles, exigiendo una restricción mayor en la emisión de densidad de potencia por fuentes emisoras⁶ cercanas a establecimientos educacionales públicos o privados, salas cuna, jardines infantiles, hospitales, clínicas, consultorios y hogares de ancianos.

1.2. Regulación a evaluar

Desde el año 2000 Chile cuenta con una regulación en línea con las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y demás organismos internacionales reconocidos en la materia. La Resolución Exenta N° 505, del 5 mayo del 2000, de la Subsecretaría de Telecomunicaciones (SUBTEL) perteneciente al Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, estableció una norma técnica sobre requisitos de seguridad aplicables a las instalaciones de telecomunicaciones que generan ondas electromagnéticas. La regulación establece un límite máximo de densidad de potencia medida en puntos en los cuáles tengan libre acceso las personas en general de 435 $\mu W/cm^2$ para las antenas⁷ correspondientes al Servicio Público de Telefonía Móvil.

Posteriormente, la SUBTEL, en coordinación con el Ministerio de Salud, dictó la Resolución Exenta N° 403 de 2000⁸, en donde estableció una norma técnica sobre requisitos de seguridad aplicables a las instalaciones y equipos de servicios de telecomunicaciones que utilizan estaciones de radiocomunicaciones que generan ondas electromagnéticas. La norma aplica a la instalación y operación de antenas empleadas en los servicios de telecomunicaciones que operen en frecuencias comprendidas entre 9 kHz y 300 GHz y diferencia entre un límite máximo general de densidad de potencia de 100 $\mu W/cm^2$ y un límite máximo para áreas sensibles tales como establecimientos hospitalarios, asilos de ancianos, salas cuna, jardines infantiles y establecimientos educacionales de enseñanza básica, de 10 $\mu W/cm^2$. Con la aprobación esta norma técnica, Chile se convirtió en uno de los 10 países más estrictos del mundo en esta materia.

Subsiguientemente, con la publicación en 2012 de la Ley 20.599 del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones⁹; se regula la instalación de antenas emisoras y transmisoras de servicios de

⁵ Según Anteproyecto en Art. 4 c).

⁶ Según Anteproyecto en Art. 3 se define Fuente Emisora Regulada a equipos y redes para la transmisión de servicios de telecomunicaciones de telefonía celular que puedan ubicarse en un rango de frecuencias entre 9 kHz y 300 GHz.

⁷ Según Resolución Exenta N° 505, del 5 mayo del 2000 SUBTEL. Título I, define a una antena como el conjunto de elementos utilizados para emitir o recibir ondas radioeléctricas, en las bandas atribuidas al Servicio Público de Telefonía Móvil.

⁸ Véase en: <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1041108>

⁹ Véase en: <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1040859&idVersion=2012-12-29&idParte=>

telecomunicaciones¹⁰. Dicha ley 20.599, tiene por objetivo hacer frente al impacto urbanístico que produce la instalación de antenas y también a los eventuales riesgos a la salud asociados a sus emisiones radioeléctricas. Dicha iniciativa se basa en: 1) un explosivo desarrollo de los servicios de telecomunicaciones experimentado por el país, con el consiguiente incremento en la instalación de antenas, 2) la necesidad de contar con normas básicas de emplazamiento, 3) la insuficiencia de las atribuciones que distintos órganos tienen en la actualidad y 4) el proteger la salud ante las emisiones electromagnéticas de las antenas (MMA, 2022).

Respecto al punto 4) la protección de la salud, se señala que *“El Gobierno cree que efectivamente se debe legislar, a fin de que la instalación de sistemas radiantes de cualquier servicio de telecomunicaciones, por una parte, se ajuste rigurosamente a los límites máximos de emisión que establece la normativa técnica vigente y, por otra parte, se otorgue a la ciudadanía la tranquilidad suficiente de que las instalaciones están lo suficientemente controladas para que no generen riesgos perjudiciales en este ámbito”* (MMA, 2022). Esto debido a que al densificarse el parque de antenas (y por ende visibilizarse) puede generar aprensiones ciudadanas sobre las emisiones electromagnéticas”(MMA, 2022).

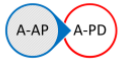
Dicha Ley 20.599 modificó la Ley N° 18.168 General de Telecomunicaciones¹¹ (LGT) y en el artículo 7 de esta, impuso la obligación para el Ministerio del Medio Ambiente (MMA) de dictar las normas de calidad ambiental o de emisión relacionadas a las ondas electromagnéticas, conforme a la Ley 19.300 de Bases Generales del Medio Ambiente (LBGM), incorporando las siguientes indicaciones:

- i. Los límites de densidad de potencia que se establezcan deberán ser iguales o menores al promedio simple de los cinco estándares más rigurosos establecidos en los países que integran la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE).
- ii. Las antenas de las estaciones base o fijas, correspondientes a los servicios de telecomunicaciones, deberán instalarse y operarse de manera tal que la intensidad de campo eléctrico o la densidad de potencia medida en los puntos a los cuales tengan libre acceso las personas en general, no excedan de un determinado valor. Asimismo, se deberán determinar límites especiales de densidad de potencia o intensidad de campo eléctrico, en los casos de establecimientos hospitalarios, asilos de ancianos, salas cuna, jardines infantiles y establecimientos educacionales.
- iii. Debe contar con consulta al Ministerio de Salud.
- iv. Análisis de la necesidad de señalética de seguridad.
- v. Análisis de la necesidad de establecer zonas de seguridad.

Además, la Ley 20.599 la SUBTEL actualizó la Resolución Exenta N° 403 de 2008 con la Resolución Exenta N° 3103, del 2012 fijando texto refundido de la Norma Técnica, manteniendo los mismos límites de densidad de potencia general y de áreas sensibles, para antenas que operen en frecuencias comprendidas entre 9 KHz y 300 GHz. Dicha norma técnica aplica a la instalación y operación de antenas empleadas en los servicios de telecomunicaciones de manera tal que la intensidad de campo eléctrico o la densidad de potencia, medida en los puntos a los cuales tengan libre acceso las personas en general, no exceda los valores que indica la norma. Esta es la norma que se mantiene vigente a la fecha.

¹⁰ b. Ley 20.599/ 2012 de SUBTEL. Regula la instalación de antenas emisoras y transmisoras de servicios de telecomunicaciones”

¹¹ Véase en <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=29591&idVersion=2022-06-20&idParte=>



La Resolución Exenta N° 3103, del 2012 en relación a lo que compete a la Norma de Emisión como los límites de emisión, será reemplazada por la presente Norma de Emisión de Radiación Electromagnética asociada a equipos y redes de transmisión de servicios de telecomunicaciones, en Anteproyecto.

La Tabla 1 a continuación, entrega una comparación entre la regulación vigente R.E. N°3103/2012 SUBTEL y la propuesta de Norma de Emisión que atañe al AGIES.

Tabla 1. Comparativa entre regulación vigente y AP de Norma de Emisión de Radiación Electromagnética asociada a Telefonía Móvil.

Ítem	R.E. N°3103/2012 SUBTEL	AP Norma de Emisión
Área considerar	<ul style="list-style-type: none"> - Áreas sensibles: el caso de establecimientos hospitalarios, asilos de ancianos, salas cuna, jardines infantiles y establecimientos educacionales de enseñanza básica 	<ul style="list-style-type: none"> - Área sensible: corresponde a aquellas zonas donde se encuentren establecimientos educacionales públicos o privados, salas cuna, jardines infantiles, hospitales, clínicas, consultorios y hogares de ancianos.
Límite emisión	<ul style="list-style-type: none"> - Para el caso de zonas urbanas, el límite de densidad de potencia será de $100 \mu W/cm^2$ - Límite máximo en áreas sensibles no deberá exceder los $10 \mu W/cm^2$. 	<ul style="list-style-type: none"> - Se definen Factores de Exposición de Densidad de Potencia General¹² de $10 \mu W/cm^2$ y de $5,8 \mu W/cm^2$ para áreas sensibles¹³. - El límite corresponderá a la diferencia entre el “Factor de exposición” y la “Densidad de potencia de contribución de terceros”¹⁴.
Plazo de cumplimiento	<ul style="list-style-type: none"> - Las concesionarias de servicio público de telefonía, de transmisión de datos y servicios públicos del mismo tipo, deberán proveer a la Subsecretaría, en el mes de julio de cada año, un informe de mediciones de cada una de las antenas en operación. En dicho informe se deberán actualizar las mediciones correspondientes a las nuevas antenas instaladas o modificadas en los últimos 12 meses anteriores a marzo de cada año. 	<ul style="list-style-type: none"> - Para Fuentes Emisoras Existentes, deberán dar cumplimiento en un plazo de 1 año desde la entrada en vigencia de la presente norma. - Para Fuentes Emisoras Nuevas, deberán dar cumplimiento desde su entrada en vigencia. - La entrada en vigencia se establece en 6 meses desde la publicación de la norma en el Diario Oficial.
Fiscalización¹⁵	<ul style="list-style-type: none"> - La fiscalización a cargo de la Superintendencia de Telecomunicaciones. 	<ul style="list-style-type: none"> - Corresponderá a la Superintendencia del Medio Ambiente, fiscalizar el cumplimiento de las disposiciones de la presente norma, sin perjuicio de las atribuciones que posea la Subsecretaría

¹² Según Art. 4 f) Factor de exposición general (S_{fg}): Corresponde a la densidad de potencia a la que podrá encontrarse expuesta una persona, en condiciones de libre tránsito.

¹³ Según Art. 4 g) Factor de exposición en área sensible (S_{fs}): Corresponde a la densidad de potencia a la que podrá encontrarse expuesta una persona que permanezca en un recinto que defina un área sensible, según se especifica en el literal a, del presente artículo.

¹⁴ Según Art. 4 d) Densidad de potencia de contribución de terceros (S_{ct}): Corresponde a la medición de la emisión generada por fuentes de telefonía móvil diferentes a la fuente que se desea evaluar. Se mide en micro watt por centímetro cuadrado ($\mu W/cm^2$).

¹⁵ De acuerdo al art. 7 del AP, la verificación del cumplimiento de los límites señalados en el art. 5 del decreto se realizará mediante medición anual efectuada por el titular. Esta medición, sin embargo, ya se encuentra reportándose por parte de privados en la línea base, de modo que el presente AGIES no considera costos adicionales asociados a monitoreo.

Ítem	R.E. N°3103/2012 SUBTEL	AP Norma de Emisión
		de Telecomunicaciones.

Fuente: Elaboración propia.

1.3. Principio Precautorio

Los principios ambientales deben ser entendidos como un conjunto de pilares que orientan y estructuran el derecho ambiental actual. Estos principios surgen en primera instancia como principios del Derecho Internacional y de manera progresiva han sido recogidos por los distintos instrumentos, como, por ejemplo, la Convención sobre Derecho del Mar de las Naciones Unidas de 1982, la Declaración de Río de Janeiro sobre Desarrollo y Medio Ambiente de 1992, o el Convenio sobre Diversidad Biológica de 1992 (MMA, 2022).

Uno de los instrumentos que resulta necesario señalar al respecto, es la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, la que fue adoptada en la Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo¹⁶, llevada a cabo en Río de Janeiro, en junio de 1992. Esta declaración consiste en un conjunto de principios no vinculantes, y busca reafirmar y desarrollar la Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano adoptada en Estocolmo, en 1972, por cuanto desarrolla el principio preventivo y precautorio (MMA, 2022).

El principio precautorio, se origina en primer tercio del siglo XX y su empleo se ha consolidado en relación a temas que son de relevancia para la salud humana (CEPAL, 2001). Diversos autores sostienen que estaría formulado en el principio número 15 de la Declaración de Río, al señalar que: *“Con el fin de proteger el medio ambiente, los Estados deberán aplicar ampliamente el criterio de precaución conforme a sus capacidades. Cuando haya peligro de daño grave o irreversible, la falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces en función de los costos para impedir la degradación del medio ambiente”* (MMA, 2022).

El principio funciona sobre la concurrencia de dos elementos que desencadenen la necesidad de aplicar el principio precautorio en la toma de decisiones, en este caso de carácter regulatorio. En primer lugar, se requiere de la existencia de un peligro de daño grave e irreversible y, en segundo lugar, de una falta de certeza científica absoluta, es decir, presencia de incertidumbre (MMA, 2022).

Para comprender el significado del principio precautorio, se necesita entender las nociones de peligro y riesgo en Derecho Ambiental. El peligro es la capacidad que tiene una actividad de producir un daño, la noción de riesgo, en tanto, nos indica la probabilidad de que tal capacidad se manifieste en un daño concreto (FEMENÍAS (2017) en MMA, 2022).

¹⁶ Declaración de Río sobre el medio ambiente y el desarrollo, Véase en: https://mma.gob.cl/wpcontent/uploads/2014/08/1_DeclaracionRio_1992.pdf

En este escenario, el principio precautorio se activa frente a un peligro donde no es posible determinar, a ciencia cierta, la presencia de un riesgo. Es decir, la precaución es un instituto jurídico que se manifiesta en hipótesis de incertidumbre (MMA, 2022).

El objetivo del principio es manejar la incertidumbre propia de las causales y relaciones que pueden estar fuera del control humano y que son básicamente las vinculadas a las ciencias naturales, incluyendo dentro de ellas, las que se refieren a la protección del bien superior de la vida y la salud humana (CEPAL, 2001). El principio cobra relevancia en aquellos casos donde el daño ambiental no puede ser dado por cierto de manera concluyente por material científico-técnico, por múltiples razones, por ejemplo, porque no es materialmente posible conocer todos los efectos nocivos de una actividad a mediano o largo plazo, o porque el grado de conocimiento científico es imperfecto o limitado en el estado actual del arte (FEMENÍAS (2017) en MMA, 2022).

Entonces existe una distinción entre la prevención y la precaución. La prevención se encarga del riesgo que es conocido, verificable y comprobado científicamente, mientras que la precaución pasa a tener aplicación sobre el riesgo que es de carácter hipotético, pero del cual se sospecha (MMA, 2022).

La ley 19.300¹⁷ no realiza un reconocimiento expreso al principio precautorio, como lo hace con el preventivo. Sin embargo, diversos cuerpos normativos han tenido una consagración positiva de este principio, y la jurisprudencia nacional así lo ha reconocido en innumerables oportunidades, dando valor a través de los fallos a este principio de derecho internacional (MMA, 2022).

Por ejemplo, la Ley 20.920¹⁸ que Establece Marco para la gestión de residuos, la responsabilidad extendida del productor y fomento al reciclaje (en adelante “Ley REP”), en su artículo 2 g) define al principio precautorio como “*la falta de certeza científica no podrá invocarse para dejar de implementar las medidas necesarias para disminuir el riesgo de daños para el medio ambiente y la salud humana derivado del manejo de residuos*”. Así también, la Ley N°21.455¹⁹ Marco de Cambio Climático (en adelante “LMCC”), en el artículo 2 g) señala respecto del principio precautorio que: “*cuando haya un riesgo o peligro de daño grave o irreversible, la falta de certeza científica no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas para evitar dichos riesgos o peligros o impedir los efectos adversos del cambio climático, considerando el principio de costo-efectividad*”(MMA, 2022).

Asimismo, la jurisprudencia de los tribunales nacional ya ha invocado el principio precautorio, indicando el deber de la administración de actuar para evitar la ocurrencia de un daño o impacto al medio ambiente. El primer fallo emblemático que hace referencia al principio precautorio fue en el recurso de protección presentado en contra de la central termoeléctrica Campiche S.A., dictado por la Corte de Apelaciones de Valparaíso en el año 2009, al que siguieron casos como Central Castilla, Minera los Pelambres, Río Cuervo, Dunas de Concón y Junta de Vecinos de Punta Puyai (MMA, 2022).

¹⁷ Véase en <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=30667>

¹⁸ Véase en <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1090894&idParte=9705129&idVersion=2016-06-01>

¹⁹ Véase en <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1177286>

En cuanto al principio precautorio y los riesgos a la salud relativo a los CEM, la determinación de una relación causa efecto entre un agente y una enfermedad está supeditado a numerosos factores. El argumento a favor de una relación de tipo causa-efecto se ven reforzados si existe una asociación persistente y fuerte entre la exposición y el efecto, una relación clara entre dosis y respuesta, una explicación biológica creíble, resultados favorables de estudios pertinentes con animales y, sobre todo, coherencia entre los diferentes estudios. Dichos factores no han estado generalmente presentes en los estudios sobre la relación entre los CEM y enfermedades como el cáncer. Este es uno de los principales motivos por los que los científicos se han resistido generalmente a concluir que los CEM débiles produzcan efectos sobre la salud (MMA, 2022).

Según la OMS citando a Barnabas Kunsch, del centro de investigación austríaco de Seibersdorf (*Austrian Research Centre Seibersdorf*), “*En la sociedad moderna, la ausencia de pruebas de los efectos perjudiciales no parece ser suficiente. Al contrario, cada vez se reclama con mayor insistencia que se demuestre la inexistencia de estos efectos*”. En las conclusiones alcanzadas por comités de expertos que han examinado la cuestión son típicas frases como: “*No existen pruebas convincentes de que los campos electromagnéticos produzcan efectos perjudiciales para la salud*” o “*No se ha confirmado la existencia de una relación de causa y efecto entre los campos electromagnéticos y el cáncer*”. Puede dar la impresión de que los científicos tratan de evitar responder a la cuestión. Si los científicos ya han demostrado que no hay ningún efecto, ¿por qué se debe continuar investigando? (Organización Mundial de la Salud en MMA (2022)).

La ausencia de un efecto en los estudios podría significar que verdaderamente el efecto no existe, pero también podría significar sencillamente que el efecto no es detectable con el método de medición utilizado. Por consiguiente, los resultados negativos son generalmente menos convincentes que los resultados positivos claros (Organización Mundial de la Salud en MMA (2022)).

En síntesis, la aplicación del principio precautorio conduce a un balance entre el riesgo y/o la probabilidad de que el daño se produzca y los costos económicos de las medidas propuestas, así como respecto de la probabilidad que las medidas sean efectivas para evitar el daño (FEMENÍAS, 2017 en MMA (2022)).

Existiendo incertidumbre sobre los efectos que un nuevo proceso o producto puede causar en la salud o el medio ambiente, es muy difícil hacer uso del análisis de costo/beneficio, en el sentido de que habrá ciertos costos excepcionalmente difíciles de calcular, cual es la ocurrencia de los posibles daños, en especial si ellos pueden ser de carácter grave e irreversible. Ello no quiere decir que el análisis de costo/beneficio (ACB) en estos casos sea imposible de usar, pero sí pasa a ser una herramienta de menor rendimiento que en casos de riesgos sin incertidumbre (COSTA, 2015 en MMA (2022)).

Desde esta perspectiva, con una limitación en los datos para la ejecución de un ACB, la guía que orienta al regulador será la de la precaución. Al presente, el D.S. N°38, de 2012, del Ministerio del Medio Ambiente, Reglamento de Normas no se pone bajo los supuestos de incertidumbre, sino que mandata a la elaboración de estudios científicos, o usar estudios existentes tanto en Chile como en otros Estados y organismos internacionales (artículo 13). En caso de que los estudios sean insuficientes, el Ministro podrá solicitar estudios complementarios (artículo 14). Es más, respecto a las normas de emisión en particular el Reglamento de Normas indica en el artículo 34 que “*La determinación de las normas de emisión (...) requerirá de estudios que den cuenta de los siguientes aspectos:*

a) *Los efectos que produce el contaminante sobre la salud de las personas*” (MMA, 2022).

Tal como se verá en la sección 3.4.3 de beneficios para CEM no existen estudios concluyentes respecto a los efectos que produce el contaminante sobre la salud de las personas, de modo tal que se debe echar mano al principio precautorio para tomar la decisión regulatoria²⁰ (MMA, 2022). Sin perjuicio de la falta de antecedentes que sustente el nivel de riesgo o efecto en la salud de las personas, el Estado está obligado de todas formas dictar una norma que prevenga posibles daños graves e irreparables y para determinar el nivel de riesgo aceptable deberá tomar una decisión política (pues la ciencia no tiene la respuesta en el caso de incertidumbre), que debería pasar en parte por oír a los interesados en el asunto, mediante una adecuada participación ciudadana. (COSTA, 2015 en MMA (2022)).

Tal como señala Raz, una de las funciones de los principios jurídicos es servir de fundamento para crear nuevas normas. Asimismo, Dworkin afirma que los principios constituyen la base de nuevas reglas, en lo particular, de una nueva norma de emisión (HERVÉ, 2015 en MMA (2022)).

“Los instrumentos y herramientas para para solucionar los problemas ambientales que se han demostrado como más idóneos, son precisamente los que se aplican con carácter anticipado o ex ante. Y ello porque la protección ambiental se alcanza de manera más eficiente actuando de manera anticipada. Es decir, será más fácil, económico y eficiente proteger el medio ambiente a través de instrumentos que se anticipan, precaven, evitan o minimizan el daño ambiental, que a través de fórmulas ex post, como la reparación del daño ambiental, máxime si se considera que los daños al medio ambiente por lo general son difíciles o imposibles de reparar” (BERMÚDEZ, 2018 en MMA (2022)).

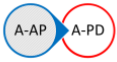
En último lugar, señalar que en el Informe Ejecutivo de Evaluación de la Ley N° 20.599, desarrollada por el Departamento de Evaluación de Ley, encargada por la Cámara de Diputados, recomienda poner énfasis en el principio aludido, toda vez que persista un grado importante de incertidumbre científica respecto de la exposición a campos electromagnéticos de radiofrecuencia. Asimismo, indica que debiese establecerse límites a las normas de emisiones lo más exigente posible en tanto no vaya en perjuicio de la calidad del servicio de telefonía móvil (Cámara de Diputados, 2014 en MMA (2022)).

2. Metodología AGIES

2.1. Metodología general AGIES

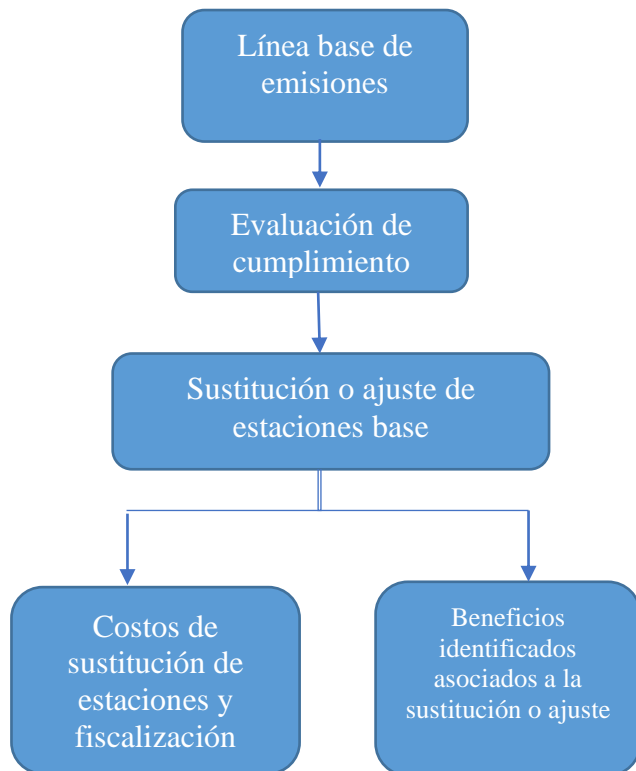
El objetivo del Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES) es determinar los costos y beneficios que produciría la aplicación del Anteproyecto de Norma de Emisión en evaluación. Este impacto económico se estima tanto para los emisores afectados a la Norma; el Estado como responsable de la fiscalización del cumplimiento, la población y ecosistemas que se verían beneficiados y protegidos por este cambio normativo norma (D.S. N°38/2012 del MMA).

²⁰ La decisión regulatoria que pesa sobre el Ministerio del Medio Ambiente (MMA) es una obligación legal contenida en el artículo 7° de la LGT y la decisión regulatoria del MMA es sobre el establecimiento de los límites. Este mandato no puede ser obviado por el Ministerio del Medio Ambiente, de modo que la disposición transcrita es el argumento más fuerte en la actualidad para elaborar la norma de emisión en cuestión, agregando como antecedente en el Análisis General de Impacto Económico y Social (en adelante “AGIES”) que se elabore del Anteproyecto (MMA, 2022).



Para tales fines, se constituye una línea base de las fuentes de emisiones, las cuales luego se compararán con las emisiones de las fuentes en un escenario en donde se cumplan las emisiones del AP, implicando costos y beneficios asociados.

Figura 3. Metodología general AGIES para normas de reducción de emisiones



Fuente: Elaboración propia.

La metodología general empleada en la elaboración del presente AGIES consiste en las siguientes etapas: (i) identificar las estaciones bases de telefonía celular, así como estimar sus emisiones generadas (elaboración de línea base); (ii) evaluar el cumplimiento de la nueva norma propuesta; (iv) determinar cualitativamente los beneficios de la norma; y finalmente (v) evaluar costos asociados al cumplimiento de la norma propuesta (ver Figura 3). En la siguiente sección se profundiza cada etapa de la metodología del AGIES.

2.2. Metodología específica AGIES

La presente sección aborda las metodologías y supuestos que permiten estimar el conjunto de las Estaciones base distribuidas geográficamente según su ubicación en una área general o sensible. Asimismo, el método para la estimación de ajuste o sustitución de Estaciones base y los costos y beneficios que con ello se generan.

2.2.1. Línea base

2.2.1.1. Estaciones base

Las fuentes emisoras reguladas considera equipos y redes, o estaciones base, para la transmisión de servicios de telecomunicaciones de telefonía celular. Particularmente la presente norma regulará el espectro de emisión, particularmente aquel que es explotado comercialmente por las compañías de telecomunicaciones. Dicho espectro hoy se encuentra contenido entre las bandas de 700 MHz hasta 3800 MHz y 26 GHz (25,9 GHz a 27,5 GHz) para estaciones base de telefonía móvil²¹.

La fuente de información para la identificación de las estaciones base a nivel nacional es a través de datos de la SUBTEL, quienes identifican y miden las emisiones de densidad de potencia en $\mu W/cm^2$ al momento de la recepción de obras de las estaciones base. Así, a partir del año en adelante, se cuenta con la cantidad de estaciones base, así como de mediciones a lo largo del territorio nacional. A continuación, se indica el método considerado para constituir la línea base de estaciones base.

2.2.1.2. Inventario de estaciones base a nivel nacional

La totalidad de estaciones base se estiman a partir de los datos de SUBTEL, las cuales cuentan con un identificador además de un conjunto de mediciones para cada una. Estos valores muchas veces son inconsistentes entre sí o bien, corresponden a más información de la que se requiere para la modelación, de modo que se establecen una serie de supuestos y procesos para depurar la información definidos por el Departamento de Ruidos, Lumínica y Olores (DRLO) del Ministerio del Medio Ambiente y se encuentran detallados en la Minuta Técnica disponible en el expediente de esta regulación²². La Tabla 2 sintetiza esos supuestos.

Tabla 2. Supuestos y pasos de depuración de base de datos de estaciones base.

Supuesto	Detalle
Considerar mediciones efectuadas con fecha posterior a junio de 2013	Se refiere a las mediciones cuyo reporte fue efectuado de manera posterior a la Resolución 3.103/2012 SUBTEL, es decir, desde junio de 2013 en adelante hasta el 2020.
Medición más reciente por Estación Base y valor más alto de dicha campaña.	Esto para efectos se capturar aquellas estaciones que necesiten ajuste o sustitución.
Evitar registros de mediciones sin información	Se quitó del registro las mediciones sin información de densidad de potencia, que además no contaban con información de georreferenciación.
Considerar límites político administrativos	Para consistencia con alcance de regulación.
Mediciones dentro de un radio desde estación base	Esto en base a un radio teórico de cobertura de una celda de telefonía celular de 3500 metros.
Coherencia entre la fecha de instalación de una	Se limpia el registro de aquellas mediciones con

²¹ Según Anteproyecto en Art. 4 b) define estación base como el conjunto de elementos utilizados para emitir o recibir señal radioeléctrica. En el contexto de la norma, se refiere a las utilizadas por los servicios de telecomunicaciones de telefonía celular

²² MMA (2022). Minuta Elaboración línea base de emisiones. Norma de Emisión para Radiación Electromagnética.

Supuesto	Detalle
estación base y las mediciones	fecha anterior a la instalación de la antena.
Coincidencia de la empresa de la Estación Base y la medición	Se consideraron sólo aquellas mediciones donde coinciden la empresa de telefonía identificada en el registro, con la empresa a la cual pertenece la Estación Base más cercana.
Evitar duplicidad de mediciones que comparten la misma coordenada	En aquellos registros de mediciones con misma coordenada y mediciones de una misma Estación Base, se mantuvo el dato más alto registrado en la campaña más reciente.
Evitar duplicidad de mediciones entre bases de datos	Si una Estación Base aparece en bases de mediciones de área general y de área sensible, se eliminará del primero para mantener sólo en el segundo.

Fuente: DRLO

La fuente de información también registra si la Estación Base se encuentra en un área sensible o general. Las áreas sensibles se identifican de acuerdo a la definición indicada en la Tabla 1 de la sección 1.2.

Los datos disponibles disponen de información para cada estación base de su ubicación geográfica georreferenciada, nombre de entidad propietaria, si se ubica en área general o sensible, la emisión en $\mu W/cm^2$ y la emisión de terceros en $\mu W/cm^2$. Esto último no ocurre para las estaciones base que se ubica en áreas sensibles, en donde no se cuenta con antecedentes de emisiones de terceros. Como veremos en la sección 2.2.4, esto implicará que las estimaciones de costos sólo se aplicarán a las fuentes donde si contamos con los datos suficientes. Y para aquellas donde no se cuenta con toda la información, se realizará un ejercicio teórico para visualizar potenciales impactos de la regulación.

De acuerdo a como se indica en Art.7, el AP posee como plazo para reportar el cumplimiento un año tras la entrada en vigencia de la regulación para las estaciones base existentes. En el caso de nuevas estaciones base, éstas deberán cumplir con la regulación inmediatamente una vez entrada en vigencia la regulación. En general, las metodologías AGIES contemplan que las nuevas fuentes asimilarán los nuevos límites, no incurriendo en costos adicionales, de modo que el presente documento se concentra únicamente en las estaciones base existentes.

Ante falta de antecedentes, no se contempló una proyección de las estaciones base en el tiempo. No obstante, es posible que en los próximos años se visualice un crecimiento de la línea base con el ingreso de tecnologías de telefonía móvil con 5G.

2.2.2. Límite de emisión de las estaciones base

La regulación establece que el límite de emisión para las fuentes a regular se estima a partir de Factores de Exposición de Densidad de Potencia general y de la densidad de potencia de terceros. El primer factor, además, es diferente de acuerdo al área en donde se ubique la fuente a regular. Entonces, el límite de una fuente será relativa a este último componente. En síntesis, el límite se estimará de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$L_i = FE_i - ET_i$$

Ecuación 1

Donde,

L_i : Límite de emisión en densidad de potencia de una Estación Base i en $\mu W/cm^2$.

FE_i : Factor de exposición de densidad de potencia donde se encuentra instalada la estación base i . Si se ubica en área general, el Factor corresponderá a $10 \mu W/cm^2$, y si se ubica en un área sensible, el Factor corresponderá a $5,8 \mu W/cm^2$.

ET_i : Densidad de potencia de terceros ubicados en el área de la Estación Base i .

Como se indicó en la sección 2.2.1.2, la información disponible para las fuentes a regular es limitada para aquellas ubicadas en área sensible, no disponiendo de información relativa a densidad de potencia de terceros. Por tal razón, las estimaciones a realizar en materia de costos se extenderán a las estaciones base ubicadas en área general que es donde se cuenta con toda la información. No obstante, también se realizará un ejercicio teórico para las fuentes ubicadas en área sensible, en donde se imputará una densidad de potencia de terceros estimadas a partir de las emisiones en el área general. Esto con el fin de identificar si hay presencia de fuentes con potencial emisiones cercanas o sobre el límite de emisión que establece la presente regulación.

2.2.3. Evaluación del cumplimiento normativo: ajuste o sustitución de estaciones bases

El presente AGIES toma como supuesto que toda Estación Base en funcionamiento en la línea base se encuentra en pleno cumplimiento de la normativa vigente expresada en la Resolución Exenta N°3103 de la Superintendencia de Telecomunicaciones (RE N°3103/2012 SUBTEL). Una vez aquello, y tal como se indica en la Tabla 1, en el escenario regulatorio se establecen nuevos límites de emisión, lo cual conlleva a que algunas estaciones base dejen de cumplir y requieran de una intervención para entrar en cumplimiento.

Para tales casos, el presente AGIES asume dos procedimientos: un ajuste al sistema operativo de la Estación Base, o bien, una sustitución de la Estación Base que no cumple por una que si lo haga. Si se opta por uno o lo otro dependerá de la magnitud de la diferencia entre la emisión de línea base por sobre el límite propuesto. Si se trata de una diferencia de baja magnitud, entonces se recurriría a un ajuste a la estación base. Por otro lado, si la diferencia es relevante, se requerirá de una sustitución de la Estación Base. El umbral que permite diferenciar qué procedimiento realizar es una información que no cuenta con suficiente sustento técnico. Al respecto, Se cuenta con antecedentes de SUBTEL que indican que la configuración de potencia en las estaciones base sólo admite valores discretos que normalmente se configuran en 2dB. Esto significa que es probable que las diferencias pequeñas en emisión necesiten de un ajuste en ese valor discreto. No obstante, no se tiene antecedentes respecto a qué cambio en emisión justificaría una sustitución de la estación base.

Ante tal situación, el presente AGIES asume un escenario conservador en donde el umbral que permite diferenciar entre los procedimientos será un valor de baja cuantía, al cual la definiremos como umbral de tolerancia, y será de un 5%. Esto es, si la diferencia entre la emisión de línea base y de escenario regulatorio de una Estación Base es menor o igual a 5%, entonces se aplicará un ajuste a su sistema operativo para que cumpla con la normativa. Este porcentaje lo consideramos conservador pues eleva la

posibilidad de que una estación base requiera ser sustituida, lo que involucrará mayores costos de inversión, a diferencia del ajuste, que involucra un costo cero. La siguiente tabla muestra las diferentes consideraciones asociadas al ajuste o bien a la sustitución de estaciones bases.

Tabla 3. Consideraciones respecto al ajuste o sustitución de una Estación Base que no cumple con escenario regulatorio.

Cambio	Umbral de tolerancia	Ejecución	Costos involucrados
Ajuste de Estación Base	Si diferencia entre la emisión de línea base y escenario regulatorio es menor a 5%.	Se realiza de forma remota por personal propio de los operadores.	No involucra costos asociados dado que recae dentro de la operación y mantenimiento normal del operador.
Sustitución de Estación Base	Si la diferencia entre la emisión de línea base y escenario regulatorio es mayor a 5%.	Se sustituye Estación Base.	Involucra costos de inversión en Estación Base.

Fuente: Elaboración propia.

La consideración del umbral de tolerancia permite también resolver potenciales sobreestimaciones en relación a declaraciones erróneas de emisión de estaciones bases, en donde, por errores de digitación en la información, se le asocia una sustitución de estación base y su consiguiente costo en inversión, en donde no aplicaría hacerlo.

Respecto al procedimiento de la sustitución de las estaciones base, la metodología empleada tiene su base en el método de Búsqueda Directa²³, en que se detectan las posibles alternativas de sustitución de estaciones bases y se opta por la que represente un mayor beneficio neto²⁴. Con esto, se establece un recambio o sustitución desde una estación base que no cumple con la regulación por una que si lo hace.

La aplicación de la sustitución de la Estación Base, requiere realizarse asegurando que la cobertura del servicio de telefonía móvil que cumple la antena siga manteniéndose inalterada. Para tales fines, el modelo asume que la nueva estación base que cumple con el límite de emisión de la regulación, también lo hace con mantener el servicio de telefonía móvil. Al respecto, existen antecedentes de que una menor potencia de la señal implicará una menor potencia expuesta al público (PUCV, 2021). De modo que podría sostenerse que la disminución de la densidad de potencia podría originar problemas de coberturas para el caso de estaciones base que den cobertura urbana, o bien, pérdida de área cubierta para el caso de coberturas rurales. Sin embargo, esta disminución podría resolverse a través de un apoyo de emisión desde las estaciones base aledañas en tanto existan. Este correspondería al caso de zonas urbanas y ciudades altamente pobladas. No obstante, en zonas rurales es menos probable la existencia de un número de estaciones bases aledañas que permitan complementar la densidad de potencia.

²³ Los métodos de Búsqueda Directa son aplicables en situaciones en las cuales no se puede hacer más que comparar valores de la función objetivo (Hooke & Jeeves, 1961) .

²⁴ Esta metodología ha sido empleada anteriormente en otros AGIES de normas de emisión. Al respecto, ver AGIES que acompaña a la actualización de Norma de Emisión para la regulación de la contaminación lumínica contenida en el D.S. N°43/2012 del Ministerio del Medio ambiente: <https://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2021/proyectos/AGIES AP Norma Lumi 769 nica final.pdf>

Al no contar con suficientes antecedentes, el modelo opta por suponer que la nueva Estación Base permite mantener la cobertura de servicio de telefonía móvil. Esto puede sostenerse considerando que la normativa técnica N°3103 de SUBTEL seguirá normando el cumplimiento de la sumatoria de límites de emisión de las estaciones base, lo que podría indicar que se asegura entonces la cobertura del servicio de telefonía móvil, independiente de la presente Norma de Emisión para fuentes individuales. Como veremos más adelante en la sección 3 de resultados, este supuesto no tendrá incidencia en los costos, puesto que no se requerirá de efectuar ninguna sustitución de Estación Base bajo los límites de emisión del escenario regulatorio, ya que sus brechas de emisión con la línea base recaen en el procedimiento de ajustes a sistemas operativos de estaciones base.

2.2.4. Costos

Como se indicó en la sección 2.2.3, el cumplimiento de la regulación involucrará procedimientos de ajustes y de sustituciones de estaciones bases. En cuanto al primero, como se indicó en la *Tabla 3* de la misma sección 2.2.3 y a partir de antecedentes de la SUBTEL, no involucrará costos adicionales, puesto que los ajustes se realizan de forma remota por personal propio de los operadores, en cuyo caso estos trabajos recaen dentro de la operación y mantenimiento normal del operador.

Por otro lado, respecto al procedimiento de sustitución de las estaciones base, sí traerá consigo costos asociados: el costo de inversión inicial o de instalación de la nueva Estación Base. Este costo ocurre exclusivamente en el escenario regulatorio, puesto que la sustitución ocurre como consecuencia de la nueva regulación.

Además del costo por sustitución de estaciones base que no cumplan con la regulación, se generarán costos de fiscalización que incurrirá la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA). Este costo ocurre tanto en línea base como en el nuevo escenario regulatorio. A continuación, se explicita la metodología para estimar cada componente de estos costos.

2.2.4.1. *Costos de inversión por sustitución de Estación Base*

El costo de inversión o de instalación de una Estación Base dice relación al gasto que se debe incurrir para instalar la Estación Base, con una tecnología y potencia específica que cumpla con los límites de emisión del AP de Norma de Emisión y mantenga la cobertura del servicio de telefonía móvil. Una potencial forma de estimar los costos de inversión corresponde a la consideración de los costos de inversión de una Estación Base, de materiales necesarios y mano de obra para la instalación. Por otro lado, la SUBTEL indica que el costo de instalar una Estación Base que cumpla con la regulación corresponde a USD 30.000, sin contemplar los gastos relacionados a obras civiles. Si se considera esto último, lo que implica la construcción de una torre que sostenga la Estación Base, los costos pueden ascender a USD 130.000.

Para el caso del presente AGIES, no se incurriría en una inversión de obra civil, pues se reemplazaría una existente, aplicando entonces solamente el costo de instalación.

Luego, se agrega la totalidad de estaciones base que requieren ser sustituidas tanto en el área general como sensible, multiplicando el costo de inversión inicial por la cantidad de estaciones base a recambiar. **La Error! Reference source not found.** refleja esta agregación.

$$Costo_{ins} = \sum_i^n EB_{i,z} * CI$$

Ecuación 2

Donde,

$EB_{i,z}$: Unidad i de Estación Base en la zona z que no cumple con límite de emisión respectiva y que posee una brecha de emisión que implica el procedimiento de sustitución.

CI : Costo de instalar una Estación Base que cumple con la presente regulación (USD).

2.2.4.2. Costos de fiscalización

El escenario regulatorio traerá consigo costos de fiscalización que realizará la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA). Es preciso indicar, como indica la Tabla 1 de la sección 1.2, que en relación a la regulación en vigencia R.E. N°3103/2012 SUBTEL, la institución que había asumido esta responsabilidad es la SUBTEL. No obstante, la presente regulación, en concordancia con la institucionalidad ambiental establecida en la Ley General del Medio Ambiente N°19.300, se entrega el rol fiscalizador a la Superintendencia del Medio Ambiente.

Podría considerarse que el costo asociado a la fiscalización se mantendrá relativamente similar entre escenario regulatorio y línea base, aunque con un cambio en la institución respecto a quién la ejecuta. No obstante, desde una perspectiva de escenario conservador, merece considerar el costo de fiscalización en tanto visualiza las acciones asociadas a el correcto funcionamiento de la regulación.

La fiscalización de estaciones base considera dos acciones: (1) una primera relacionada a fiscalizaciones efectuadas por denuncias realizadas por la ciudadanía; y (2) una segunda fiscalización y medición realizada en recepciones de obras de telefonía móvil o transmisión de datos móvil para verificar operación. Respecto a la primera, el costo se asocia al cometido del funcionario fiscalizador (viático) media jornada de trabajo de un técnico capacitado (viático), sin incluir los costos de desplazamiento ni honorarios que estos impliquen, y del uso del analizador de espectro. Al respecto se consideran los siguientes costos:

Tabla 4. Costos asociados a la fiscalización de estaciones base ante denuncias ciudadanas.

Elemento	Valor (CLP junio 2021)	Valor (CLP junio 2022)	Valor (USD junio 2022)
Media jornada técnico (viático)	75.000	84.375	98,4
Uso analizador de espectro	100.000	112.500	131,2

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (PUCV, 2021).

Respecto a la cantidad de fiscalizaciones a realizar en un año, se estima a partir de la información de SUBTEL de cantidad de denuncias realizadas sólo por radiaciones electromagnéticas en los últimos 4 años. Se contempla usar un promedio simple entre los 4 años, esto es, 22,5 denuncias.

Tabla 5. Número de denuncias ciudadanas por radiación electromagnética, 2019-2022.

Año	Denuncias (unidades)
2019	32
2020	24
2021	19
2022	15

Fuente: SUBTEL 2022

De esta manera, lo que respecta a costos de fiscalización por el primer componente de denuncias ciudadanas, corresponderá al producto entre el número de denuncias y la jornada del técnico que asistirá a las fiscalizaciones presenciales.

En cuanto al segundo componente del costo de fiscalización, que corresponde al de verificación de la operación, se cuenta con antecedentes que entre enero y junio del presente año 2022 se han realizado 40 fiscalizaciones. De modo que se puede suponer que en un año se realizan por lo menos 80 visitas. Para estos casos, también se considerará el costo de media jornada de un técnico capacitado indicado en la Tabla 4. En síntesis, los costos de fiscalización anual serían la suma de ambos componentes.

2.2.5. Beneficios

La metodología empleada en la elaboración del AGIES es el Análisis Costo-Beneficio, el cual es ampliamente utilizado y recomendado en la literatura para la evaluación de proyectos sociales (Boardmand et al., 2006; Hanley, 1993; Layard, 1994).

Para elaborar una valorización de beneficios se deben identificar y cuantificar los impactos, relacionando la concentración del contaminante con el nivel de su impacto, para luego proceder a valorizar los efectos en términos monetarios. En el caso de los campos electromagnéticos la aproximación a describir los beneficios generados por la modificación de la norma es solamente una aproximación cualitativa, ya que existen dificultades y brechas de información asociadas a establecer mediante conocimiento científico una relación cuantitativa entre el cambio de las emisiones y el consecuente cambio en los efectos, permitiendo identificar, pero no cuantificar ni valorizar.

Como se indica en la Tabla 1 en sección 1.2, la regulación diferencia entre los límites de emisión de densidad de potencia general y de emisión de densidad de potencia aún más restringido para áreas sensibles, identificadas como aquellas donde se encuentran establecimientos hospitalarios, asilos de ancianos, salas cuna, jardines infantiles y establecimientos educacionales. Para la evaluación de beneficios, con el fin de identificar los impactos a la salud de las personas asociados a la regulación, se

realizó un análisis de la información existente a nivel local e internacional, identificando estudios vinculados a la radiación electromagnética. Para ello se empleó información recopilada en el “Estudio de antecedentes para la elaboración de norma de emisión para regular ondas electromagnéticas en el ambiente” desarrollado por la Universidad Católica de Valparaíso, PUCV, 2021²⁵ y antecedentes recopilados tras búsqueda en *Google Scholar* usando palabras claves tales como: Campo electromagnético (*electromagnetic field*), niveles de campos electromagnéticos (*levels of electromagnetic fields* (EMF)), y campos electromagnéticos y salud (*electromagnetic field and health*), entre otros.

Durante la revisión de reportes internacionales y artículos científicos, se distinguieron organismos claves en la fijación de límites a la exposición a campos electromagnéticos como, el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (*Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE)), Comisión Internacional de Protección contra la radiación no ionizante (*International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection* (ICNIRP)) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) (*World Health Organization* (WHO)). Dichos organismos permanentemente están trabajando en la realización de estudios y recopilación de información sobre las ondas asociadas a los campos y en base a evidencia científica justifican poner límites de emisión. Al evaluar los riesgos y en pos de adoptar un enfoque más preventivo y proactivo frente a potenciales peligros, la Organización Mundial de la Salud reconoce la necesidad de aplicar un principio precautorio²⁶.

Para la identificación de beneficios, en particular, se investigó respecto a la relación entre la exposición a campos electromagnéticos con posibles impactos a la salud humana y seres vivos (en plantas, invertebrados y vertebrados). Si bien no existe una conclusión unificada y resultados concluyentes, se identifican los efectos actualmente considerados en la literatura, lo que permitió hacer una caracterización cualitativa de los beneficios asociados al Anteproyecto.

En el siguiente capítulo se presentan los resultados de la evaluación de costos y beneficios asociados a la norma.

3. Resultados

En base a la metodología especificada en la sección 2.2, se estimó el inventario de estaciones base de línea base, así como las estaciones base que requieren de un ajuste o bien de sustituciones a realizar en el escenario regulatorio. Junto con ellos, los costos y beneficios involucrados en el cumplimiento de la regulación. Estas estimaciones aplican para las estaciones base ubicadas en área general dada la disponibilidad de datos. Posteriormente, se realiza un ejercicio teórico de estimación de costos asociados a las fuentes en área sensible, imputando valores de Densidad de potencia de terceros provenientes del área general.

²⁵ Véase en:

https://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2021/proyectos/Informe_Antecedentes_para_la_elaboracio__769_n_de_norma_de_emisio__769_n_ondas_elect.pdf

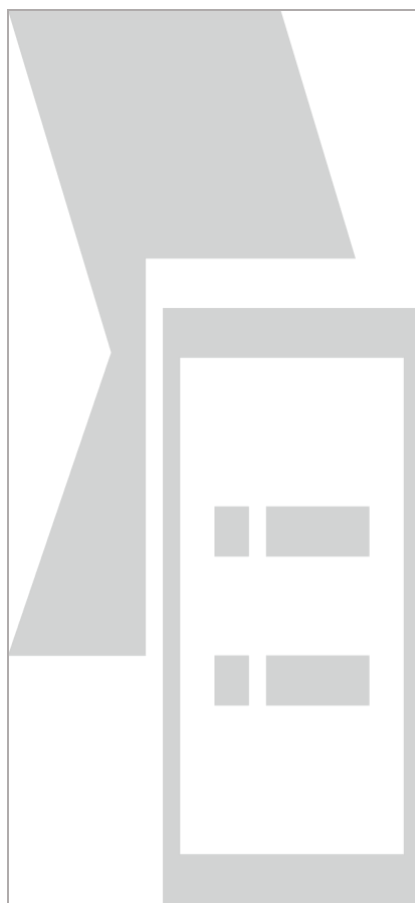
²⁶ Véase en <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/57268/Backgrounder-2000-March-eng.pdf;sequence=1>. La recomendación de la International Telecommunication Union (ITU), por medida precautoria por temas de salud, es de 1.000 microW/cm² de densidad de potencia.

3.1. Línea base de Estaciones base

Los datos provistos por la SUBTEL registran un total de 17.375 estaciones base autorizadas entre los años 2009 y 2020. Junto con ellas, los datos contienen 118.902 mediciones realizadas a las estaciones base, en donde se encuentran más de una medición por estación, medidas desde distintas ubicaciones y en distintas fechas. De estas, 8.320 mediciones se realizaron en las zonas denominadas área sensible. Adicionalmente, el registro cuenta con mediciones que corresponden a la contribución de terceros, es decir, otras empresas de telecomunicaciones cuya emisión es recibida en el punto de medición.

Con los supuestos señalados en la Tabla 2 de la sección 2.2.1.2, se depura la información y se reduce el número de estaciones base a 16.729, correspondiendo al 96% del total entregado por SUBTEL, y de las cuales 2.275 se encuentran en áreas sensibles. Cada Estación base posee una sola medición. Respecto a la ubicación de las estaciones base en área sensible, la Figura 4 muestra la densidad de estaciones base por comuna.

Figura 4. Distribución de estaciones base en área sensible.



Nota: Los colores más oscuros corresponden a aquellas comunas con mayor cantidad de estaciones bases en áreas sensibles.

En cuanto a las emisiones de las estaciones base, la medición con mínimo valor registrado fue de $0,0001 \mu W/cm^2$, mientras que el máximo valor registrado fue de $6,092 \mu W/cm^2$. La siguiente Tabla 6 muestra la distribución de la emisión de las estaciones base de acuerdo a rangos de densidad de potencia.

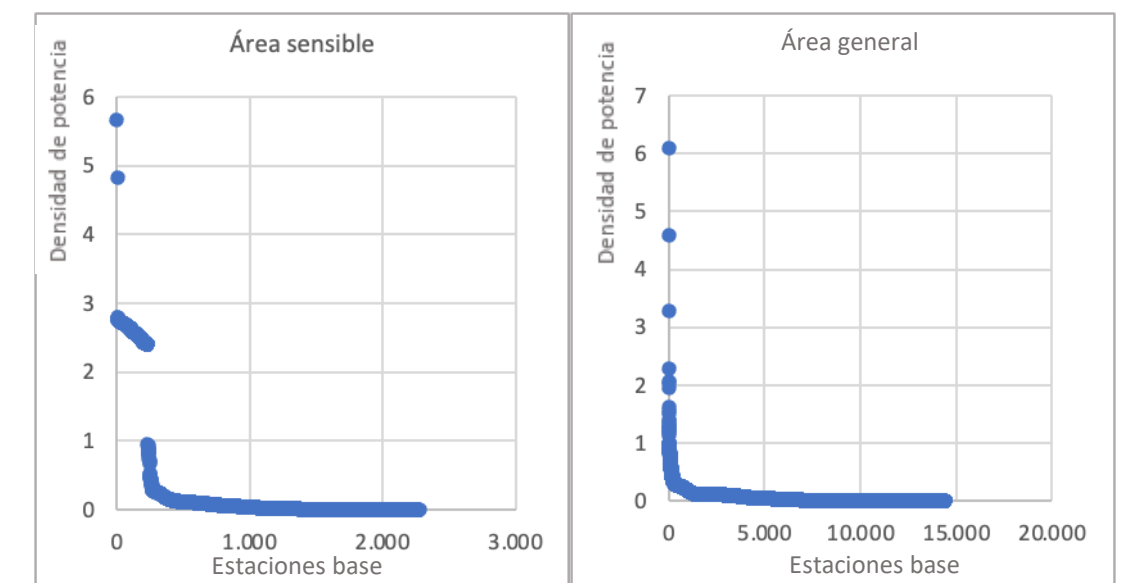
Tabla 6. Distribución de estaciones base según densidad de potencia.

Rangos de densidad de potencia (wM/cm ²)	Cantidad de estaciones base	Porcentaje
[0,1]	16.475	98,482%
[1,2]	15	0,090%
[2,3]	233	1,393%
[3,4]	1	0,006%
[4,5]	2	0,012%
[5,6]	2	0,012%
[6,7]	1	0,006%

Fuente: DRLO

De la Tabla 6 es posible apreciar una mayor concentración de las mediciones de las estaciones base en densidades de potencia menores a $1 \mu W/cm^2$. Si consideramos la distribución según el área en donde se encuentra, sin considerar las Densidades de Potencia de terceros, es posible apreciar que tanto en área sensible como general todas las emisiones de las estaciones bases se ubican bajo los límites de emisión de la regulación. En el caso del área sensible, la emisión más cercana al límite de emisión registra una densidad de potencia de $5,66 \mu W/cm^2$, mientras que en el área general la emisión más cercana al límite es de $6,09 \mu W/cm^2$, el registro más alto que se tiene del inventario de estaciones base. La Figura 5 muestra un histograma de la distribución de las emisiones de las estaciones base por área sin considerar la Densidad de potencia de terceros.

Figura 5. Distribución de estaciones base según densidad de potencia ($\mu W/cm^2$) y área, sin considerar densidad de potencia de terceros.



Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a las mediciones de contribución de terceros, solo se cuentan con datos para las fuentes ubicadas en área general, es decir, para 14.454 estaciones base. La Tabla 7 observa la distribución de los rangos de densidad de potencia para las fuentes a regular en área general.

Tabla 7. Cantidad de registros con contribución de terceros según rango de densidad de potencia, línea base.

Rangos densidad de potencia $\mu W/cm^2$	Fuentes con contribución de terceros (Unid.)	Acumulado (%)
Igual a 0	7.582	52,5
[0,1]	5.168	35,8
[1,2]	39	0,27
[2,3]	1335	9,24
[3,4]	135	0,93
[4,5]	104	0,72
[5,6]	73	0,51
[6,7]	7	0,05
[8,9]	5	0,03
[9,10]	1	0,01
Mayor a 10	5	0,03
Total general	14.454	100

Fuente: Elaboración propia.

De la anterior, se obtiene que hay 5 casos en donde la contribución de terceros registra una densidad de potencia mayor al factor de exposición de $10 \mu W/cm^2$ que establece la regulación. Esto provocaría que la fuente, a pesar de registrar densidad de potencia en general menores a 1 y, por tanto, menores al factor de exposición, su límite sea negativo. La Tabla 8 muestra la emisión y contribución de terceros de estas 5 fuentes.

Tabla 8. Densidad de potencias para 5 casos de mayor registro de contribución de terceros.

Fuente	Emisión ($\mu W/cm^2$)	Contribución de terceros ($\mu W/cm^2$)
1	0,0031	10,28
2	0,11	12,26
3	0,23	15,52
4	0,99	51,66
5	5,84	54,58

Fuente: Elaboración propia.

Al georreferenciar y revisar las fuentes aledañas a las estaciones base que registra estos valores de contribución de tercero, se visualiza que ninguna de ellas presenta una densidad de potencia que explique

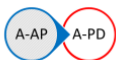
o justifique estas magnitudes de densidad de potencia de terceros. De modo que su explicación se asocia, como se indica en Minuta Técnica del Departamento de Ruido, Lumínica y Olores del Ministerio del Medio Ambiente²⁷, a fuentes externas que no aplica a esta regulación y que saturan el ambiente en densidad de potencia, o bien, pudieran corresponder a errores de medición. Independiente de las razones anteriores, la Ley General de Telecomunicaciones, en su artículo 7, contempla que en aquellos casos que se superen los estándares normados en norma técnica SUBTEL, como en estos 5 casos, se deberá declarar zona saturada por CEM y, por tanto, se procede a generar un Plan de Mitigación, que en un plazo de un año resuelva la situación de saturación. Por tanto, su situación de saturación de densidad de potencia se resuelve mediante esa regulación y no a través de la presente norma. Por tanto, para efectos del AGIES, estos 5 datos se consideran *outliers* y se dejan fuera del análisis.

3.2. Cumplimiento de escenario regulatorio

Tal como se indica en la Tabla 1 de la sección 1.2, el escenario regulatorio define límites de emisión según área, de acuerdo a la Ecuación 1, a saber: $5,8 \mu W/cm^2$ para el área sensible y de $10 \mu W/cm^2$ para el área general, menos la contribución de terceros. Como vimos, sólo se cuenta con información suficiente para el caso de fuentes ubicadas en área general, de modo que los resultados indicados a continuación aplicarán para esa área. Luego, en la siguiente sección 3.3 se realiza un ejercicio teórico imputando contribuciones de terceros provenientes del área general en fuentes ubicadas en áreas sensibles.

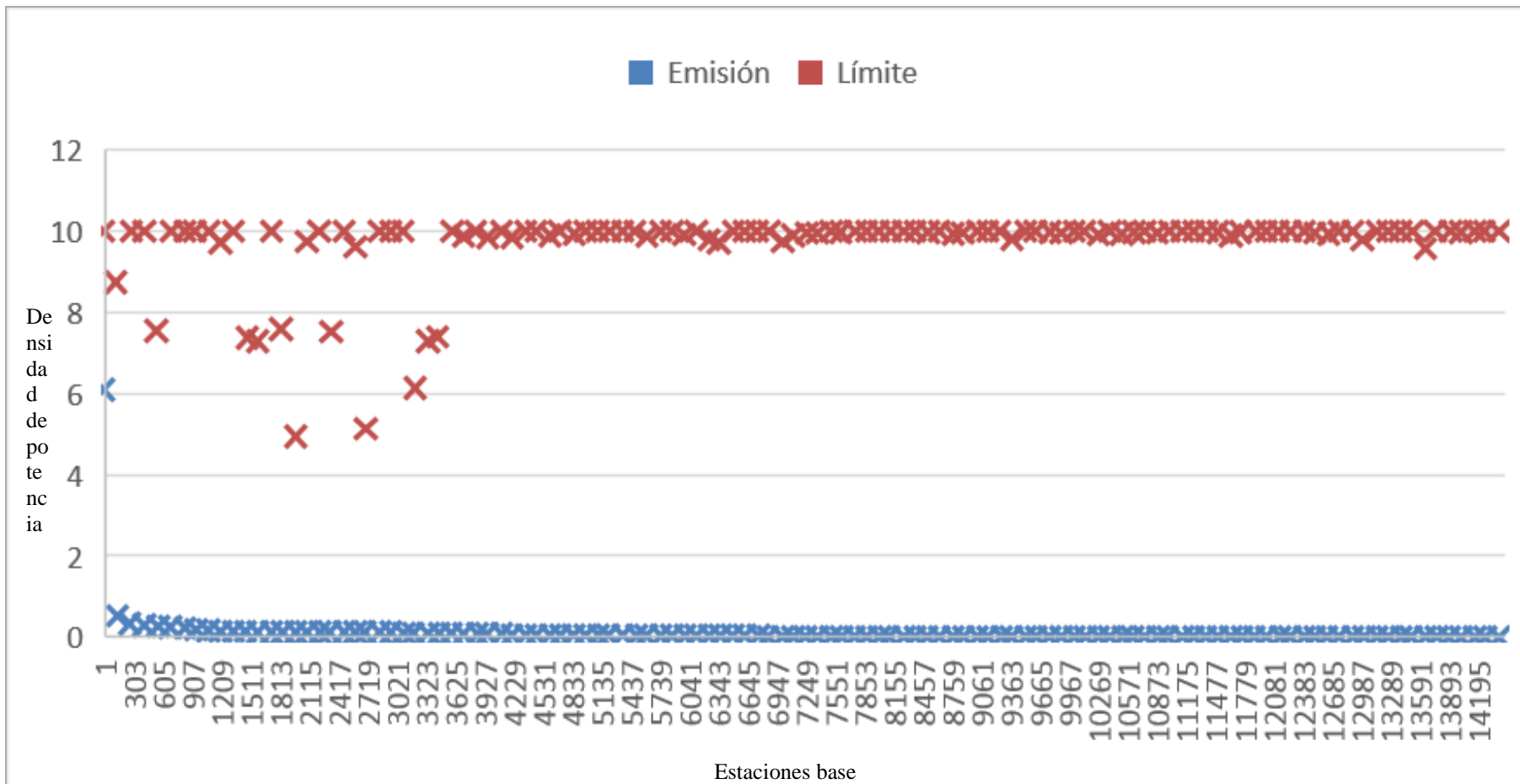
Del inventario de estaciones base en área general señalado en la sección 3.1, es posible verificar que todas las estaciones base se encuentran por debajo de estos límites de emisión. La Figura 6 especifica las estaciones base y sus emisiones junto con los límites de emisión.

²⁷ MMA (2022). Minuta Elaboración línea base de emisiones. Norma de Emisión para Radiación Electromagnética.



AGIES AP Radiación Electromagnética

Figura 6. Emisiones y límites de emisión por estaciones base en área general.



Fuente: Elaboración propia.

En efecto, las emisiones de las fuentes se encuentran, para una mayoría de los casos, con un cumplimiento con amplio margen respecto del límite de emisión. La Tabla 9 muestra las 10 fuentes con mayores niveles de densidad de potencia de las estaciones base reguladas. La fuente que registra una mayor densidad de potencia posee una emisión cercana al límite, estando a una diferencia mayor a 33% aunque menor a 50% entre su emisión y el límite. La segunda mayor emisión se encuentra a una diferencia mayor al 50% aunque menor a 66% entre el límite y su emisión. El restante se encuentra con emisiones muy lejano al límite, con brechas mayores al 66% entre sus emisiones y el límite.

Tabla 9. Densidad de potencias, contribución de terceros y límite de emisión para 10 fuentes con mayores niveles de densidad de potencia, área general.

ID	Medición de emisión μW/cm2	Emisión de terceros μW/cm2	Límite de emisión μW/cm2	Cumplimiento	Nivel de emisión
1	6,09	0,00	10,00	Cumple	Cercano a límite
2	4,58	0,00	10,00	Cumple	Lejano a límite
3	3,28	0,00	10,00	Cumple	Muy lejano al límite
4	2,30	0,00	10,00	Cumple	Muy lejano al límite
5	2,06	0,00	10,00	Cumple	Muy lejano al límite
6	2,04	0,00	10,00	Cumple	Muy lejano al límite
7	1,95	0,00	10,00	Cumple	Muy lejano al límite
8	1,62	0,00	10,00	Cumple	Muy lejano al límite
9	1,57	0,00	10,00	Cumple	Muy lejano al límite
10	1,51	0,00	10,00	Cumple	Muy lejano al límite

Nota: Cercano al límite significa una brecha mayor al 33% aunque menor al 50% entre el límite y su emisión; Lejano al límite significa una brecha mayor al 50% aunque menor al 66% entre el límite y su emisión; Muy lejano al límite significa una brecha mayor al 66% entre el límite y su emisión.

De esta manera, el inventario de estaciones base en escenario regulatorio no tendrá ajustes ni sustituciones para el cumplimiento de los límites de emisión. Esto es, se mantendrá equivalente a la línea base.

3.3. Ejercicio teórico para estaciones base en área sensible

De acuerdo a la línea base indicada en la sección 3.1, las fuentes ubicadas en área sensible corresponden a 2.275. Ninguna de ellas cuenta con información respecto de las contribuciones de terceros, de modo que, para efectos de visualizar el nivel de cumplimiento que pudieran llegar a tener respecto a la regulación, se desarrolla un **ejercicio teórico** imputando el promedio de la contribución de terceros en el área general, a las fuentes en área sensible. Esta imputación permitirá visualizar si las fuentes se encuentran lejos del límite, o bien existe un potencial no cumplimiento de ellas por encontrarse sus densidades de potencia cercano al factor de exposición.

De las contribuciones de tercero en el área general, se estima un conjunto de estadígrafos las cuales se visualizan en la Tabla 10.

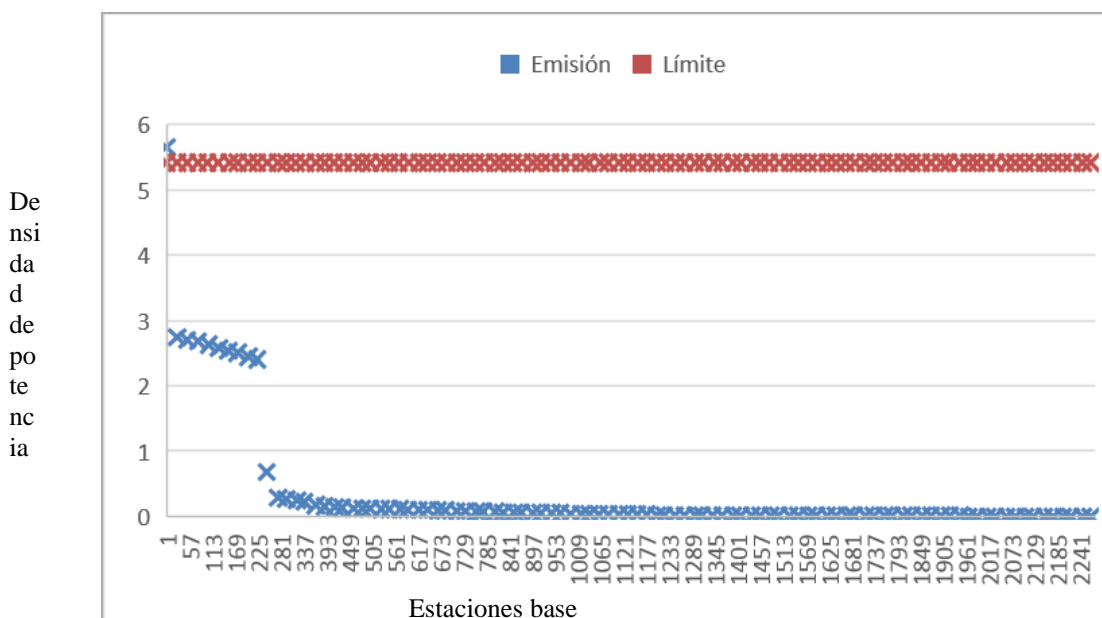
Tabla 10. Estadígrafos asociados a la contribución de terceros en área general.

Estadígrafo	Densidad de potencia $\mu\text{W}/\text{cm}^2$
Promedio	0,39
Mediana	0,00
Desv. Est	0,98
Mínimo	0,00
Máximo	9,08

Fuente: Elaboración propia.

Utilizando el promedio de contribución de terceros en área general para cada fuente del área sensible, se obtiene el siguiente comportamiento de cumplimiento de la regulación, expresada en la Figura 7.

Figura 7. Emisiones y límites de emisión por Estaciones base en área sensible, utilizando imputación de contribución de terceros de área general.



De la anterior, se constata que una fuente no cumpliría con el límite del escenario regulatorio. Las restantes estaciones base si cumplirían, aunque con un grupo de fuentes cercanas al límite, esto es, manteniendo una brecha entre el límite y la emisión menor a 33%. La Tabla 11 muestra las 10 emisiones más altas del conjunto de fuentes en área sensible, además de la imputación de contribución de terceros y, por tanto, el nivel de cumplimiento.

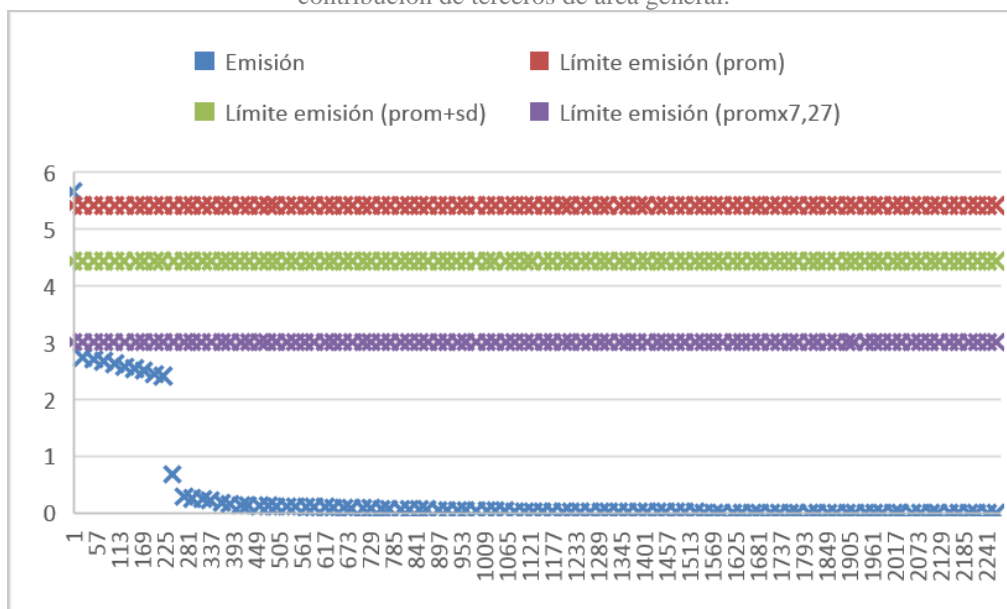
Tabla 11. Densidad de potencias, imputación de contribución de terceros área general y límite de emisión para 10 fuentes seleccionadas, área sensible.

ID	Medición de emisión $\mu W/cm^2$	Imputación promedio emisión terceros $\mu W/cm^2$	Límite de emisión $\mu W/cm^2$	Cumplimiento	Nivel de emisión
1	5,66	0,39	5,41	No cumple	Sobre el límite en un 4,5%
2	4,83	0,39	5,41	Cumple	Muy cercano a límite
3	2,79	0,39	5,41	Cumple	Cercano a límite
4	2,79	0,39	5,41	Cumple	Cercano a límite
5	2,79	0,39	5,41	Cumple	Cercano a límite
6	2,78	0,39	5,41	Cumple	Cercano a límite
7	2,78	0,39	5,41	Cumple	Cercano a límite
8	2,78	0,39	5,41	Cumple	Cercano a límite
9	2,77	0,39	5,41	Cumple	Cercano a límite
10	2,76	0,39	5,41	Cumple	Cercano a límite

Nota: Cercano al límite significa una brecha mayor al 33% aunque menor al 50% entre el límite y su emisión; Lejano al límite significa una brecha mayor al 50% aunque menor al 66% entre el límite y su emisión; Muy lejano al límite significa una brecha mayor al 66% entre el límite y su emisión.

Aún si considerásemos como imputación de contribución de terceros el promedio más la desviación estándar de las fuentes en área general, esto es, en vez de una densidad de potencia de $0,39 \mu W/cm^2$ una de $1,36 \mu W/cm^2$, visualizaríamos que el nivel de cumplimiento no cambiaría, dado que una mayoritaria proporción de las fuentes se encuentra lejano al límite, y aquellas que se encuentran cercanas al límite, siguen manteniendo una diferencia superior al nuevo límite relativo. Recién si la contribución de terceros fuera un poco más que 7 veces más alta que el promedio de las contribuciones de terceros del área general, es decir, de $2,79 \mu W/cm^2$, ocurriría que 3 fuentes más dejarían de cumplir, teniendo muy cerca del no cumplimiento a otras 42 fuentes, con una diferencia menor al 5% entre sus emisiones y el límite.

Figura 8. Emisiones y sensibilización de límites de emisión por Estaciones base en área sensible, utilizando imputación de contribución de terceros de área general.



Nota: el límite de emisión (prom) corresponde al factor de exposición 5,8 menos el promedio de contribución de terceros de área general; el límite de emisión (prom+sd) corresponde al factor de exposición 5,8 menos la suma del promedio y desviación estándar de contribución de terceros de área general; el límite de emisión (promx7,8) corresponde al factor de exposición 5,8 menos el casi 8 veces el promedio de contribución de terceros de área general.

Al tratarse de un ejercicio teórico para visualizar la situación de las estaciones base en área sensible, no se incluye este análisis en las estimaciones de costos ni beneficios. No obstante, se puede constatar que la única fuente que no cumpliría con el límite de emisión considerando la imputación de contribución de terceros, tendría una diferencia menor al 5% entre su emisión y el límite, tal como se desprende de la Tabla 11. Por tanto, en términos de costos, se estaría dentro del Umbral de Tolerancia indicado en la Tabla 3, incurriéndose en un ajuste de la Estación Base y no una sustitución, no implicando un costo asociado al cumplimiento.

3.4. Costos y beneficios

A continuación, se señalan los costos y beneficios asociados al cumplimiento del diseño regulatorio, esto es, el establecimiento de límites de emisión de acuerdo a las áreas general y sensibles.

3.4.1. Costos de inversión

En las secciones 3.1 y 3.2 se pudo constatar que el inventario de estaciones base para área general cumple con los límites de emisión que define el escenario regulatorio. Esto implica que no se necesita ajustar o sustituir alguna Estación Base. Por tanto, no se incurre en costos de inversión por sustitución de estaciones base.

El ejercicio teórico de estaciones base para el área sensible, por otro lado, a pesar de no contar con la información suficiente, se imputó la contribución de terceros del área general, concluyendo que sólo una fuente no cumpliría y que requeriría ajustarse dado que la diferencia entre su emisión y el límite de emisión está dentro del Umbral de Tolerancia, esto es, menor al 5%.

3.4.2. Costos de fiscalización

De acuerdo a la metodología indicada en la sección 2.2.3.2 sobre costos de fiscalización, los componentes de fiscalización por denuncias promedio anual y el operativo en recepciones de obras de telefonía móvil suman un costo anual de US \$5.164,2 y US\$ 18.362 respectivamente. Esto suma un total anual de US\$ 23.526.

Tabla 12. Costos de fiscalización de Estaciones base.

Elemento	Valor (unidad)	Valor (USD/año)
Denuncias de ciudadanía	22,5	5.164,2
Mediciones para verificar operación en obras de telefonía móvil	80	18.362
Total		23.525,8

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la SMA.

3.4.3. Beneficios

3.4.3.1. Impactos de la Radiación Electromagnética en la salud

La salud ambiental, se refiere a la intersección entre el medioambiente y la salud, engloba factores ambientales que podrían incidir en la salud humana incluyendo factores físicos, químicos y biológicos (OPS, 2022). Dichos factores en conjunto se denominan determinantes ambientales de la salud y su amenaza pueden tener efectos adversos en la salud y el bienestar en toda la población (OPS, 2022).

Durante las últimas décadas, los niveles mundiales de campos electromagnéticos (CEM) de fuentes artificiales han aumentado en forma constante, lo que ha conducido al desarrollo de investigaciones sobre los posibles efectos adversos de la exposición a los CEM en la salud humana (WHO, 2022).

Un CEM produce ondas electromagnéticas. Diversas organizaciones e investigadores han realizado estudios sobre el impacto de las ondas electromagnéticas, con el objetivo de identificar los niveles de exposición que provocarían efectos adversos, los mecanismos de interacción con los sistemas biológicos, así como mejoras en dosimetría y eventuales vínculos con enfermedades como cáncer (PUCV, 2021). Por ejemplo, la OMS inició un proceso de revisión de normas de CEM, iniciando el Proyecto Internacional CEM (1996) en respuesta a la preocupación general sobre los efectos en la salud de la exposición a los CEM (WHO, 2006). El proyecto busca desarrollar un marco para las normas que fomente el establecimiento de límites de exposición y medidas de control para la protección de la salud²⁸.

Los estudios de impactos, comprenden la realización de evaluaciones de riesgo que permitan determinar umbrales de exposición y riesgos asociados que se traduzcan en efectos a la salud humana (IEEE, 2019). Para ello se emplean funciones que relacionan una tasa (en el caso de teléfonos) la tasa (o índice) de

²⁸ El Proyecto Internacional CEM busca evaluar en el intervalo de frecuencias de 0 a 300 GHz, efectos sobre la salud y el medio ambiente de la exposición a campos eléctricos y magnéticos estáticos en el tiempo.

absorción específica (en inglés, *specific absorption rate (SAR)*)²⁹(watt/kg)), con la magnitud de una respuesta a las exposiciones, para determinar el nivel más bajo al cual se produce una amenaza. Estos análisis proporcionan la base para la identificación de potenciales peligros y su riesgo asociado, información que es empleada para el desarrollo de un estándar (IEEE, 2019).

El ICNIRP³⁰ desarrolla y divulga recomendaciones sobre la exposición a radiación no-ionizante con bases científicas (PUCV, 2021)³¹. ICNIRP revisa que los efectos deben poder ser verificados, o bien la existencia de suficientes trabajos consistentes y de calidad científica (ICNIRP 2020). Así el IEEE (2019), también propone criterios de exposición a basados en la ciencia para proteger contra efectos adversos para la salud humana asociados con la exposición a campos electromagnéticos para el rango de frecuencia de 0 Hz a 300 GHz. Según IEEE (2019) existe un número limitado de estudios que asocian la exposición a ondas electromagnéticas con efectos de termorregulación, neurofisiología y neuropatologías, hematología y endocrinología, patologías del ojo, patologías auditivas, estudios conducentes a cáncer en animales y en in vitro. De ellos, los estudios que mostraron algún efecto fueron aquellos centrados en casos donde la densidad de potencia fue mayor a los límites recomendados por el IEEE³² (PUCV, 2021). Otros estudios han determinado, en base a evidencia científica, que no habría un efecto de las frecuencias de telefonía celular sobre la salud de las personas (FDA, 2020).

Las fuentes emisoras, correspondientes a estaciones base (antenas de telefonía móvil), emiten en general en bandas de frecuencia de entre los 700 MHz y 2600 MHz dependiendo del estándar de comunicación. En el rango de frecuencia de esas ondas, la energía que poseen (radiación ionizante) no es suficiente para cambiar la estructura celular (PUCV, 2021). Benito et al 2021, reporta sobre las señales de radiofrecuencia de las antenas de las estaciones que, hasta la fecha, el único efecto reconocido científicamente de los campos de radiofrecuencia en la salud es al aumento de la temperatura corporal (> 1° C) por la exposición a una intensidad de campo elevada en algunas instalaciones industriales, como, por ejemplo, en calentadores de radiofrecuencia. En general, las investigaciones vinculadas a la salud humana son a corto plazo y no estudian efectos directos de emisiones de estaciones base, sino que se

²⁹ SAR es la parte de la energía que es transportada por la onda electromagnética con frecuencias entre 100 kHz y 10 GHz que es absorbida por el cuerpo humano. Estos valores, tras exhaustiva documentación y búsqueda científica, se emplean para emitir recomendaciones de exposición a ondas electromagnéticas (PUCV, 2021). Sus valores son monitoreados dada la constante evolución de las tecnologías por distintos organismos: la Unión Europea, el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)) o Comisión Internacional de Protección contra la radiación no ionizante (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP)) y esta.

³⁰ ICNIRP, asociación sin fines de lucro reconocida por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y consultada por la Comisión Europea (CE), tiene por objetivo la protección de las personas y el medio ambiente de los efectos adversos que puedan producir la radiación no-ionizante.

³¹ Su reporte “Directrices para limitar la exposición a campos electromagnéticos (100 kHz a 300 GHz)” publicado el año 2020, establece los límites de exposición de campos electromagnéticos para el rango de frecuencia de 100 kHz a 300 GHz en base a la identificación de material científico sobre efectos de radiofrecuencia de campos electromagnéticos en sistemas biológicos, estableciendo cuáles de estos pueden ser dañinos para los seres humanos, y si estos estudios tienen sustento científico demostrable.

³² Niveles impuestos por el estándar para la frecuencia de bandas en telefonía móvil: Para proteger ante efectos a la salud por calentamiento superficial el IEEE establece un límite de densidad de potencia epitelial (en una banda de frecuencias de 6 GHz to 300 GHz, sobre 6 minutos de duración y en una superficie mayor a 4 cm² en el cuerpo) de 20 W/m² para personas en lugares no restringidos y de 100 W/m² para personas en ambientes controlados (IEEE,2019)

centran esfuerzos en el entendimiento de potenciales impactos de la radiación provocada por los teléfonos celulares (Adams et al., 2014; Bortkiewicz et al., 2017; Khurana et al., 2009; Yilmaz et al., 2017)³³.

El efecto térmico correspondiente al calentamiento de la piel o del tejido biológico es uno de los efectos más reconocidos como directamente resultantes de la exposición a ondas (PUCV, 2021; El País, 2020). Por ello la ICNIRP ha fijado límites de exposición seguros para todas las ondas electromagnéticas no ionizantes (El País, 2020). Si la radiación es absorbida por el cuerpo en cantidades suficientemente grandes, esta puede llegar a producir quemaduras y daños en los tejidos corporales (ACS, 2020). Sin embargo, los científicos consideran que el riesgo térmico el calentamiento de la materia biológica por absorción de la energía radiada a los niveles habituales en teléfonos celulares es mínimo o despreciable (CCARS, 2020).

ICNIRP (2020) realizó una revisión sobre información científica asociada al efecto de las ondas electromagnéticas en las personas, con los valores considerados en las normativas internacionales existentes. Se concluyó que es necesario superar los límites de exposición recomendados (para el rango de >6 a 300 GHz, una densidad de potencia ocupacional, i.e., trabajadores que realizan mediciones con equipo de protección. de 100 W/m² y para público general de 20 W/m²) para identificar efectos adversos, tales como el ya mencionado efecto térmico, además de estimulación nerviosa y cambios en la permeabilidad de la membrana celular. Por ende, no existiría evidencia científica concluyente de efectos en salud para niveles inferiores a los establecidos por ICNIRP y no existiría evidencia sobre los mecanismos de acción que podrían predecir los efectos adversos a la salud (PUCV, 2021). En base a los resultados, ICNIRP continúa recomendando limitar la exposición a ondas electromagnéticas solo por precaución.

Simkó & Mattsson (2019) revisó 94 publicaciones dentro de las cuales se encuentran estudios *in vitro* e *in vivo* para campos electromagnéticos de radiofrecuencia a una frecuencia de 6 a 100 GHz. Concluyeron que no existiría una relación entre densidad de potencia, duración de exposición o frecuencia, y efectos de exposición, considerando que los estudios no son contundentes para proporcionar información adecuada y suficiente para una evaluación de seguridad con resultados significativos (PUCV, 2021).

La relación entre cáncer y exposición a ondas ha sido estudiada por diversos investigadores y organismos, especialmente en estudios en relación al el uso del teléfono (Aydin et al., 2011; Kwon et al., 2012; Luo et al., 2019), los cuales mostrarían que no existiría una correlación entre el desarrollo de cáncer cerebral, leucemia, o de tiroides.. Es más, para que se detecten efectos biológicos, los individuos deben estar expuestos a niveles de radiación mayores a los de situaciones cotidianas, y solo han sido vinculados a estimulación nerviosa y calentamiento de tejidos. No se han reconocido estos tipos de radiación no ionizante como causas de cáncer (IARC, 2016; McColl et al., 2015). A esto, la Sociedad Americana del Cáncer agrega: “*no existe una relación clara en este momento que la radiación de telefonía produzca efectos nocivos en la salud de las personas, pero los estudios actualmente en desarrollo darán una noción más clara de los efectos en el futuro*”.

³³ Se realizan estudios con teléfonos porque la potencia irradiada a por ese dispositivo a una persona es mayor que con cualquier otro dispositivo electrónico. Esto debido a que la distancia entre la persona y el teléfono celular es en comparación, mucho menor.

Según la OMS, debido a que la radiofrecuencia se propaga horizontalmente y generalmente las estaciones base de telefonía móvil se instalan en lo alto de edificios o en torres, a alturas de entre 15 y 50 metros no causarían problema ya que la radiofrecuencia no se propaga verticalmente, y alcanza su grado máximo en el origen y disminuye rápidamente con la distancia (Gobierno de Mexico, 2018).

Ninguna de las recientes revisiones indica algún tipo de consecuencia adversa en la salud por exposición a teléfonos celulares o estaciones base. Al presente, se continúan realizando varios estudios por ejemplo, por parte de la Swiss TPH (2021) y la OMS (WHO, 2022) para evaluar posibles efectos a largo plazo.

Teniendo en consideración los antecedentes previos, los límites de emisión a campos electromagnéticos que establece la regulación salvaguardan aún más la salud de la población.

3.4.3.2. Impactos de la Radiación Electromagnética en los seres vivos

Sobre los posibles efectos adversos de la exposición a los CEM en torno a especies de animales y plantas se ha publicado relativamente poco (WHO, 2022). La exposición a CEM se originaría por el mayor uso de la electricidad y su presencia en nuevas tecnologías. Mundialmente, las redes eléctricas se estarían expandiendo y reestructurando para suplir la demanda de electricidad y cambio de combustibles fósiles a energías renovables para hacer frente al calentamiento global. Estas redes en su mayoría emitirían campos estáticos y de baja frecuencia (WHO, 2022).

Los insectos están continuamente siendo expuestos a campos electromagnéticos con diferentes frecuencias (Thielens et al., 2018). Uno de los primeros estudios en insectos analizó la absorción de frecuencias entre los 2 GHz y 120 GHz para cuatro tipos de insectos, concluyendo que, en frecuencias mayores a los 6 GHz, la absorción es mayor. Particularmente en este estudio experimental se observó que la máxima absorción ocurrió a las frecuencias en que la longitud de ondas es comparable al tamaño del insecto (Thielens et al., 2018).

Una revisión reciente de la literatura sobre los efectos de la exposición a campos electromagnéticos de radiofrecuencia de vertebrados, invertebrados y plantas, mostró que el calentamiento dieléctrico puede suceder en frecuencias de 0,4 a 300 GHz, lo que incluye aquellas frecuencias en las que operan las redes de telecomunicaciones actuales, para todos los organismos estudiados (STOA, 2021). El calentamiento dieléctrico provocaría aumentos de la temperatura interna en los organismos o células, lo que a su vez tiene efectos biológicos como una respuesta termorreguladora. Al estudiar los resultados de estudios que investigan la exposición de la vida silvestre a campos electromagnéticos de radiofrecuencia, la revisión muestra varios estudios con deficiencias experimentales y la existencia de una literatura limitada sobre la exposición de invertebrados y plantas a campos electromagnéticos que supera los 6 GHz, por lo que se sugiere realizar más investigaciones al respecto (STOA, 2021).

4. Conclusiones

En el presente estudio se evalúa el cumplimiento del Anteproyecto de Norma de Emisión de Radiación Electromagnética asociada a equipos y redes de transmisión de servicios de telecomunicaciones.

La regulación en estudio responde a la necesidad de normar las emisiones de radiación electromagnética provenientes de equipos y redes de transmisión de servicios de telecomunicaciones, para proteger la salud de las personas.

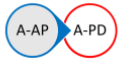
El límite de emisión asociada a la regulación se cumple por todas las estaciones base ubicadas en área general. Por tanto, no hay requerimientos de sustitución ni ajuste de la fuente para el cumplimiento del límite, y por tanto no se incurren en costos asociados a inversión. Se contemplan costos de fiscalización, que el ente fiscalizador deberá incurrir alcanzando los US\$ 23.526 anuales.

No se cuenta con información suficiente para realizar el análisis de impacto económico y social para las estaciones base en área sensible. No obstante, se realiza un ejercicio teórico imputando el promedio de contribución de terceros proveniente del área general. El ejercicio indica que sólo una fuente no cumpliría y requeriría de ajuste y no sustitución de la Estación Base.

Los beneficios identificados y asociados a la norma de emisión corresponden a la eventual disminución de impactos asociados a la reducción de emisiones de radiación electromagnética de las fuentes reguladas. Dado que aún no hay certeza científica sobre posibles efectos de la exposición sobre la salud a largo plazo (calentamiento de tejidos, estimulación nerviosa, entre otros), se indica cautela y el establecimiento de estándares con márgenes razonables para el cuidado de la salud que vele en el tiempo por la salud de la población expuesta con un principio precautorio. A su vez, se identifica que las exposiciones a campos electromagnéticos asociados a fuentes emisoras para telefonía móvil han reportado no ser dañinas para organismos vivos estudiados.

El análisis cuenta con limitantes en términos de disponibilidad de información. Dentro de las limitaciones del análisis se mencionan los beneficios por reducción de densidad de potencia que no fueron valorizados debido a la carencia de metodologías validadas a nivel internacional o falta de información base y la no disponibilidad de información relativa a la exposición a radiación electromagnética a largo plazo. Por ello, la evaluación se centró en la identificación de la mejor información científica disponible y reconocida internacionalmente.

Dado lo anterior, se hace necesaria la dictación de una norma ambiental que regule la emisión de ondas electromagnéticas, basada en principios de derecho ambiental, que tengan como objetivo la protección del riesgo a la salud para la población como la conservación del medio ambiente y la preservación de la naturaleza, y no solo una norma técnica basada en recomendaciones internacionales que no tienen necesariamente el enfoque medio ambiental. Es decir, se debería actuar incluso sin contar con una evidencia científica concluyente (MMA, 2022). Para ello la aplicación del principio precautorio conduce a un balance entre el riesgo y/o la probabilidad de que el daño se produzca y los costos económicos de las medidas propuestas, así como respecto de la probabilidad que las medidas sean efectivas para evitar el daño (FEMENÍAS, 2017 en MMA (2022)).



Es importante señalar que el presente documento es un apoyo a la toma de decisión de la autoridad y sirven para nutrir los procesos de Participación Ciudadana, el Consejo Consultivo y el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad y el Cambio Climático, por lo cual no debe ser considerado como el único o definitivo instrumento de evaluación. El AGIES del Anteproyecto corresponde solamente a uno de los múltiples antecedentes para la toma de decisión. Otros antecedentes corresponden por ejemplo a antecedentes geográficos y demográficos, datos históricos, situación política y la percepción pública respecto a la contaminación. Asimismo, existen un conjunto de beneficios no cuantificables que son igualmente importantes de contemplar al momento de la toma de decisiones.

Ficha Resumen del AGIES (AP)

ÍTEM	GLOSA	DESCRIPCIÓN
Identificación	Nombre AGIES	Análisis General de Impacto Económico y Social del Anteproyecto de la Norma de Emisión de Radiación Electromagnética asociada a equipos y redes de transmisión de servicios de telecomunicaciones
	Nombre instrumento normativo que da origen al AGIES	Norma de Emisión de emisión de Radiación Electromagnética asociada a equipos y redes de transmisión de servicios de telecomunicaciones
	Tipo de regulación	Norma de emisión de Radiación Electromagnética
	Fecha de término del AGIES	13 de Diciembre de 2022
	Alcance geográfico	Nacional
	Instrumento nuevo o revisión	Nuevo
	Área de aplicación	Asuntos Atmosféricos
Metodología	Metodología	Análisis Costo-Beneficio
	Normativas consideradas de línea base	Resolución Exenta N° 3103 del 2012 de SUBTEL
	Nivel de evaluación de costos	Se cuantifican costos de sustitución de antenas base y cuantificación de fiscalizaciones
	Nivel de evaluación de beneficios	Se identifican beneficios cualitativos a la salud humana y a seres vivos
Parámetros	Valor del dólar	855,7 pesos/dólar
Resultados	Costos estimados (Fiscalización)	US\$ 23.526 anual
	Beneficios identificados	A la salud humana y a seres vivos

5. Referencias.

- ACS, 2020. Radiofrequency (RF) Radiation [WWW Document]. URL <https://www.cancer.org/healthy/cancer-causes/radiation-exposure/radiofrequency-radiation.html>
- Adams, J.A., Galloway, T.S., Mondal, D., Esteves, S.C., Mathews, F., 2014. Effect of mobile telephones on sperm quality: A systematic review and meta-analysis. *Environ. Int.* 70, 106–112. <https://doi.org/10.1016/J.ENVINT.2014.04.015>
- Aydin, D., Feychting, M., Schüz, J., Tynes, T., Andersen, T.V., Schmidt, L.S., Poulsen, A.H., Johansen, C., Prochazka, M., Lanngren, B., Klæboe, L., Eggen, T., Jenni, D., Grotzer, M., Von Der Weid, N., Kuehni, C.E., Rössli, M., 2011. Mobile phone use and brain tumors in children and adolescents: A multicenter case-control study. *J. Natl. Cancer Inst.* 103, 1264–1276. <https://doi.org/10.1093/jnci/djr244>
- Boardman, A.E., Greenberg, D.H., Vining, A.R., Weimer, D.L., 2006. Cost-benefit analysis: concepts and practice. Prentice Hall, New Jersey.
- Bortkiewicz, A., Gadzicka, E., Szymczak, W., 2017. R E V I E W P A P E R MOBILE PHONE USE AND RISK FOR INTRACRANIAL TUMORS AND SALIVARY GLAND TUMORS-A META-ANALYSIS. *Int. J. Occup. Med. Environ. Health* 30, 27–43. <https://doi.org/10.13075/ijomeh.1896.00802>
- CCARS, 2020. 5G y salud.
- CEPAL, 2001. El principio precautorio en el derecho y la política internacional.
- El País, 2020. Un comité de expertos en campos electromagnéticos ratifica que el 5G es inocuo.
- FDA, 2020. Do Cell Phones Pose a Health Hazard? [WWW Document]. URL <https://www.fda.gov/radiation-emitting-products/cell-phones/do-cell-phones-pose-health-hazard>
- Gobierno de Mexico, 2018. Radiofrecuencias.
- Hanley, N.D. and C.L.S., 1993. Cost-Benefit Analysis and the Environment. Edward Elgar Publishing Ltd, Cheltenham, UK.
- Hooke, R., Jeeves, T.A., 1961. “Direct Search” solution of numerical and statistical problems. *J. Ass. Comput.* 8, 212–29.
- IARC, 2016. European Code Against Cancer. 12 Ways to reduce your cancer risk. Is there any cancer risk from non-ionizing radiation, like the electromagnetic fields from power lines, the microwaves used in microwave ovens, and the radio waves used for wireless technol [WWW Document]. URL <https://cancer-code-europe.iarc.fr/index.php/en/ecac-12-ways/radiation-recommendation>
- ICNIRP, 2020. GUIDELINES FOR LIMITING EXPOSURE TO ELECTROMAGNETIC FIELDS (100 KHZ TO 300 GHZ). <https://doi.org/10.1097/HP.0000000000001210>
- IEEE, 2019. C95.1-2019 - IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields, 0 Hz to 300 GHz. IEEE. <https://doi.org/10.1109/IEEESTD.2019.8859679>
- Khurana, V.G., Teo, C., Kundi, M., Hardell, L., Carlberg, M., 2009. Cell phones and brain tumors: a review including the long-term epidemiologic data. *Surg. Neurol.* 72, 205–214. <https://doi.org/10.1016/J.SURNEU.2009.01.019>
- Kwon, M.S., Vorobyev, V., Kännälä, S., Laine, M., Rinne, J.O., Toivonen, T., Johansson, J., Teräs, M., Joutsa, J., Tuominen, L., Lindholm, H., Alanko, T., Hämäläinen, H., 2012. No effects of short-term GSM mobile phone radiation on cerebral blood flow measured using positron emission tomography. *Bioelectromagnetics* 33, 247–256. <https://doi.org/10.1002/BEM.20702>

- Layard, R. and S.G., 1994. *Cost-Benefit Analysis*. Cambridge University Press., London, England.
- Luo, J., Deziel, N.C., Huang, H., Chen, Y., Ni, X., Ma, S., Udelsman, R., Zhang, Y., 2019. Cell phone use and risk of thyroid cancer: a population-based case-control study in Connecticut. *Ann. Epidemiol.* 29, 39–45. <https://doi.org/10.1016/J.ANNEPIDEM.2018.10.004>
- McColl, N., Auvinen, A., Kesminiene, A., Espina, C., Erdmann, F., de Vries, E., Greinert, R., Harrison, J., Schüz, J., 2015. European Code against Cancer 4th Edition: Ionising and non-ionising radiation and cancer. *Cancer Epidemiol.* 39, S93–S100. <https://doi.org/10.1016/j.canep.2015.03.016>
- MMA (2022). Minuta Elaboración línea base de emisiones. Norma de Emisión para Radiación Electromagnética.
- OPS, 2022. Determinantes Ambientales de Salud [WWW Document]. URL <https://www.paho.org/es/temas/determinantes-ambientales-salud>
- PUCV, 2021. ESTUDIO DE ANTECEDENTES PARA LA ELABORACIÓN DE NORMA DE EMISIÓN PARA REGULAR ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS EN EL AMBIENTE. Valparaíso.
- Simkó, M., Mattsson, O., 2019. 5G Wireless Communication and Health Effects-A Pragmatic Review Based on Available Studies Regarding 6 to 100 GHz. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 16, 1–23. <https://doi.org/10.3390/ijerph16183406>
- STOA, 2021. Environmental impacts of 5G A. Brussels.
- Swiss TPH, 2021. SwissNIS - Study to Continuously Monitor Electromagnetic Fields Exposure in Switzerland [WWW Document]. URL <https://www.swisstph.ch/en/projects/project-detail/project-action/detail/project-controller/Projects/project/study-to-continuously-monitor-electromagnetic-fields-exposure-in-switzerland/>
- Thielens, A., Bell, D., Mortimore, D.B., Greco, M.K., Martens, L., Joseph, W., 2018. Exposure of insects to radio-frequency electromagnetic fields from 2 to 120 GHz. *Sci. Rep.* 8, 1–10. <https://doi.org/10.1038/S41598-018-22271-3>
- WHO, 2022. Webinar on Electromagnetic fields: effects on flora and fauna [WWW Document]. URL <https://www.who.int/news-room/events/detail/2022/04/27/default-calendar/electromagnetic-fields-effects-on-flora-and-fauna>
- W.H.O., 2022. Radiation and health [WWW Document]. URL <https://www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health/radiation-and-health/non-ionizing/research>
- WHO, 2006. Marco para el desarrollo de estándares de CEM basados en la salud [WWW Document]. URL <https://www.who.int/es/publications/i/item/9241594330>
- Yilmaz, A., Tumkaya, L., Akyildiz, K., Kalkan, Y., Bodur, A.F., Sargin, F., Efe, H., Uydu, H.A., Yazici, Z.A., 2017. Lasting hepatotoxic effects of prenatal mobile phone exposure. *J. Matern. Neonatal Med.* 30, 1355–1359. <https://doi.org/10.1080/14767058.2016.1214124>