1. **PORTADA**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial**



**Título:**

ATENUACIÓN

**Carrera:**

Ingeniería en Telecomunicaciones.

**Unidad de Organización Curricular:**

Profesional

**Línea de Investigación:**

Tecnologías de Comunicación

**Nivel y Paralelo:**

Séptimo “A”

**Alumnos participantes:**

Josue Rafael Carrera Barrionuevo

Yessika Andrea Jaramillo Encalada

Jessica Lizbeth López Ricachi

Andrés Mateo Llerena Ortega

**Módulo y Docente:**

Propagación y Antenas-Ing. Julio Enrique Cuji

**Septiembre 2023 – Febrero 2024.**

1. **Índice**

Contenido

[**1.** **PORTADA** 1](#_Toc154066613)

[**2.** **Índice** 2](#_Toc154066614)

[**Título** 4](#_Toc154066615)

[**3.1** **Objetivos** 4](#_Toc154066616)

[**3.1.1** **Objetivo General:** 4](#_Toc154066617)

[**3.1.2 Objetivos Específicos:** 4](#_Toc154066618)

[**3.2** **Resumen** 4](#_Toc154066619)

[**3.3** **Palabras clave:** 4](#_Toc154066620)

[**3.4** **Introducción** 4](#_Toc154066621)

[**3.5** **Materiales y Metodología** 5](#_Toc154066622)

[**3.5.1** **Materiales:** 5](#_Toc154066623)

[**3.5.2** **Metodología** 5](#_Toc154066624)

[**3.5.2.1** **Atenuación** 5](#_Toc154066625)

[**3.5.2.2** **Atenuación por espacio libre** 5](#_Toc154066626)

[**3.5.2.3** **Ecuación de Radar** 6](#_Toc154066627)

[**3.5.2.4** **Absorción de Ondas** 7](#_Toc154066628)

[**3.5.2.5** **Absorción por lluvia** 7](#_Toc154066629)

[**3.5.2.6** **Absorción por nubes o neblina** 8](#_Toc154066630)

[**3.5.2.7** **Absorción por oxígeno y vapor de agua** 8](#_Toc154066631)

[**3.5.2.8** **Interferencia** 9](#_Toc154066632)

[**3.5.2.9** **Refracción** 9](#_Toc154066633)

[**3.5.2.10** **Reflexión** 10](#_Toc154066634)

[**3.5.2.11** **Dispersión** 10](#_Toc154066635)

[**3.5.2.12** **Difracción** 11](#_Toc154066636)

[**3.5.2.13** **Principio de Huygens** 11](#_Toc154066637)

[**3.6** **FORMULAS** 12](#_Toc154066638)

[**3.7** **Ejercicios** 13](#_Toc154066639)

[**3.8** **Conclusiones** 17](#_Toc154066640)

[**3.9** **Recomendaciones** 17](#_Toc154066641)

[**4.** **Referencias bibliográficas** 18](#_Toc154066642)

[Bibliografía 18](#_Toc154066643)

**Tabla de Ilustraciones**

[Ilustración 1. Atenuación. 5](#_Toc154066429)

[Ilustración 2. Ecuación de Radar 6](#_Toc154066430)

[Ilustración 3Absorción por lluvia 8](#_Toc154066431)

[Ilustración 4 Absorción por nubes o neblina 8](#_Toc154066432)

[Ilustración 5 Absorción por oxígeno y vapor de agua 9](#_Toc154066433)

[Ilustración 6 Interferencia. 9](#_Toc154066434)

[Ilustración 7 Refracción 10](#_Toc154066435)

[Ilustración 8 Reflexión. 10](#_Toc154066436)

[Ilustración 9 Dispersión. 11](#_Toc154066437)

[Ilustración 10 Difracción. 11](#_Toc154066438)

[Ilustración 11 Principio de Huygens. 11](#_Toc154066439)

1. **INFORME DEL PROYECTO**

**Título**

ATENUACIÓN

* 1. **Objetivos**
     1. **Objetivo General:**

Comprender y analizar cada uno de los parámetros importantes de la atenuación a la hora de propagarse en un medio de transmisión de señales electromagnéticos.

## **3.1.2 Objetivos Específicos:**

* Examinar las diversas formas de atenuación presentes en un medio de transmisión, tales como la atenuación por propagación, absorción y dispersión, con el fin de comprender su impacto en la disminución de la potencia de las señales.
* Elaborar un documento que incluya las principales fórmulas empleadas para calcular la atenuación de las señales en distintos medios de transmisión, con el objetivo de simplificar la realización de cálculos precisos de atenuación considerando factores como distancia, frecuencia y las características específicas del medio.
* Utilizar las fórmulas respectivas para la resolución de problemas prácticos y casos de estudio, mejorando de esta manera la comprensión sobre cómo factores particulares influyen en la atenuación de las señales, especialmente en el ámbito de las telecomunicaciones.
  1. **Resumen**

El estudio detallado en la exploración de diversas formas de atenuación en un medio de transmisión aborda aspectos como la atenuación por propagación, absorción y dispersión, con el propósito de entender cómo estas afectan la reducción de la potencia de las señales. Se desarrollará un documento que recopile las principales fórmulas para calcular la atenuación en diferentes medios, facilitando cálculos precisos considerando factores como distancia, frecuencia y características específicas del medio. La aplicación práctica de estas fórmulas en problemas y casos de estudio contribuirá a mejorar la comprensión de cómo factores particulares influyen en la atenuación de señales, especialmente en el ámbito de las Telecomunicaciones.

* 1. **Palabras clave:**

(Atenuación, medio de transmisión, señales electromagnéticas, propagación, absorción, dispersión, potencia de señales, fórmulas)

# **Introducción**

La optimización de la transmisión de señales electromagnéticas en el ámbito de las telecomunicaciones es esencial para garantizar una comunicación eficiente. En este contexto, la atenuación, manifestada a través de procesos como la propagación, absorción y dispersión en el medio de transmisión, juega un papel crítico.

Se abordará los parámetros clave relacionados con la atenuación, desglosando su impacto en la pérdida de potencia de las señales. Además de aspectos específicos, como la distancia, frecuencia y las características del medio, para proporcionar una visión detallada de su comportamiento.

# **Materiales y Metodología**

# **Materiales:**

* Computadora
* Internet
* Apuntes de la clase
* Software Microsoft Word
  + 1. **Metodología**
       1. **Atenuación**

Cuando una onda electromagnética se propaga en el espacio, su frente de onda se dispersa, lo que causa que las ondas se separen cada vez más entre sí. Esta dispersión esférica resulta en una reducción de la cantidad de ondas que alcanzan una unidad de área a medida que se alejan de la fuente. Como resultado, la densidad de potencia disminuye y se produce una pérdida de energía [1].

La atenuación puede ser causada por varios factores. Además de la dispersión esférica de la onda, también pueden influir la absorción, la interferencia, la refracción, la reflexión, la dispersión y la difracción. La absorción ocurre cuando los átomos y moléculas en el medio de transmisión absorben parte de la energía de la onda electromagnética. La interferencia se produce cuando dos o más ondas se superponen, lo que puede resultar en cancelaciones o refuerzos de la señal [1].

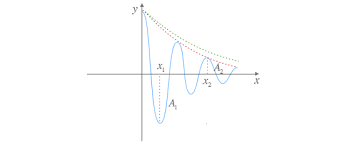


Ilustración 1. Atenuación.

.

* + - 1. **Atenuación por espacio libre**

Cuando una onda electromagnética se propaga en el espacio libre, sin obstrucciones ni influencias externas significativas, experimenta una reducción en su densidad de potencia a medida que se aleja de la fuente emisora. Este fenómeno es conocido como pérdida por espacio libre. Dicha pérdida se debe a la dispersión esférica de la onda, lo que implica que su energía se distribuye en un área cada vez mayor a medida que se propaga [1].

Es importante resaltar que la pérdida por espacio libre es un componente inherente a la propagación de las ondas electromagnéticas y no implica que la potencia emitida se disipe o se pierda. En realidad, la energía se extiende sobre un área más amplia a medida que la onda se aleja de la fuente, lo que resulta en una disminución de la densidad de potencia.

La magnitud de la pérdida por espacio libre está determinada por dos factores principales: la distancia entre la fuente y el punto de recepción, y la frecuencia utilizada para la transmisión. A medida que aumenta la distancia o la frecuencia, la pérdida por espacio libre también aumenta. Por lo tanto, es esencial considerar estos factores al diseñar y planificar sistemas de transmisión de telecomunicaciones [1].

α = 32.44 + 20 log f(MHz) + 20 log R(Km)

* + - 1. **Ecuación de Radar**

Es una fórmula ampliamente utilizada en sistemas de radar para calcular la relación entre la potencia transmitida, la potencia recibida y otros parámetros relevantes. Esta ecuación desempeña un papel fundamental en la evaluación y el diseño de sistemas de radar, ya que permite determinar la señal recibida por el radar y evaluar su rendimiento en términos de detección y alcance [1].

Diagrama

Descripción generada automáticamente

Ilustración 2. Ecuación de Radar

S= Superficie

Vector de Poynting en la superficie S

Potencia recibida en la superficie S

La densidad de potencia de recepción

Potencia de recepción

Atenuación por eco

En dB

* + - 1. **Absorción de Ondas**

El aire no es un vacío, sino que está formado por átomos y moléculas de distintas sustancias gaseosas, líquidas y sólidas, estos materiales pueden absorber a las ondas electromagnéticas causando pérdidas.

Hoy cuando la onda electromagnética se propaga a través de la atmósfera terrestre, se transfiere energía de la onda a los átomos y moléculas atmosféricas, la que se provoca una atenuación de las intensidades del campo electromagnético.

La medida en que una honda es absorbida es la atmósfera por sus distintas partículas que dependen de su frecuencia y es insignificante a menos de unos 100 GHz. Ah sí también depende del medio en la que se propaga.

Las pérdidas por absorción no dependen de la distancia a la fuente de radiación, sino más bien a la distancia total que la onda se propaga a través de la atmósfera.

Cuando la onda se propaga a través de un medio homogéneo y cuyas propiedades son uniformes las pérdidas por absorción en 1 km de propagación son las mismas que en el último kilómetro.

En caso de contar con lluvias intensas y neblina densa, las ondas electromagnéticas tienden a ser absorbidas en mayor proporción que cuando es normal. [2]

* + - 1. **Absorción por lluvia**

Durante la propagación se producen atenuaciones de la señal debidas a la absorción y dispersión causada por hidrometeoros como la lluvia la nieve, el granizo o la niebla. Estos efectos operan a frecuencias milimétricas, la tensión causada por la lluvia puede despreciarse para frecuencias por debajo de los 5 GHz.

La atenuación específica puede calcularse a partir de la recomendación de la UIT-R 838. La atenuación específica se obtiene a partir de la intensidad de la lluvia mediante la ley exponencial [2]

Dónde k y α son constantes que dependen de la frecuencia y la polarización de la onda electromagnética.

Diagrama

Descripción generada automáticamente

Ilustración 3Absorción por lluvia

* + - 1. **Absorción por nubes o neblina**

Es variable, ya que depende de la cantidad de nubes y de los tipos presentes tanto a su espesor como a su composición, aunque las nubes compuestas casi exclusivamente por partículas de hielo tienen un efecto prácticamente despreciable.

Gráfico

Descripción generada automáticamente con confianza mediaHoy depende de la longitud de onda del haz emitida, de la temperatura de la nube, del contenido del agua líquida y de la fase de precipitación.

Ilustración 4 Absorción por nubes o neblina

* + - 1. **Absorción por oxígeno y vapor de agua**

Los vapores de agua y de oxígeno no condensados poseen líneas de absorción en la banda de frecuencias de microondas y de ondas milimétricas causando atenuación en trayectos radioeléctricos terrestres y oblicuos.

Existen frecuencias donde se produce una gran atenuación separadas por ventanas de transmisión donde la atenuación es menor.

Hoy en el caso de vapor de agua, se produce fuertes líneas de absorción para longitudes de onda de 1,35 cm, 1,67 mm e inferiores.

En el caso del oxígeno las longitudes de onda de los picos de absorción son de 0,5 y 0,25 centímetros [2]

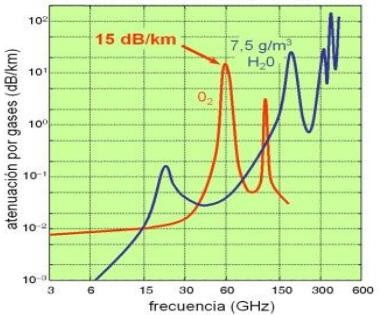


Ilustración 5 Absorción por oxígeno y vapor de agua

* + - 1. **Interferencia**

Es la superposición o suma de dos o más ondas dependiendo de la longitud de onda, la amplitud y de las distancias relativas entre las mismas, se distingue 2 tipos de interferencia. [2]

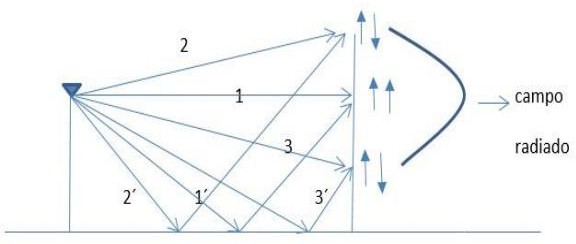
* La interferencia constructiva se produce cuando las ondas chocan o se superponen en fase, obteniendo una onda resultante con una amplitud mayor que las ondas iniciales.
* La interferencia destructiva ocurre cuando las ondas se superponen en antifaces, es decir, cuando las crestas de una onda coinciden con los valles de la otra y viceversa.

Ilustración 6 Interferencia.

* + - 1. **Refracción**

Las ondas de radio pueden experimentar desviaciones en su trayectoria cuando atraviesan diferentes medios de distinta densidad, las ondas electromagnéticas deben viajar a través de la atmósfera, que se compone de varias capas con propiedades diferentes. [2]

A medida que las ondas atraviesan estas capas, pueden experimentar cambios en su velocidad y dirección, lo que resulta en un ángulo de desviación.

Diagrama

Descripción generada automáticamente

Ilustración 7 Refracción

* + - 1. **Reflexión**

Gráfico, Gráfico de líneas

Descripción generada automáticamenteLa reflexión de una onda se refiere al fenómeno en el cual la onda rebota al encontrarse con un obstáculo, como una pared u otro objeto sólido. Cuando una onda incide sobre el obstáculo, parte de su energía es absorbida por el mismo, lo que puede causar vibraciones o resonancia en el objeto. Sin embargo, también ocurre una reflexión de la onda, donde una parte de la energía se transmite de vuelta a las partículas del medio incidente.

Ilustración 8 Reflexión.

* + - 1. **Dispersión**

Ocurre cuando las ondas de radio atraviesan alguna masa de electrones o pequeñas gotas de agua en grandes áreas. En comunicaciones depende del tamaño de la longitud de onda de la señal y el diámetro de la gota de agua de lluvia, hoy sí el diámetro es menor la atenuación es pequeña, pero si el diámetro es mayor la ordenación aumentará.

Gráfico

Descripción generada automáticamente

Ilustración 9 Dispersión.

* + - 1. **Difracción**

Diagrama

Descripción generada automáticamenteEs el espaciamiento de las ondas en los límites de una superficie, quiere decir que para que exista difracción tiene que haber un obstáculo entre fenómeno, es de gran utilidad para las zonas de sombra de señal que pueden ser producidas por grandes edificios o montañas.

Ilustración 10 Difracción.

* + - 1. **Principio de Huygens**

Cada punto en el frente de una onda puede ser tratado como una fuente secundaria en movimiento, desplazándose a la misma velocidad que la onda misma.

Cada punto en un frente de onda actúa como una fuente puntual que emite ondas secundarias en todas las direcciones. Estas ondas secundarias se propagan desde cada punto del frente de onda, extendiendo la forma y la energía de la onda original a medida que se desplaza a través del medio [2].

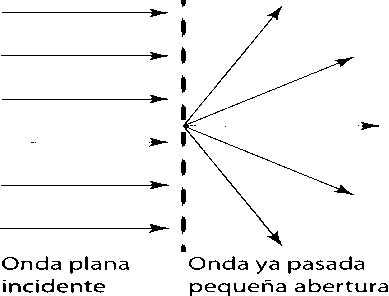


Ilustración 11 Principio de Huygens.

# Tabla Descripción generada automáticamenteTabla Descripción generada automáticamente **FORMULAS**

Tabla

Descripción generada automáticamente

# **Ejercicios**

1. **Un radar mono estático recibe la señal de un avión que se encuentra a una distancia de 4 km y volando a 50 m de altura. El trayecto de las ondas electromagnéticas transcurre sobre el mar, donde se producen reflexiones con un coeficiente**

**¿Cuál es la potencia de señal recibida a la salida de la antena del radar si el avión puede modelarse con una sección recta-radar de 1000**

Datos:

Diagrama

Descripción generada automáticamente

Las distancias recorridas por los rayos directo y reflejado son:

Por tanto, la reflexión en el mar produce una variación en la potencia recibida con respecto al caso de espacio libre:

La potencia recibida por el radar proveniente del avión en condiciones de espacio libre puede calcularse como:

La potencia recibida con reflexiones será:

1. **Una fibra óptica tiene una longitud de 3 km y una atenuación de 0,4 . Suponiendo que la fibra puede modelarse como un canal ideal, mediante un retardo y una atenuación a través de la respuesta impulsional . Suponer que la velocidad de propagación de la señal a través de la fibra es de 270.000 Determinar los valores de la atenuación y el retardo .**

Para calcular el retardo en el canal, es necesario determinar el tiempo que la señal empleará en recorrer los 3 kilómetros de longitud de la fibra óptica. Al emplear la velocidad, definida como la relación entre la distancia recorrida y el tiempo, podemos obtener:

Para determinar la atenuación, es necesario considerar que, si la señal experimenta una atenuación de 0,4 dB por cada kilómetro, la atenuación total en 3 kilómetros sería de 0,4x3 dB, equivalente a 1,2 dB. Además, es importante tener en mente que, si la amplitud de la señal se multiplica por un factor α, la potencia se verá afectada por un factor α2. De este modo, podemos calcular el valor de la atenuación.

1. **Para una onda electromagnético que se propaga con una frecuencia de 174 MHz. Calcular la atenuación por espacio libre, la potencia de recepción en W y en dBm, el campo en el espacio libre en y dBu. Si la potencia de transmisión es de 25 W, las antenas de transmisión y recepción tiene una ganancia de 10 y 15 dB respectivamente y la distancia es de 25 km.**

Datos:

Formulas a utilizar:

Formula de atenuación por espacio libre

Formula de Freez

Formula PIRE

**Resolución:**

**Calculamos la atenuación por espacio libre:**

**Convertimos las Ganancias a W**

**Determinamos el valor de**

**Encontramos la potencia de recepción en W y en dBm**

**Encontramos el campo en el espacio libre en y**

1. **Determine la potencia de salida de una antena receptora que tiene una ganancia directiva de 5, con una eficiencia del 80%, que se encuentra a 20 km de una antena que tiene una potencia de entrada de 40 w y ganancia directiva de 4 con eficiencia de 70%. La frecuencia de operación es de 150 MHz.**

**Calcular la atenuación por espacio libre.**

Datos:

*:*

Determinamos la atenuación por espacio libre:

Calculamos la potencia de salida:

* 1. **Conclusiones**
* Se realizó un detenido análisis de los distintos factores que afectan la reducción de una onda electromagnética al moverse a través de un medio de transmisión. Se llegó a la conclusión de que la conductividad, permitividad, permeabilidad y la forma del medio juegan un papel fundamental en la transmisión y disipación de energía de la onda.
* Se llevaron a cabo actividades relacionadas con ejercicios, durante las cuales se recopilaron datos significativos que posibilitaron la identificación de patrones y relaciones entre los factores y la reducción de la onda. El uso de esta herramienta de recopilación de datos simplificó el análisis y la comprensión de los factores que afectan la atenuación, proporcionando de esta manera una base más detallada y fundamentada para la investigación.
* La aplicación práctica de las fórmulas del formulario ha facilitado una comprensión más clara de cómo diversos factores afectan la atenuación de las señales. Esta experiencia práctica ha brindado una perspectiva más completa sobre cómo contrarrestar los efectos de la atenuación y mejorar la calidad de las transmisiones. Esto se logra al considerar estrategias como la selección adecuada de antenas y el análisis de factores como absorción, interferencia, refracción, reflexión, dispersión y difracción.
  1. **Recomendaciones**
* La aplicación práctica de las fórmulas del formulario ha facilitado una comprensión más clara de cómo diversos factores afectan la atenuación de las señales. Esta experiencia práctica ha brindado una perspectiva más completa sobre cómo contrarrestar los efectos de la atenuación y mejorar la calidad de las transmisiones. Esto se logra al considerar estrategias como la selección adecuada de antenas y el análisis de factores como absorción, interferencia, refracción, reflexión, dispersión y difracción.
* Se recomienda el uso de frecuencias más bajas en la transmisión de ondas electromagnéticas, dado que se ha notado un incremento en la atenuación con la frecuencia. La elección de frecuencias más bajas puede ayudar a disminuir la pérdida de señal y a optimizar la calidad de la transmisión.
* Es aconsejable llevar a cabo un análisis exhaustivo del medio de transmisión y escoger el más apropiado para reducir la atenuación. Ciertos medios pueden tener una pérdida de señal menor que otros, por lo que resulta crucial tener en cuenta las particularidades del entorno y los obstáculos existentes.

1. **Referencias bibliográficas**

# Bibliografía

|  |  |
| --- | --- |
| [1] | F. R. Pascual, «Radiocomunicaciones,» ISBN:9788426714497, 2007. |
| [2] | J. E. C. RODRIGUEZ, «Propagacion y Antenas,» Ambato. |