

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA
ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



NOV 2019



INFORME FINAL DEL TEXTO

TEXTO: "TECNOLOGÍA DE LAS TELECOMUNICACIONES QUE DEMANDAN
EL USO DEL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO Y RADIOFRECUENCIA EN
LOS SISTEMAS INALÁMBRICOS"

AUTOR: M.Sc. CRUZADO MONTAÑEZ, Luis Ernesto

(PERIODO DE EJECUCIÓN DEL 01/01/2017 AL 31/12/2017)

(Resolución Aprobado N° 087-2017-R)

CALLAO - 2019

Handwritten signature or initials in blue ink.

DEDICATORIA

Dedico a Dios
Todopoderoso que me
ayuda en los momentos más
difíciles, a la memoria de mis
padres y a mi familia
esposa e hijos por su
apoyo y fortaleza que me
brindan.



AGRADECIMIENTO

En el presente trabajo agradezco a Dios infinito por bendecirme y darme el apoyo en los momentos más difíciles.

A la Universidad Nacional del Callao por brindarme la oportunidad de crecer profesionalmente a nivel de Posgrado en Ingeniería Eléctrica

A mis profesores y compañeros de estudios y compañeros de trabajo por sus amplios conocimientos que me brindaron para este trabajo de investigación.



ÍNDICE

ÍNDICE.....	1
PRÓLOGO.....	4
INTRODUCCIÓN.....	5
CAPITULO I EL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO	6
1.1. Definición.....	6
1.2. Características del espectro electromagnético.....	6
1.2.1. Radiofrecuencia.....	6
1.2.2. Microondas.....	7
1.2.3. Los Rayos T.....	9
1.2.4. Radiación Infrarroja.....	9
1.2.5. Luz Ultravioleta.....	12
1.2.6. Rayos X.....	13
1.2.7. Rayos Gamma.....	14
1.3. Interferencia en el espectro electromagnético.....	15
1.3.1. Fuente de la interferencia electromagnética.....	19
1.3.2. Causa de la interferencia electromagnética.....	19
1.3.3. Clasificación de la Interferencia Electromagnética.....	20
CAPITULO II RADIO PROPAGACIÓN Y RUIDO	22
2.1 Radio propagación y mecanismos de propagación.....	22
2.1.1 Mecanismo de propagación:.....	24
2.2 Ruido y fuentes de ruido.....	29
2.2.1 Clasificación del ruido por su espectro frecuencial.....	30
2.2.2 Fuentes de ruido.....	34
CAPITULO III TECNOLOGÍAS QUE DEMANDAN EL USO DEL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO.....	37
3.1 Tecnología inalámbrica.....	37
3.1.1 Evolución de la tecnología inalámbrica.....	39
3.1.2 Funcionamiento de la tecnología inalámbrica.....	41
3.1.3 Tipos de tecnología inalámbrica.....	43
3.2 Sistemas de comunicación impacto de la tecnologías.....	44
3.2.1 Características de las tecnologías de la información en sistemas de	



comunicación	45
3.2.2 Recursos Telemáticos: Las Redes De Comunicación.....	47
CAPITULO IV INTERFERENCIAS EN EL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO	51
4.1 Interferencia en el espectro electromagnético	51
4.1.1 Tipos de interferencias	58
4.1.2 Control y establecimiento de limites	60
V. REFERENCIALES	68
VI. APÉNDICE	69
ANEXOS	70

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1: Radiofrecuencia.....	7
Gráfico N° 2: Horno microondas	8
Gráfico N° 3: Radiografía	9
Gráfico N° 4: Radiografía Infrarroja.....	10
Gráfico N° 5: Infrarrojo	12
Gráfico N° 6: Rayos Ultravioleta	13
Gráfico N° 7: Rayos X.....	14
Gráfico N° 8: Rayos Gamma-Nebulosa	15
Gráfico N° 9: Espectro Electromagnético.....	16
Gráfico N° 10: Clases de radiación	18
Gráfico N° 11: Propagación terrestre	23
Gráfico N° 12: Ruido Blanco	30
Gráfico N° 13: Ruido Térmico	33
Gráfico N° 14: Distorsión	35
Gráfico N° 15: Fotófono Bell – Tainter	37
Gráfico N° 16: Esquema de funcionamiento de un fotófono	38
Gráfico N° 17: Red Aloha.....	39
Gráfico N° 18: Onda electromagnética	42
Gráfico N° 19: Longitud y frecuencia de onda electromagnética	42
Gráfico N° 20: Redes de comunicación	47
Gráfico N° 21: Fuentes de EMI	51
Gráfico N° 22: Señal afectada por efectos EMI.....	52
Gráfico N° 23: Espectro electromagnético	52
Gráfico N° 24: Largura de onda, frecuencia y energía para regiones seleccionadas del espectro electromagnético.	53
Gráfico N° 25: Tipos de acoplamiento generando ruido en instalaciones industriales.....	56
Gráfico N° 26: Onda electromagnética	58
Gráfico N° 27: Longitud de onda.....	60
Gráfico N° 28: Calculo de longitud de onda	66



PRÓLOGO

El presente trabajo de investigación **“TEXTO: TECNOLOGÍA DE LAS TELECOMUNICACIONES QUE DEMANDAN EL USO DEL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO Y RADIOFRECUENCIA EN LOS SISTEMAS INALÁMBRICOS”**, pone a disposición del alumno conocimientos de la tecnología y uso actual en las telecomunicaciones del espectro electromagnético y radio frecuencia, así como los fundamentos matemáticos que se requieren sobre el estudio experimental, para ello utilizaremos una propuesta en los sistemas inalámbricos.

El desarrollo de este trabajo será de gran ayuda al estudiante como texto que contenga los lineamientos básicos del estudio del curso de telecomunicaciones de forma experimental, utilizando los avances tecnológicos.



INTRODUCCIÓN

El desarrollo del trabajo de investigación **“TEXTO: TECNOLOGÍA DE LAS TELECOMUNICACIONES QUE DEMANDAN EL USO DEL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO Y RADIOFRECUENCIA EN LOS SISTEMAS INALÁMBRICOS”** será de suma importancia porque constituye un trabajo de divulgación científica, en donde se abordará los diversos temas Experimentales de la Asignatura de Telecomunicaciones, que son fundamentales en la formación profesional del Ingeniero Electrónico y Telecomunicaciones.

Por lo expresado anteriormente el informe de texto está completamente justificado, porque es un aporte académico que beneficiará a los estudiantes de ingeniería, principalmente de ingeniería Electrónica y a los profesores que dictan el curso de Telecomunicaciones.

La enseñanza de la Asignatura de Telecomunicaciones es fundamental para los estudiantes de la FIEE porque constituye la base para su formación profesional.



CAPITULO I

EL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

1.1. Definición

Se denomina espectro electromagnético al repartimiento energético de todas las ondas electromagnéticas. Así también a la radiación electromagnética que el espectro de emisión emite o absorbe, a través del espectro de absorción, una sustancia. Lo que sirve para reconocer la sustancia de manera análoga a una huella dactilar. Los espectroscopios son aquellos que permiten observar el espectro además de, con ello, lograr realizar medidas sobre este tales como: frecuencia, intensidad y la longitud de onda.

1.2. Características del espectro electromagnético

Según (Luque Ordoñez, 2007), "Se define la propagación como un mecanismo de transporte de energía en el espacio y en el tiempo. Una onda es una propagación de una perturbación de alguna propiedad en un medio determinado. Ejemplos de propiedades son la densidad, la presión, el campo eléctrico o el campo magnético"

El espectro electromagnético suele cubrir 1 territorio de longitudes de onda que varían entre 22 órdenes de magnitud, que consideran desde los rayos gamma hasta ondas de radio. Una pequeña parte de estos suelen ser visibles para el ser humano.

La radiación contribuye de manera significativa a un balance energético del planeta tierra esto está conformado por las ondas electromagnéticas con longitudes de onda que oscilan entre los 100 μm y los 100 μm . La radiación de la onda corta (UV) es estudiada para entender la relación entre la región de las ondas microondas y el espectro.

1.2.1. Radiofrecuencia

Las ondas de radio son uno de estas frecuencias electromagnéticas que suelen ser usadas por medio de antenas que tienen un gran tamaño, esto se da teniendo en cuenta el principio de resonancia, se debe tener en cuenta los límites de cientos de metros alrededor 1 μm .

Son usadas normalmente para transmitir datos se dan debido a modulaciones. La televisión, los teléfonos móviles, las resonancias magnéticas usadas en el sector

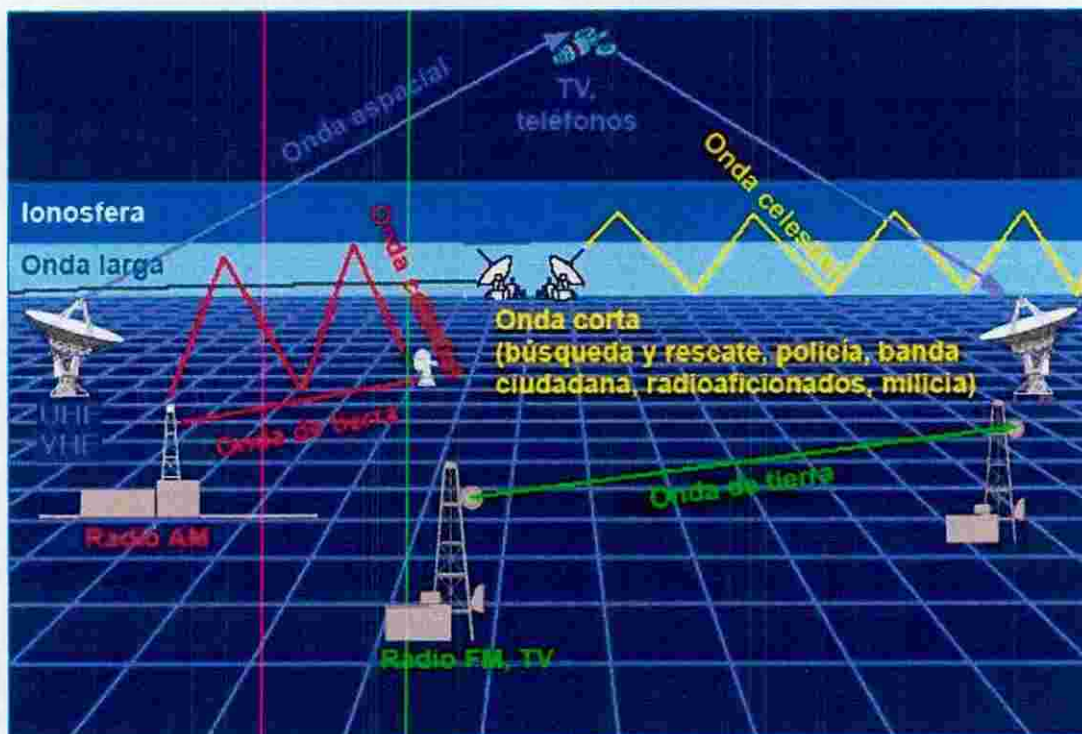
de medicina y redes inalámbricas, son algunos de los usos de manera frecuente de las ondas de radio.

Estas ondas de radio pueden trasladar información alternando la combinación de amplitud, la frecuencia y la fase de la onda dentro de 1 llamada banda de frecuencia. Los usos de estos espectros de la radio son regulados por los gobiernos de cada país por medio de una asignación de frecuencias.

La radiación al hacer contacto con 1 conductor se empareja con él y viaja a lo largo de este, provocando una corriente eléctrica en la superficie de este conductor debido a la excitación de electrones del material de conducción.

Este efecto es conocido como efecto piel que suele utilizarse en las antenas. La radiación electromagnética de la misma manera puede llegar a hacer que las ciertas moléculas sean las que absorban energía y se lleguen a calentar, esta es 1 característica que se tiende a utilizar con mucha frecuencia en los microondas.

GRÁFICO N° 1: RADIOFRECUENCIA



Fuente: (2012) Danilo Fernando

1.2.2. Microondas

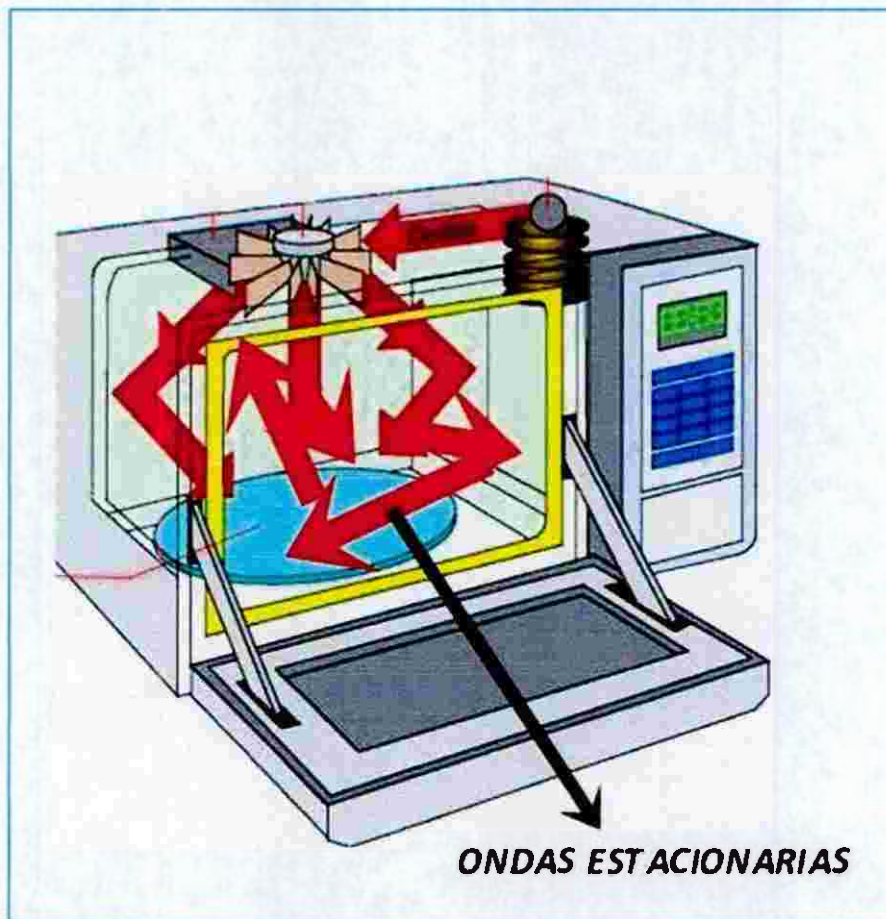
La frecuencia que es alta (SHF) y también la frecuencia a la que se le denomina extremadamente alta (EHF) de las ondas microondas son las siguientes en la

escala de las frecuencias. Las ondas microondas son las clases de ondas que suelen ser lo suficientemente cortas como para llegar a usar las guías de las ondas metálicas tubulares de unos diámetros razonable.

La energía de las microondas se tiende a producir con los tubos de klistrón y también con los tubos de magnetrón, y con los llamados diodos de estado sólido como por ejemplo los dispositivos Gunn e IMPATT. Las microondas tienden a ser absorbidas por las moléculas que poseen un momento dipolar en los líquidos.

En un artefacto llamado horno microondas, este tipo de efecto se utiliza para llegar a calentar la comida. La radiación de las microondas de una baja intensidad se utiliza en las llamadas y muy conocidas Wi-Fi.

GRÁFICO N° 2: HORNO MICROONDAS



Fuente: (2007) Luque Ordoñez

El horno microondas que es promedio, cuando se encuentra activo, está en 1 rango muy cercano y también es bastante poderoso como para llegar a causar la interferencia con los campos electromagnéticos que se encuentran mal protegidos,

como por ejemplo los que se encuentran en los instrumentos médicos que se pueden movilizar y también en los aparatos electrónicos que son baratos.

1.2.3. Los Rayos T

La radiación de terahertzios o también conocidos como los Rayos T suelen ser una región del espectro que se encuentra ubicada entre el infrarrojo lejano y las ondas microondas. Hasta no hace mucho, este tipo de rango se encontraba muy escasamente estudiado, ya que apenas se hallaban fuentes para la energía de microondas en el extremo elevado de la banda que son las ondas submilimétrica o también denominadas como las ondas terahertzios.

Sin embargo, se encuentran apareciendo las aplicaciones para llegar a mostrar las imágenes y las comunicaciones. Los científicos también tienden a buscar el poder aplicar la tecnología de los rayos T en las fuerzas armadas de las naciones, que es en donde podrían llegar a utilizarse para dirigirlas a las tropas enemigas, debido a que las ondas de alta frecuencia son las que incapacitan a todos los equipos electrónicos cercanos.

GRÁFICON° 3: RADIOGRAFÍA



Fuente: (2006) Christian Oberli

1.2.4. Radiación Infrarroja

La parte infrarroja del Espectro Electromagnético que tiende a cubrir el rango desde más o menos los 300 GHz que son 1 mm hasta los 400 THz que suele ser los 750 nm. Está puede llegar a ser dividida en unas 3 partes que son:

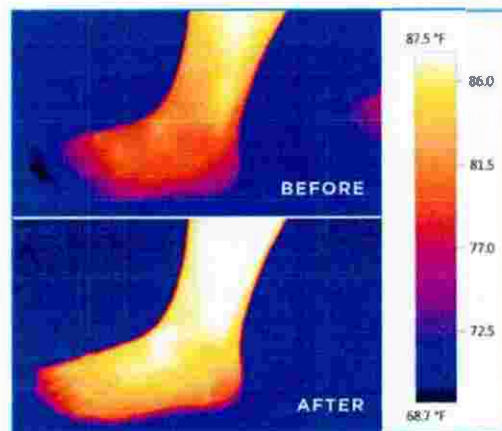
Infrarrojo Lejano

Este va desde los 300 GHz que tiende a ser unos 1 mm hasta los 30 THz que son los 10 μm . La parte inferior de dicho rango también puede llegar a llamarse microondas. Esta clase de radiación suele ser absorbida por los denominados modos rotatorios en las moléculas en la fase gaseosa, este es por medio de los movimientos moleculares que se encuentran en los líquidos, y también por medio de los fotones en los sólidos.

El agua ubicada en la atmósfera de la Tierra tiende a absorber tan fuertemente dicha radiación que es conferida a la atmósfera por una efectividad opaca. Sin embargo, existen ciertos rangos de longitudes de onda o se puede decir de «ventanas» dentro del rango opaco que son los que le permiten la transmisión parcial, y pueden llegar a ser usados en la astronomía.

El rango de la longitud de onda de aproximadamente unos 200 μm hasta unos pocos mm tiende a denominarse «radiación submilimétrica» en la astronomía, llegando a reservar el infrarrojo lejano para unas longitudes de onda por debajo de los 200 μm .

GRÁFICO N° 4: RADIOGRAFÍA INFRARROJA



Fuente: (2012) Pedro Tutivén

Infrarrojo Medio

Este es desde los 30 hasta los 120 THz que son de 10 a 2.5 μm . Los objetos calientes por ejemplo los radiadores de cuerpo negro pueden llegar a emitir fuertemente en este tipo de rango. Se absorbe por las vibraciones moleculares, esto quiere decir, cuando los diferentes tipos de átomos encontrados en 1 molécula

vibran en torno de sus posiciones de equilibrio.

Este rango suele ser llamado, en ciertas ocasiones, región de huella digital, debido a que el espectro de absorción del mismo infrarrojo medio de cada compuesto tiende a ser muy específico.

Infrarrojo Cercano

Este es el que va desde los 120 hasta los 400 THz que son aproximadamente unos 2.500 a 750 nm. Los procesos físicos que tienden a ser relevantes para este tipo de rango son muy parecidos al de la luz visible.

Radiación Visible (Luz)

La frecuencia que está por encima del infrarrojo es la llamada luz visible. Este tipo de rango es el que se encuentra en el Sol y también en las estrellas ya que son parecidas a él en cuanto a que emiten la mayor parte de su radiación. No es posible 1 clase de coincidencia que el ojo humano puede ser sensible a las longitudes de la onda que el sol tiende a emitir con más fuerza.

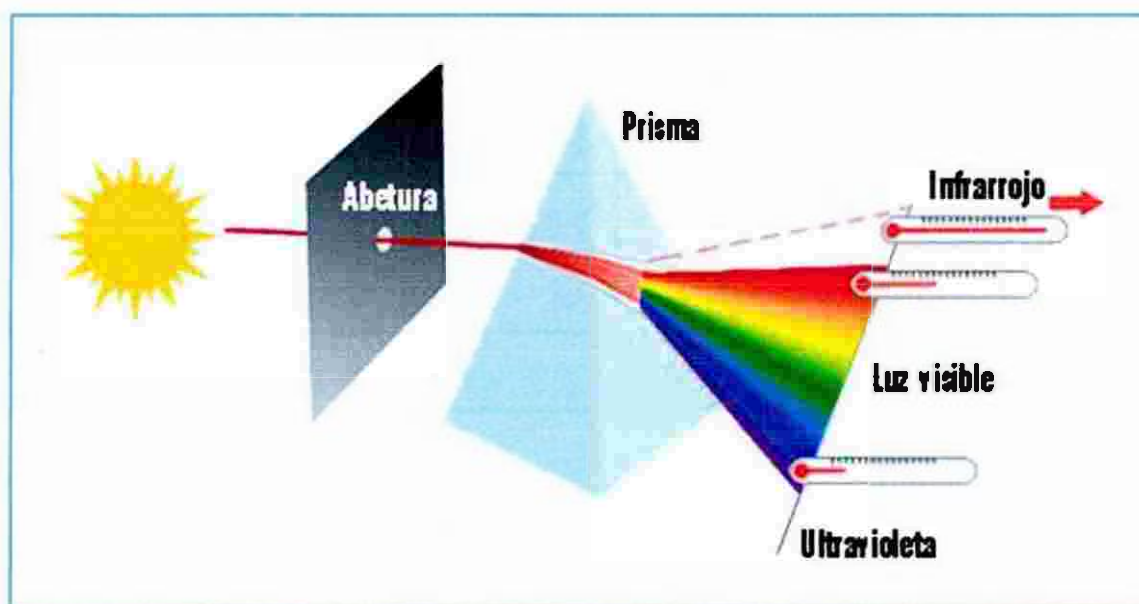
La luz visible y también la luz cercana al infrarrojo son ambos absorbidas y también emitidas por los electrones en las moléculas y en los átomos que se mueven desde un tipo de nivel de energía a otro. La luz que llegamos a ver con nuestros ojos es realmente una muy pequeña parte del Espectro Electromagnético.

Un arco iris tiende a mostrar la parte óptica es decir la parte visible del Espectro Electromagnético; el infrarrojo si pudiera llegar a verse el cual estaría ubicado justamente muy próximo del mismo lado rojo del arco iris, mientras que el ultravioleta se encontraría tras el violeta.

La radiación electromagnética con 1 longitud de la onda entre aproximadamente los 400 nm y los 700 nm tienden a ser detectados por el ojo humano y es percibida como una luz visible.



GRÁFICO N° 5: INFRARROJO



Fuente: (2012) Pedro Tutivén

A otras clases de longitudes de onda, sobre todo al denominado infrarrojo cercano que es más largo de los 700 nm y también al ultravioleta que tiende a ser el más corto que tan solo unos 400 nm también se les llega a llamar como luz en ciertas ocasiones, sobre todo cuando la visibilidad para las personas no es relevante.

Como menciona (Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, 2017), "Como la radiación electromagnética consiste en un campo eléctrico (y otro magnético) que cambia periódicamente con cierta frecuencia, si se hace incidir sobre un dipolo un fotón de la misma frecuencia con que va cambiando el momento dipolar de un enlace molecular, se producirá una transferencia de energía debido a un fenómeno físico que se llama resonancia, cuya consecuencia será que el dipolo absorba el fotón."

1.2.5. Luz Ultravioleta

La siguiente frecuencia en el espectro electromagnético es el denominado ultravioleta o también es conocido como los rayos UV, que es la que consiste en la radiación de la cual cuya longitud de onda tiende a ser más corta que el extremo violeta visible del espectro.

Al ser una radiación muy energética, la radiación ultravioleta puede llegar a romper los enlaces químicos, haciendo a las mismas moléculas a excepción de las

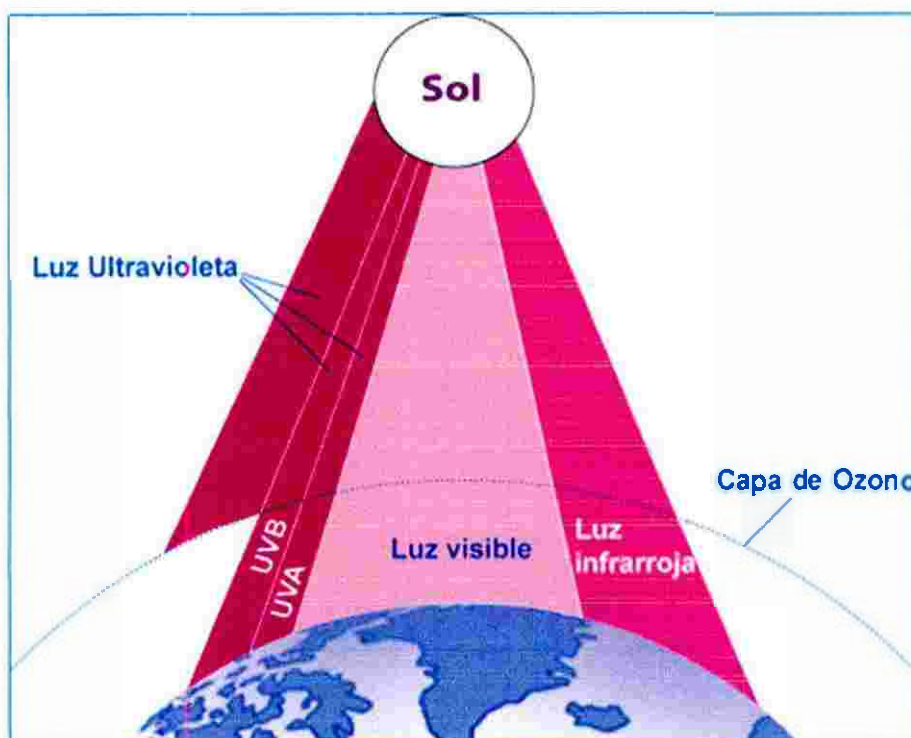


reactivas o ionizándolas, lo que llega a cambiar su comportamiento.

Las quemaduras solares, como, por ejemplo, se encuentran causadas por los efectos muy perjudiciales de la radiación UV sobre las células de la piel las cuales son emitidas por la estrella llamada el Sol, y pueden llegar a causar incluso hasta el cáncer de piel si la radiación llega a dañar todas las moléculas de ADN que se encuentran complejas en las células ya que la radiación UV es un tipo de mutágeno.

El Sol tiende a emitir 1 gran cantidad de radiación UV, lo que podría llegar a convertir rápidamente al planeta Tierra en una clase de desierto estéril si no fuera porque, en su mayor parte, esta suele ser absorbida por la capa de ozono ubicada en la atmósfera del planeta antes de poder alcanzar la superficie.

GRÁFICO N° 6: RAYOS ULTRAVIOLETA



Fuente: (2017) American Cancer Society

1.2.6. Rayos X

Después del ultravioleta aparecen los llamados rayos X. Los rayos X son duros poseen unas longitudes de onda que son más cortas que los mismos rayos X suaves. Se utilizan por lo general para ver por medio de algunos objetos, así como también para la física de la alta energía y hasta de la astronomía.

Las estrellas de neutrones y también los discos de acreción que se encuentran



alrededor de los agujeros negros tienden a emitir unos rayos X, lo que les permite a los científicos poder estudiarlos.

Los rayos X pasan por una mayor parte de las sustancias, y esto es lo que los hace muy útiles en el área de la medicina e industria. También tienden a ser emitidos por las mismas estrellas, y de una manera especial por algunos tipos de nebulosas. Un aparato de la radiografía que funciona llegando a disparar un haz de electrones sobre algún tipo de «objetivo». Si los electrones se llegaran a disparar con una suficiente energía, se producen los rayos X.

GRÁFICO N° 7: RAYOS X



Fuente: (2015) National Institute of Biomedical Imaging and Bioengineering

1.2.7. Rayos Gamma

Después de los Rayos X que son duros vienen los llamados rayos gamma. Estos tienden a ser los fotones que se encuentran más energéticos, y no es conocido el límite más bajo de la longitud de su onda.

Ellos son muy útiles para los astrónomos en el estudio de los objetos o también de las regiones de la alta energía, y son muy útiles para los grandes físicos todo esto es gracias a la capacidad penetrante y también a su producción de radioisótopos que posee. La longitud de la onda de los rayos gamma puede llegar a medirse con la gran exactitud por medio de la dispersión de Compton.



No existe ningún límite de manera exacta que sea definido entre las bandas del Espectro Electromagnético. Algunos de los diversos tipos de radiación poseen una mezcla de las propiedades de las radiaciones que se encuentran en las 2 regiones del llamado espectro. Por ejemplo, la luz roja se tiende a parecer a la radiación de la infrarroja en que puede llegar a resonar ciertos enlaces químicos.

GRÁFICO N° 8: RAYOS GAMMA-NEBULOSA



Fuente: (2012) Pedro Jimenez

1.3. Interferencia en el espectro electromagnético

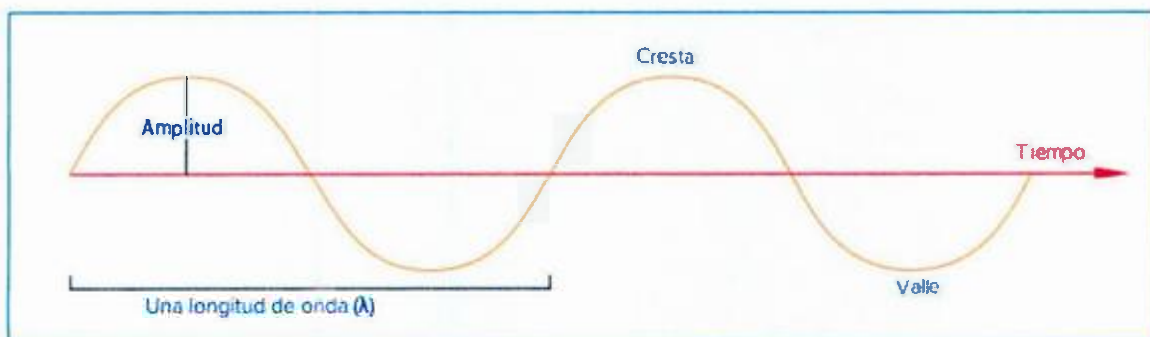
Propiedades básicas de las ondas: amplitud, longitud de onda y frecuencia

Según menciona (Tutivén López, 2012), "En el medio en que vivimos, hay campos electromagnéticos por todas partes, pero son invisibles para el ojo humano. Se producen campos eléctricos por la acumulación de cargas eléctricas en determinadas zonas de la atmósfera por efecto de las tormentas. El campo magnético terrestre provoca la orientación de las agujas de los compases en dirección Norte-Sur y los pájaros y los peces lo utilizan para orientarse."

Como tal vez ya sabrás, una onda tiene un *valle* (punto más bajo) y una *cresta* (punto más alto). La distancia vertical entre la punta de la cresta y el eje central de la onda se conoce como *amplitud*. Esta es la propiedad asociada con el brillo, o intensidad, de la onda. La distancia horizontal entre dos crestas o valles consecutivos de la onda se conoce como *longitud de onda*. Podemos visualizar estas longitudes de onda de la manera siguiente:



GRÁFICO N° 9: ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO



Fuente: (2017) Rogelio Meléndez

Ten en cuenta que algunas ondas (incluyendo las ondas electromagnéticas) también oscilan en el espacio, y por lo tanto oscilan en una posición dada conforme pasa el tiempo. La cantidad de la onda conocida como *frecuencia* describe el número de longitudes de onda completas que pasan

por un punto dado del espacio en un segundo; la unidad del SI para la frecuencia es el hertz (Hz), que se lee "por segundo" (y $\frac{1}{s}$ o s^{-1} se escribe).

Como te imaginarás, la longitud de onda y la frecuencia son inversamente proporcionales; es decir, mientras más corta sea la longitud de onda, más alta será la frecuencia, y viceversa. Esta relación está dada por la ecuación siguiente:

$$c = \lambda \nu$$

donde λ (la letra griega "lambda") es la longitud de onda (en metros m) y ν (la letra griega "nu") es la frecuencia (en Hertz, Hz). Su producto es igual a la constante c , la velocidad de la luz, que es igual a $3 \times 10^8 \frac{m}{s}$. Esta relación refleja un hecho importante: toda la radiación electromagnética, sin importar su longitud de onda o frecuencia, viaja a la velocidad de la luz.

Para ilustrar la relación entre la frecuencia y la longitud de onda, consideremos un ejemplo.



Ejemplo: calcular la longitud de onda de una onda luminosa

Una onda de radiación electromagnética particular tiene una frecuencia de $1,5 \times 10^{14} \text{ Hz}$. ¿Cuál es su longitud de onda?

Podemos comenzar con la ecuación que relaciona la frecuencia, la longitud de onda y la velocidad de la luz.

$$c = \lambda \nu$$

Después, reescribimos la ecuación para despejar la longitud de onda

$$\lambda = \frac{c}{\nu}$$

Finalmente, sustituimos los valores dados y resolvemos.

$$\lambda = \frac{3,00 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{1,5 \times 10^{14} \frac{1}{\text{s}}} = 2,00 \times 10^{-6} \text{ m}$$

El periodo

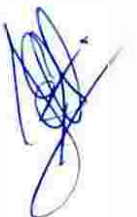
La última cantidad que consideraremos es el periodo de una onda. El periodo es la longitud de tiempo que le toma a una longitud de onda pasar por un punto dado en el espacio. Matemáticamente, el periodo (T) es simplemente el inverso de la frecuencia (f):

$$T = \frac{1}{f}$$

Las unidades del periodo son los segundos (s).

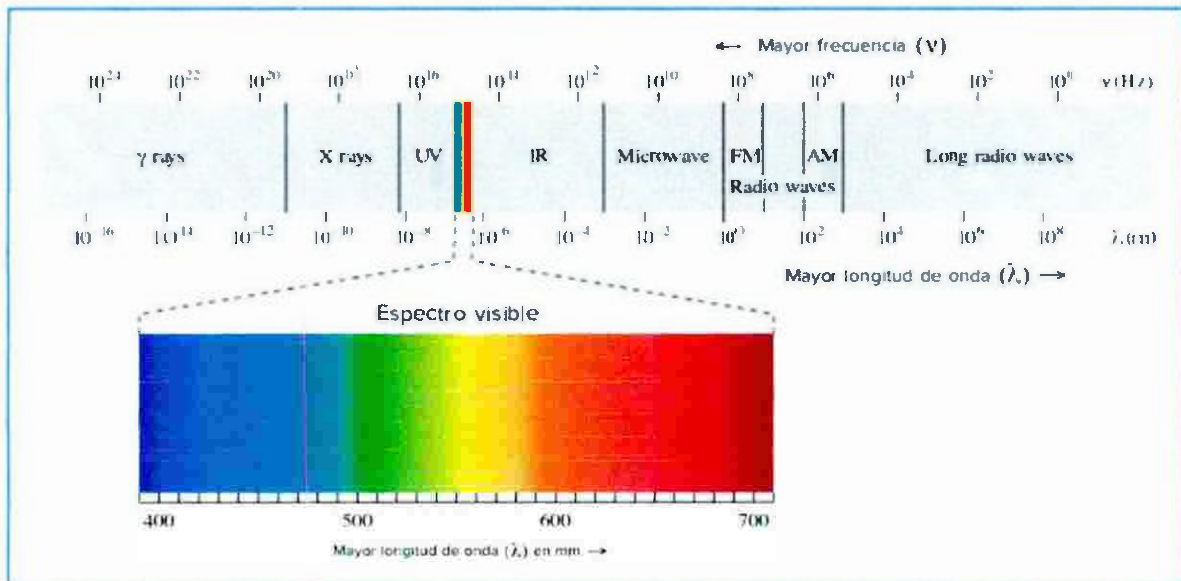
Conociendo y teniendo claro las propiedades básicas de las ondas, se puede entrar en conocimiento de las clases de radiación electromagnética.

El espectro electromagnético



Podemos clasificar y ordenar las ondas electromagnéticas de acuerdo a sus diferentes longitudes de onda y frecuencias; llamamos a esta clasificación "el espectro electromagnético". La tabla siguiente muestra este espectro, que consiste de todas las clases de radiación electromagnética que existen en nuestro universo.

GRÁFICO N° 10: CLASES DE RADIACIÓN



Fuente: (2006) J.E. Amaro

Como podemos ver, el espectro visible —es decir, la luz que podemos ver con nuestros ojos— es tan solo una pequeña fracción de las diferentes clases de radiación que existen. A la derecha del espectro visible, encontramos las clases de energía que son menores en frecuencia (y por lo tanto mayores en longitud de onda) que la luz visible. Estas clases de energía incluyen los rayos infrarrojos (IR) (ondas de calor emitidas por los cuerpos térmicos), las microondas y las ondas de radio. Estos tipos de radiación nos rodean constantemente; no son dañinos, pues sus frecuencias son muy bajas. Como veremos en la sección siguiente, "El fotón", las ondas de baja frecuencia tienen poca energía, y por lo tanto no son peligrosas para nuestra salud.

A la izquierda de espectro visible, encontramos los rayos ultravioletas (UV), los rayos X y los rayos gamma. Estas clases de radiación son dañinas para los organismos vivos, pues tienen frecuencias extremadamente altas (y por lo tanto, mucha energía). Es por esta razón que usamos loción bloqueadora en la playa (para bloquear los rayos UV provenientes del sol) y que, para prevenir que los rayos X penetren otras áreas del cuerpo distintas de la que requiere visualizarse,



un técnico de rayos X coloca una placa de plomo sobre nosotros. Los rayos gamma son los más dañinos, pues son los más altos en frecuencia y en energía. Afortunadamente, nuestra atmósfera absorbe los rayos gamma que provienen del espacio, y así nos protege del daño.

A continuación, hablaremos sobre la relación entre la frecuencia de una onda y su energía.

Interferencia Electromagnética

Perturbación que ocurre en cualquier circuito, componente o sistema electrónico causada por una fuente externa al mismo. También se conoce como EMI por sus siglas en inglés (Electromagnetic Interference), Radio Frequency Interference o RFI. Esta perturbación puede interrumpir, degradar o limitar el rendimiento de ese sistema.

1.3.1. Fuente de la interferencia electromagnética.

Puede ser cualquier objeto, ya sea artificial o natural, que posea corriente eléctrica que varíen rápidamente, como un circuito eléctrico, el Sol o las auroras boreales.

1.3.2. Causa de la interferencia electromagnética.

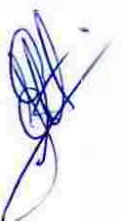
Ocurre cuando radiotransmisores y equipos electrónicos operan dentro de un rango muy próximo entre sí.

La interferencia es causada por:

- Equipos radiotransmisores incorrectamente instalados.
- Una señal radioeléctrica intensa desde un transmisor cercano.
- Emisiones o señales no deseadas (llamadas radiaciones espúreas) generadas por el equipo transmisor.
- Blindaje o filtrado insuficiente en el equipo electrónico para evitar que capte señales indeseadas.

Formas de eliminar la interferencia electromagnética.

- Cambiar los componentes del circuito afectado buscando conexiones más



cortas, de menor impedancia y un mejor diseño de la masa del circuito.

- Añadir nuevos componentes (filtros, condensadores de desacoplo, cuentas de ferrita, transformadores de aislamiento, fibra óptica) buscando que se resuelva el problema.
- Blindar los dispositivos a proteger, cambiarlos de sitio, y colocarlos donde no den problemas.
- Cambiar los componentes problemáticos por otros más resistentes.

1.3.3. Clasificación de la Interferencia Electromagnética.

Según la intención

Se puede clasificar en dos grupos: intencionadas y no intencionadas. El primer caso se refiere a interferencias causadas por señales emitidas intencionadamente para producir interferencia. Entre las segundas se incluyen todas las señales emitidas con otra intención que accidentalmente, dan lugar a un efecto no deseado.

Por el mecanismo que acopla la fuente y la víctima de la interferencia.

- Interferencias radiadas: Cuando la señal se propaga de fuente a víctima mediante radiación electromagnética.
- Interferencias conducidas: Cuando se propaga a través de una conexión común a ambos (por ejemplo, la red eléctrica).

Los efectos de la interferencia pueden representar una molestia menor, pero también pueden llegar a hacer sistemas completamente inutilizables. Las interferencias graves no son tan comunes como a veces se supone, sobre todo cuando se toman algunas precauciones simples. Sin embargo, cuando esto ocurre, puede ser altamente frustrante.

Por los equipos que la generan

- Interferencia de radio frecuencia (RFI - Radio Frequency Interference), la RFI se produce por los transmisores radio y de televisión, los equipos de comunicaciones, los sistemas de televisión por cable y otros tipos de equipo que generan energía de radio frecuencia como parte de su funcionamiento.



- Interferencia eléctrica es causada por las computadoras y el equipo digital, equipo fuertemente eléctrico, los sistemas de iluminación, los dispositivos eléctricos defectuosos, etc.
- La intermodulación es un tipo de interferencia causada por la combinación interna de señales fuertes de radio en los receptores inalámbricos.



CAPITULO II RADIO PROPAGACIÓN Y RUIDO

2.1 Radio propagación y mecanismos de propagación

Propagación de ondas de radio

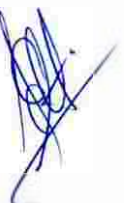
Según (Oberli, 2006), "Las ondas de radio son en lo fundamental energía que puede ser usada para transmitir información de un punto a otro a través del espacio. Estas ondas son conocidas generalmente como ondas electromagnéticas. Al hablar de las ondas usadas en comunicaciones, se habla en general de ondas de radiofrecuencia o RF"

La propagación de ondas de radio o más conocido como radio propagación es el comportamiento que presentan las ondas de radio o llamadas ondas electromagnéticas cuando estas se trasladan por el espacio.

Las propagaciones de ondas electromagnéticas dadas por una fuente se propagan por la atmósfera terrestre posteriormente es recibida en una antena receptora, la radiación y captura de esta son funciones con las cuales cuentan las antenas y dependen de la distancia entre ellas.

Las ondas de radio tienen múltiples frecuencias que se propagan de diferentes maneras. En frecuencias extremadamente bajas (ELF) y frecuencias muy bajas (VLF), la longitud de onda es mayor que la distancia entre la tierra y la capa D de la ionosfera, debido a ello las ondas electromagnéticas pueden propagarse en esta región simulando una guía de ondas. Para frecuencias menores a 20 KHz, la onda se dispersa como un modo de guía de onda única teniendo un campo magnético horizontal y un campo eléctrico vertical. Existe una interacción de las ondas de radio con regiones ionizadas de la atmósfera que provocan que las propagaciones de las ondas de radio electromagnéticas sean más complejas de predecir y de estudiar que en un espacio libre. La propagación ionosférica tiene una conexión con fenómenos espaciales.

A menudo sucede que la propagación por la atmósfera terrestre es conocida como propagación por espacio libre, una de las más grandes diferencias es que la atmósfera de la tierra provoca pérdidas de la señal que no están en el vacío. Las ondas electromagnéticas se propagan mediante cualquier material dieléctrico incluyendo el aire, debido a ellos no se propaga de manera correcta por

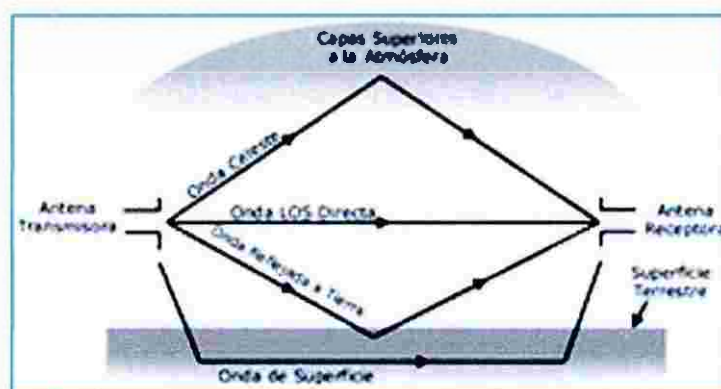


conductores como el agua de mar que provoca pérdidas ya que los campos eléctricos provocan que fluyan corrientes en el material disipando la energía de las ondas electromagnéticas.

La electricidad atmosférica está en nuestro medio ambiente de manera natural, algunas pistas de esto se tienen a menos de un metro de la superficie de la tierra, sin embargo, conforme se aumenta la altura se hace más evidente. El aire sobre la superficie de la tierra esta durante un buen tiempo electrificado positivamente o es positivo respecto a a la superficie terrestre (se debe tener en cuenta que la superficie de la tierra es relativamente negativa). Además, el poder presenciar acciones eléctricas en la atmosfera sucede gracias a enormes cargas estáticas de corrientes generada probablemente por la fricción del aire sobre sí mismo, debido a ello se dan fenómenos como el rayo o las tormentas eléctricas. La evaporación desde la superficie de la tierra es otra cusa por la cual la atmosfera produce electricidad, también los cambios químicos que se dan sobre la superficie de la tierra, la expansión y condensación, la variación de temperatura atmosférica y la humedad contenida en la atmosfera.

La tierra tiene un fuerte impacto en la propagación de las ondas electromagnéticas, de forma que al establecer una comunicación mediante estas ondas se darán una serie de fenómenos terrestre que modifican las condiciones por las cuales se dan la propagación en el vacío. Estos fenómenos son tres: onda de superficie, difracción y formación de la onda de espacio.

GRÁFICO N° 11: PROPAGACIÓN TERRESTRE



Fuente: (2007) Luque Ordoñez



Debido a que la propagación de las ondas electromagnéticas no es predecible, servicios que están involucrados con la transmisión de localización, comunicación con aeronaves (las cuales cruzan el océano) y algunas transmisiones televisivas de radiofrecuencia empleando los satélites de comunicación que se le conoce como un enlace satelital, el cual tiene un costo sumamente elevado, pero ofrece una cobertura de la línea de visión estable y previsible dentro de un rango de territorio determinado.

2.1.1 Mecanismo de propagación:

Propagación espacio libre

Los sistemas de telecomunicación son diseñados con el fin de que el receptor obtenga una señal que contenga un ruido mínimo y que garantice el funcionamiento y transmisión de información. Los servicios de radio comunicaciones, radio fusión, radio localización (radar), teledetección y radio ayudas a navegación funcionan gracias a ondas electromagnéticas radiadas como soporte entre el transmisor y el receptor para transmitir la información.

Propagación terrestre

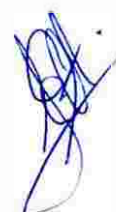
Las ondas electromagnéticas de radio se trasladan dentro de la atmosfera terrestre y son conocidas como ondas terrestres, cuando existe comunicación entre dos o más puntos de la tierra a esto se le denomina radio comunicaciones terrestres, del mismo modo entendemos que las ondas terrestres son afectadas por la atmosfera de la misma tierra, al cual ocasiona que estas se propaguen de distintas formas, dependiendo de los sistemas y del ambiente. Normalmente estas viajan en línea recta a menos que la atmosfera terrestre afecten la trayectoria de las mismas.

En esencia, hay tres formas de propagación de onda electromagnética

- onda terrestre
- onda espacial
- onda celeste o ionosfera

Ondas Terrestres

Las ondas terrestres son las ondas que viajan por la superficie de la tierra, estas deben de estar polarizadas verticalmente debido a que el campo eléctrico en una



onda polarizada horizontalmente sería paralelo a la superficie de la tierra y se pondría en corto por la conductividad del suelo. En las ondas terrestres el campo eléctrico variable induce voltajes en la superficie terrestre que hacen circular corrientes muy parecidas a las de una línea de transmisión.

Ondas Espaciales

Esta clase de propagación corresponde a la energía irradiada que viaja en los kilómetros inferiores de la atmósfera terrestre. Las ondas espaciales son todas las ondas directas y reflejadas en el suelo. Las ondas directas viajan esencialmente en línea recta de la antena transmisora a la receptora. Esta transmisión se le llama transmisión de línea de vista. Esta transmisión se encuentra limitada principalmente por la curvatura de la tierra. La curvatura de la tierra presenta un horizonte en la propagación de las ondas espaciales, que se suele llamar el horizonte de radio. Este horizonte se encuentra más lejano que el horizonte óptico para la atmósfera común.

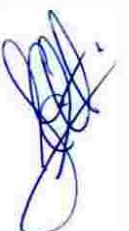
Ondas Celestes o Ionosfera

Son las que se dirigen hacia la Atmósfera y se reflejan en la zona ionizada de la misma (capa Heaviside) volviendo nuevamente a la Tierra; son ondas hectométricas (OC) de 300 kHz. a 30 MHz. y que constituyen las llamadas ondas de alta frecuencia; propagándose por la superficie llegan a unos 644 kilómetros, pero reflejadas a unos 12874,7 kilómetros.

Las bajas frecuencias u ondas milimétricas de 3 a 30 kHz. llegan a grandes distancias por reflexión, pero su alcance es muy limitado por propagación directa. Puede ser que una misma onda llegue directamente a la antena y luego, nuevamente, por reflexión; a dicho lapso de tiempo le llamamos "fading".

Propagación troposférica

La propagación troposférica puede actuar de dos formas. O bien se puede dirigir la señal en línea recta de antena a antena (visión directa) ó se puede radiar con un cierto ángulo hasta los niveles superiores de la troposfera donde se refleja hacia la superficie de la tierra. El primer método necesita que la situación del receptor y el transmisor esté dentro de distancias de visión, limitadas por la curvatura de la tierra en relación a la altura de las antenas. El segundo método permite cubrir distancias mayores.



Propagación ionosférica

Un transmisor provisto de su antena, ilumina el espacio con radiación electromagnética. Según sea el diagrama de radiación de la antena, habrá direcciones privilegiadas en las que la iluminación será más intensa que en otras. Así, por ejemplo, un monopolo de cuarto de onda sobre un plano de masa horizontal, iluminará al máximo y por igual el terreno circundante mientras que deja en la oscuridad el zenith (Elevación de 90°). Resulta muy instructivo visualizar el monopolo como si emitiera rayos de luz de intensidad decreciente conforme el ángulo de elevación de aquellos crece desde 0° hasta 90° . Cuando uno de estos rayos emitidos por la antena alcanza la ionosfera, lo hará con una cierta inclinación de "a" radianes. Al propagarse por la ionosfera, comenzará a refractarse aumentando el ángulo de incidencia inicial "a" (Ley de Snell). Conforme más avanza a través de la ionosfera mayor se hace el ángulo y puede ocurrir que el rayo se propague horizontalmente y finalmente vuelva a la tierra. Saldrá entonces de la ionosfera con el mismo ángulo "a" con que incidió y alcanzará la superficie de la tierra a una gran distancia del transmisor. Para cuantificar este proceso de refracción en que se basa la propagación ionosférica, se suele recurrir a un modelo en el que la ionosfera actúa como una capa reflectante (espejo) situada a una altura "h" que puede situarse entre 100Km y 700Km y que en función de la actividad solar adquiere un cierto nivel de ionización. A este nivel de ionización le corresponde un valor de lo que se denomina frecuencia crítica de una capa ionizada fcr. Su valor fluctúa según sea de día o de noche, la estación del año y el ciclo solar. Así, por ejemplo, de noche, en invierno y en una fase de escasa actividad solar la capa se puede situar a 200Km por la noche y tener una frecuencia crítica de 3.5MHz.

Capas ionosféricas

Por la noche, la capa F es la única capa de ionización significativa presente, mientras que la ionización en las capas E y D es extremadamente baja. Durante el día, las capas D y E se ionizan mucho más, al igual que la capa F, que desarrolla una región de ionización más débil conocida como la capa F 1. La capa F 2 persiste día y noche y es la principal región responsable de la refracción y reflexión de las ondas de radio.



Capa D

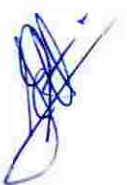
La capa D es la capa más interna, de 60 km (37 mi) a 90 km (56 mi) sobre la superficie de la Tierra. La ionización aquí se debe a la serie de Lyman: radiación de hidrógeno alfa a una longitud de onda de 121,6 nanómetros (nm) de óxido nítrico ionizante (NO). Además, la alta actividad solar puede generar rayos X duros (longitud de onda <1 nm) que ionizan el N_2 y el O_2 . Las tasas de recombinación son altas en la capa D, por lo que hay muchas más moléculas de aire neutro que iones.

Las ondas de radio de frecuencia media (MF) y baja frecuencia (HF) se atenúan significativamente dentro de la capa D, ya que las ondas de radio que pasan hacen que los electrones se muevan, que luego chocan con las moléculas neutras, dejando su energía. Las frecuencias más bajas experimentan una mayor absorción porque mueven los electrones más lejos, lo que lleva a una mayor probabilidad de colisiones. Esta es la razón principal para la absorción de ondas de radio de HF, particularmente a 10 MHz e inferiores, con una absorción progresivamente menor a frecuencias más altas. Este efecto alcanza su punto máximo alrededor del mediodía y se reduce durante la noche debido a una disminución en el espesor de la capa D; solo queda una pequeña parte debido a los rayos cósmicos. Un ejemplo común de la capa D en acción es la desaparición de la banda de transmisión de AM distante Estaciones durante el día.

Durante los eventos de protones solares, la ionización puede alcanzar niveles inusualmente altos en la región D en latitudes altas y polares. Tales eventos muy raros se conocen como eventos de Absorción de la tapa polar (o PCA), porque la mayor ionización aumenta significativamente la absorción de las señales de radio que pasan a través de la región⁶. De hecho, los niveles de absorción pueden aumentar en muchas decenas de dB durante eventos intensos, lo que es suficiente para absorber la mayoría (si no todas) las transmisiones de señales de radio de HF transpolar. Tales eventos suelen durar menos de 24 a 48 horas.

Capa E

La capa E es la capa media, 90 km (56 mi) a 150 km (93 mi) sobre la superficie de la Tierra. La ionización se debe a los rayos X blandos (1–10 nm) y la radiación solar ultravioleta lejana (UV) de la ionización del oxígeno molecular (O_2). Normalmente,



en incidencia oblicua, esta capa solo puede reflejar ondas de radio que tienen frecuencias inferiores a unos 10 MHz y puede contribuir un poco a la absorción en las frecuencias superiores. Sin embargo, durante eventos E esporádicos intensos, las Es La capa puede reflejar frecuencias de hasta 50 MHz y superiores. La estructura vertical de la capa E está determinada principalmente por los efectos competitivos de la ionización y la recombinación. Por la noche, la capa E se debilita porque la fuente primaria de ionización ya no está presente. Después de la puesta del sol, un aumento en la altura del máximo de la capa E aumenta el rango al que las ondas de radio pueden viajar por reflexión desde la capa.

Capa E s

La capa E s (capa E esporádica) se caracteriza por nubes pequeñas y delgadas de ionización intensa, que pueden soportar la reflexión de ondas de radio, raramente hasta 225 MHz. Los eventos esporádicos de E pueden durar desde unos pocos minutos hasta varias horas. La propagación esporádica de E hace radioaficionados que operan en VHF muy emocionado, ya que las rutas de propagación que generalmente son inalcanzables pueden abrirse. Hay múltiples causas de esporádica-E que aún están siendo investigadas por los investigadores. Esta propagación ocurre con mayor frecuencia durante los meses de verano cuando se pueden alcanzar niveles altos de señal. Las distancias de salto son generalmente alrededor de 1,640 km (1,020 mi). Las distancias para la propagación de un salto pueden ser desde 900 km (560 mi) hasta 2,500 km (1,600 mi). Es posible una recepción de doble salto de más de 3,500 km (2,200 mi).

Capa F

La capa o región F, también conocida como la capa Appleton-Barnett, se extiende desde aproximadamente 150 km (93 mi) hasta más de 500 km (310 mi) sobre la superficie de la Tierra. Es la capa con la mayor densidad de electrones, lo que implica que las señales que penetran en esta capa escaparán al espacio. La producción de electrones está dominada por la radiación ultravioleta extrema (UV, 10–100 nm) ionizante del oxígeno atómico. La capa F consiste en una capa (F 2) por la noche, pero durante el día, a menudo se forma un pico secundario (etiquetado como F 1)



En el perfil de densidad electrónica. Debido a que la capa F 2 permanece de día y de noche, es responsable de la mayoría de las propagaciones de ondas de radio y de largas distancias. Comunicaciones de radio de alta frecuencia (HF u onda corta).

Sobre la capa F, el número de iones de oxígeno disminuye y los iones más ligeros, como el hidrógeno y el helio, se vuelven dominantes.

2.2 Ruido y fuentes de ruido

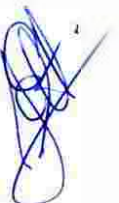
Por ruido se entiende toda componente de tensión o intensidad indeseada que se superpone con la componente de señal que se procesa o que interfiere con el proceso de medida.

El ruido de un sistema se puede clasificar en uno de los dos siguientes grupos:

- **Ruido interno o inherente:** que corresponden al que se genera en los dispositivos electrónicos como consecuencia de su naturaleza física (ruido térmico, ruido por cuantización de las cargas, ruido de semiconductor, etc.). El ruido inherente es de naturaleza aleatoria.
- **Ruido externo o interferencias:** que corresponde al que se genera en un punto del sistema como consecuencia de acoplamiento eléctrico o magnético con otro punto del propio sistema, o con otros sistemas naturales (tormentas, etc.) o contruidos por el hombre (motores, equipos, etc.). El ruido de interferencia puede ser periódico, intermitente, o aleatorio. Normalmente se reduce, minimizando el acoplo eléctrico o electromagnético, bien a través de blindajes, o bien, con la reorientación adecuada de los diferentes componentes y conexiones.

El ruido se puede abordar desde dos puntos de vista:

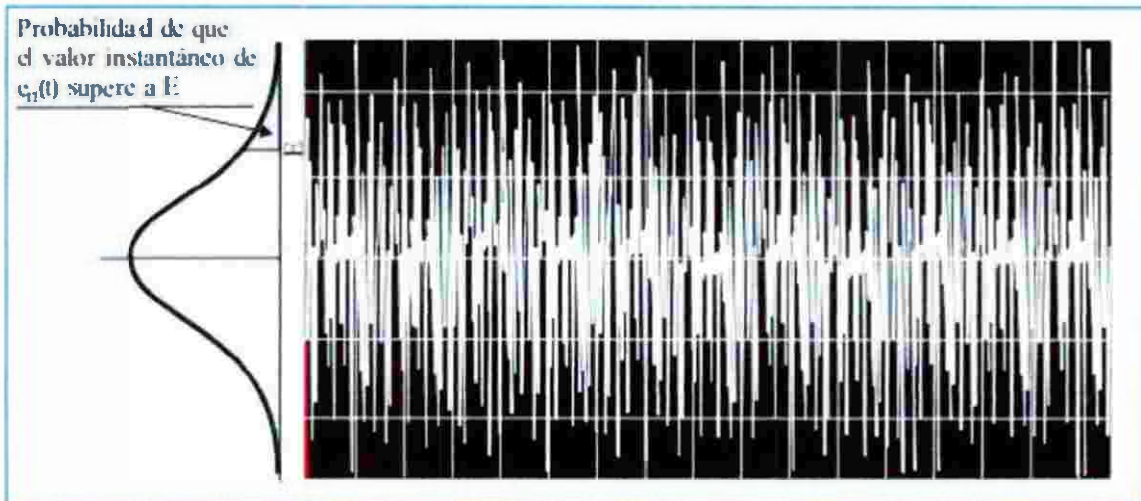
- Mediante métodos que tratan de reducir el ruido en sus fuentes y en su propagación, como son las técnicas de cableado, blindaje, o diseño de dispositivos de bajo ruido. Estas técnicas son las más óptimas ya que no degradan las prestaciones del sistema, aunque su aplicación no siempre es eficaz o posible.
- Mediante métodos de filtrado y promediado de la señal, para amortiguar el nivel de ruido frente a la señal que se procesa. Estas técnicas suelen ser de



aplicación más general y efectiva, pero suelen reducir las prestaciones (por ejemplo, anchura de banda) del sistema.

En este capítulo se tratarán las magnitudes que se utilizan para describir el ruido, las fuentes de ruido y su caracterización, y las técnicas básicas de reducción de los fenómenos de interferencia ya sean eléctricas o magnéticos.

GRÁFICO N° 12: RUIDO BLANCO



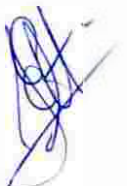
Fuente: (2006) Oberli

2.2.1 Clasificación del ruido por su espectro frecuencial

Ruido Blanco

El ruido blanco o sonido blanco es conocido como una señal aleatoria que presenta como una de sus características señal con valores en dos tiempos diferentes que no tienen una correlación estadística lo que origina que su densidad espectral de potencia se convierta en una constante, dándonos una gráfica plana. Esto quiere decir que dicha señal posee todas las frecuencias y todas a la misma potencia, es el mismo fenómeno que sucede con la luz blanca y es de ahí de donde nace el nombre.

El ruido blanco es una señal no correlativa, es decir, en el eje del tiempo la señal toma valores sin ninguna relación unos con otros. Cuando se dice que tiene una densidad espectral de potencia plana, con un ancho de banda teóricamente infinito, es que, en una gráfica espectral de frecuencia tras haber realizado una descomposición espectral de Fourier, en el dominio de la frecuencia veríamos todos los componentes con la misma amplitud, haciendo el efecto de una línea continua paralela al eje horizontal.

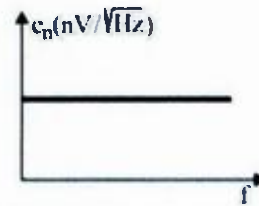


Si la PSD no es plana, entonces se dice que el ruido está "coloreado" (correlacionado). Según la forma que tenga la gráfica de la PSD del ruido, se definen diferentes colores.

Es aquel que posee una densidad espectral de tensión de ruido o de intensidad de ruido constante

$$e_n = e_{nw} = \text{constante}$$

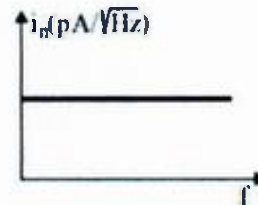
$$i_n = i_{nw} = \text{constante}$$



Para el ruido blanco, el valor rms es proporcional a la raíz cuadrada de la anchura de la banda,

$$E_n = e_{nw} \sqrt{f_H - f_L} \Rightarrow E_n \approx e_{nw} \sqrt{f_H} \quad (\text{si } f_H > f_L)$$

$$I_n = i_{nw} \sqrt{f_H - f_L} \Rightarrow I_n \approx i_{nw} \sqrt{f_H} \quad (\text{si } f_H > f_L)$$



En consecuencia, la potencia rms varia de forma proporcional a la anchura de la banda,

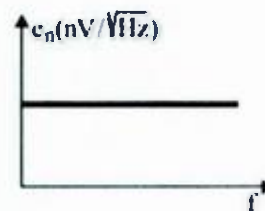
$$E_n^2 = e_{nw}^2 (f_H - f_L) \quad I_n^2 = i_{nw}^2 (f_H - f_L)$$

Ruido rosa o ruido 1/f

Es aquel que posee una densidad espectral de potencia de ruido que es inversamente proporcional a la frecuencia,

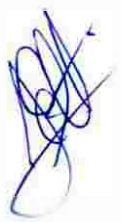
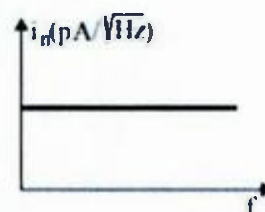
$$e_n^2 = K_e^2 / f \quad e_n = K_e / \sqrt{f}$$

$$i_n^2 = K_i^2 / f \quad i_n = K_i / \sqrt{f}$$



Para el ruido blanco, el valor rms es,

$$E_n = K_e \sqrt{Ln \left(\frac{f_H}{f_L} \right)} \Rightarrow I_n = K_i \sqrt{Ln \left(\frac{f_H}{f_L} \right)}$$



En consecuencia, la potencia rms varia de forma proporcional al logaritmo de la razón de las frecuencias extremas de la banda de frecuencia,

$$E_n^2 = K_e^2 \operatorname{Ln}\left(\frac{f_H}{f_L}\right) \quad I_n^2 = K_i^2 \operatorname{Ln}\left(\frac{f_H}{f_L}\right)$$

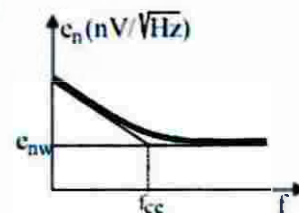
Esto significa que la potencia por octava o por década de frecuencia es constante.

Ruido de circuitos integrados

En los circuitos integrados es frecuente que se presente mezclados ruido blanco y ruido rosa. El ruido rosa domina a baja frecuencia (por debajo de una frecuencia de corte f_c) y el ruido blanco es el residual a alta frecuencia.

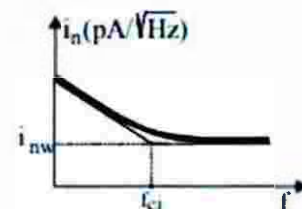
En este caso la densidad espectral de potencia en 2 (f) es,

$$e_n^2 = e_{nw}^2 \left(\frac{f_{ce}}{f} + 1 \right)$$



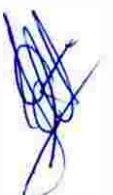
Integrando esta densidad, se puede expresar el valor rms de ruido correspondiente a la banda de frecuencia f_L - f_H como

$$E_n = e_{nw} \sqrt{f_{ce} \operatorname{Ln}\left(\frac{f_H}{f_L}\right) + f_H - f_L}$$



Ruido térmico

Como menciona (López Rocafiguera & Martí Puig, 2018), "El ruido térmico es originado por el movimiento aleatorio de los electrones presentes en cualquier medio conductor. Este ruido térmico, en, se puede modelar como un proceso estocástico gaussiano de media cero y densidad espectral de potencia constante. Esta caracterización está muy ajustada en el rango que va desde muy bajas frecuencias hasta frecuencias de 10¹³ Hz."



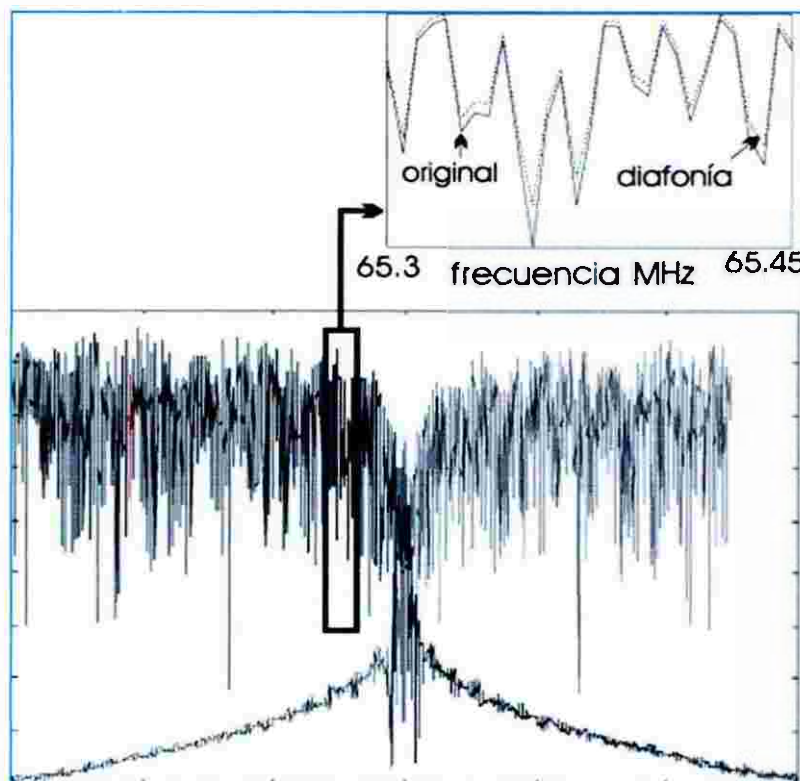
Todos los objetos cuya temperatura está por encima del cero absoluto (0 grados Kelvin) generan ruido eléctrico en forma aleatoria debido a la vibración de las moléculas dentro del objeto. Este ruido es llamado ruido térmico. La potencia de ruido generada depende solo de la temperatura del objeto, y no de su composición. Ya que esta es una propiedad fundamental, el ruido frecuentemente definido por su temperatura equivalente de ruido. La temperatura de ruido puede darse tanto en grados Kelvin como en decibeles. A continuación se presenta una fórmula para convertir grados Kelvin a dB.

$$T \text{ (dB)} = 10 \cdot \log_{10}(1 + K/120)$$

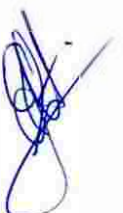
La temperatura del aire alrededor de nosotros es aproximadamente 300 K (27C), y la temperatura del sol es muy alta (alrededor de 5,700 K). Es posible construir un amplificador cuya temperatura equivalente de ruido este por debajo de su actual temperatura, y para así agregar el menor ruido posible al receptor.

Los amplificadores de bajo ruido (Low Noise Amplifier LNA) de los sistemas de satélite fueron clasificados en temperatura equivalente de ruido para indicar su ruido térmico.

GRÁFICO N° 13: RUIDO TÉRMICO



Fuente: (2010) ALEGSA



Ruido de Choque

Los diodos limitados por la temperatura, los cuales virtualmente incluye a todos los semiconductores, generan ruido de choque cuando la corriente es pasada a través del diodo. El ruido resultante es debido por la corriente que es pasada por en forma de partículas discretas (electrones) y un impulso es generado por el paso de cada partícula. El ruido es proporcional a la corriente. La corriente cero es igual al ruido térmico.

Ruido Atmosférico

Existe un ruido que es interceptado por la antena llamado ruido atmosférico. El ruido atmosférico es muy alto para bajas frecuencias, y decrece cuando se incrementa la frecuencia. Está presente en toda la banda de radiodifusión AM y este no puede ser eliminado con el amplificador y el diseño de la antena. El ruido atmosférico decrece bastante en frecuencias de TV y FM.

2.2.2 Fuentes de ruido

Contaminación de la señal

Las señales no deseadas (o contaminantes) pueden ser tanto de fuentes internas como externas y logran introducirse al sistema, contaminándolo. Las fuentes internas usualmente están presentes de un modo u otro, exista señal o no, y no cambian abruptamente al menos que suceda algo extraño dentro del equipo o en las interconexiones. Las fuentes externas logran introducirse al sistema de dos maneras, una es a través de la antena y la otra es a través de la potencia de entrada. Las señales no deseadas pueden estar presentes todas las veces y éstas pueden ocurrir momentáneamente, intermitentemente o periódicamente. Cuando se trata de eliminar las señales no deseadas es importante conocer si están entrando al sistema de fuentes externas o si están presentes sin cualquier influencia externa.

Durante la transmisión ocurren ciertos efectos no deseados que afectan directamente la calidad de la señal. El menos perjudicial es la atenuación, el cual reduce la intensidad de la señal; otros más serios son la distorsión, la interferencia y el ruido, los cuales se manifiestan como alteraciones de la forma de la señal. Al introducirse estas contaminaciones al sistema, es una práctica común y conveniente imputárselas, pues el transmisor y el receptor son considerados



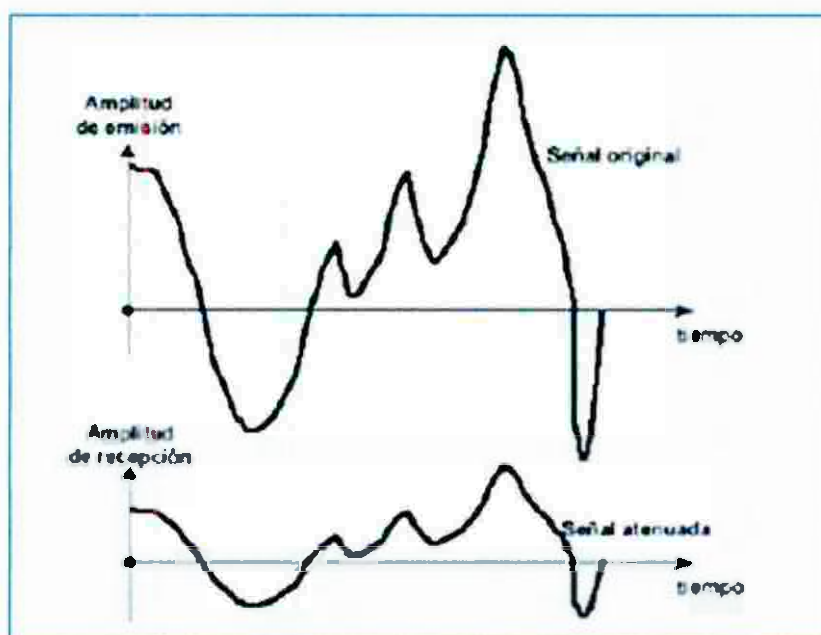
ideales. En términos generales, cualquier perturbación no intencional de la señal se puede clasificar como "ruido", y algunas veces es difícil distinguir las diferentes causas que originan una señal contaminada. Existen buenas razones y bases para separar estos tres efectos, de la manera siguiente: distorsión, interferencia y ruido.

Distorsión

Según (Martín Pernía, 2010), "el medio de transmisión no es lineal y actúa distorsionando la señal a) modificando las características de la atenuación con la frecuencia b) generando frecuencias no presentes en el emisor."

Es la alteración de la forma de la señal deseada debida a la respuesta imperfecta del sistema a ella misma. A diferencia del ruido y la interferencia, la distorsión desaparece cuando la señal deja de aplicarse.

GRÁFICO N° 14: DISTORSIÓN



Fuente: (2017) Félix Zevallos

Adaptación

La calidad de la señal de radio frecuencia puede verse afectada según el tipo de adaptación que exista, ya que una mala adaptación será la causante de que se origine distorsión. La adaptación se refiere a la capacidad de la antena de adaptarse a su circuito de entrada en el receptor. Para obtener una transferencia óptima de la señal entre el receptor y la antena, las impedancias de ésta y de la línea de alimentación deben ser aproximadamente iguales a la impedancia de



entrada en el receptor, ya que cuando la adaptación no es óptima ocurren pérdidas porque la señal resulta reflejada a la entrada. Sin embargo, en la mayoría de los casos la impedancia de entrada del receptor no aparece especificada y hay que encontrar por tanteo la transferencia óptima de la señal. Pese a todo, cierta falta de adaptación es admisible y las impedancias de entrada del receptor no suelen ser muy críticas.

$$\Gamma = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}$$

Podemos definir el coeficiente de reflexión de la línea Γ como:

donde:

ZL: es la impedancia de la carga (o de la antena)

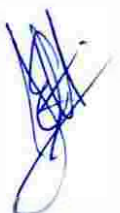
Z0: es la impedancia de la línea

Dependiendo del valor de Γ podemos tener una idea del tipo de adaptación que existe en la línea. El valor máximo de Γ es +1 y se da cuando Z0 es igual a cero y su valor mínimo es -1 y se da en el caso en que ZL sea igual a cero. Pero el caso

$$SWR = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|}$$

óptimo se dará cuando Γ sea igual a cero, ya que esto indicaría que tanto que la impedancia de línea como la de la carga son iguales y por tanto existe una adaptación perfecta. Otro factor importante es la Relación de Onda Estacionaria, ROE o SWR por sus siglas en inglés (Standing Wave Ratio):

Con él también es posible tener una idea del tipo de adaptación existente en la línea. El factor SWR varía desde cero hasta infinito, siendo su valor óptimo +1.



CAPITULO III TECNOLOGÍAS QUE DEMANDAN EL USO DEL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO.

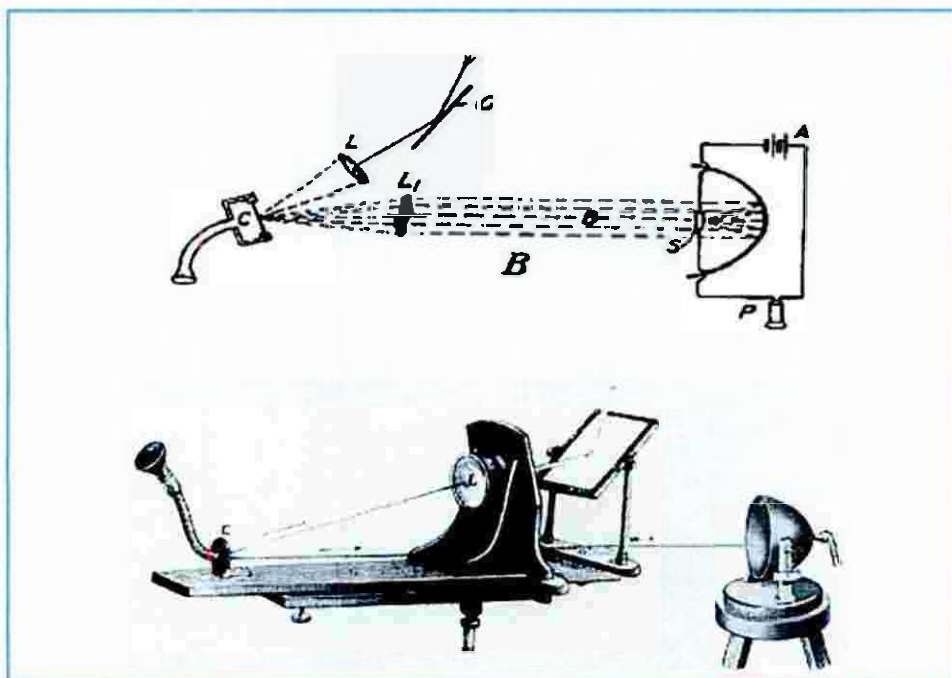
3.1 Tecnología inalámbrica

Origen de la tecnología inalámbrica

Como menciona (Belletti, Eugenia Godino, & Blesle, 2016), "Los fotones pueden tener diferente energía dependiendo de su frecuencia. Así una radiación de frecuencia elevada está compuesta de fotones de alta energía."

La historia de las redes inalámbricas tiene sus inicios en 1880, año en el cual Graham Bell y Summer Tainter inventaron el primer dispositivo de comunicación sin cableado conocido como el fotófono. Este dispositivo era capaz de realizar una transmisión del sonido debido a emisión de luz, sin embargo, no tuvo éxito porque para ese entonces no había una distribución de electricidad, hacía apenas un año se había inventado la primera bombilla.

GRÁFICO N° 15: FOTÓFONO BELL – TAINTER



Fuente: (2014) Laura Albor

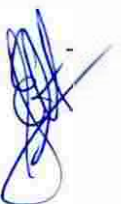
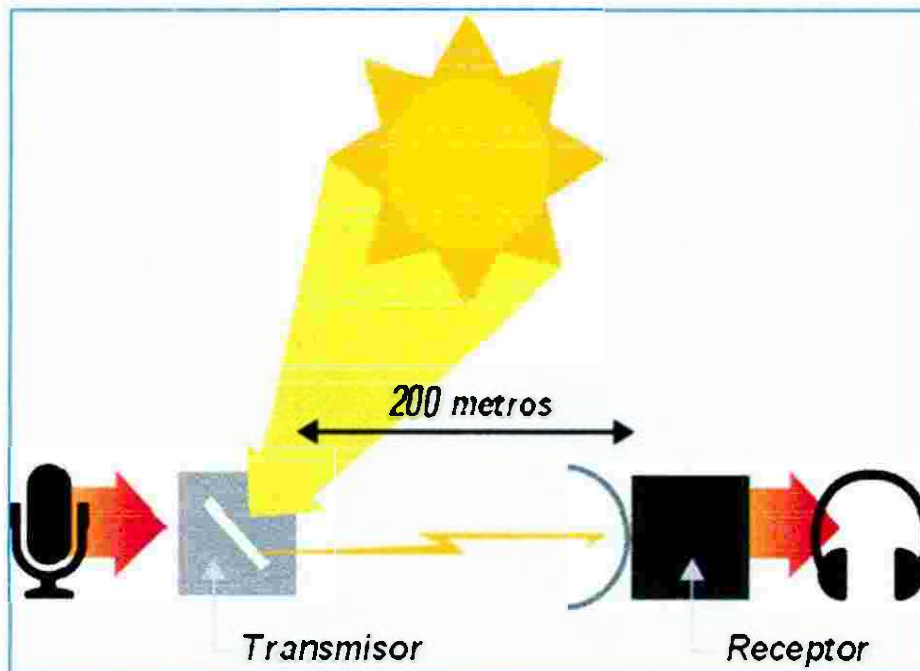


GRÁFICO N° 16: ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE UN FOTÓFONO

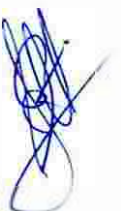


Fuente: (2015) Instituto Nacional de Ciberseguridad

Para el año 1888 se realizó la primera transmisión sin cables llevada a cabo con ondas electromagnéticas esto fue gracias al esfuerzo del físico alemán Rudolf Hertz. Después de 6 años las ondas de radio se convirtieron en un medio de comunicación. En el año 1899 se consiguió establecer comunicaciones a través de un canal de la Mancha esto fue llevado a cabo por Guillermo Marconi y en 1907 se transmitían los primeros mensajes completos a través del Atlántico. Se dieron grandes avances durante la segunda guerra mundial.

Primera red local inalámbrica

En el año 1971 en la Universidad de Hawái el investigador Norman Abramson con un grupo de investigadores dirigidos por él crearon el primer sistema de conmutación de paquetes mediante una red de comunicación por radio, esta red tuvo por nombre ALOHA. Es considerada la primera red de área local inalámbrica (WLAN), estuvo conformada por 7 computadoras situadas en diferentes islas las cuales se comunicaban mediante un ordenador central. Uno de los principales problemas que se dieron con esta primera red fue el control de acceso al medio (MAC), en otras palabras el protocolo a seguir para evitar que otras estaciones puedan ver mensajes que se dan entre otras, como una primera solución se pensó que la estación central emitiera una señal intermitente en una frecuencia distinta a las computadoras del resto de estaciones, en este caso se entendía que cuando



una de las estaciones se disponía a transmitir, primero se cercioraban de que dicha señal por la cual transmitirían estaba siendo emitida por la central y entonces podrían enviar el mensaje, este mecanismo es conocido como el CSMA (Carrier Sense Multiple Access).

GRÁFICO N° 17: RED ALOHA



Fuente: (2012) J.J. Velasco

Al año siguiente de la creación de la red inalámbrica ALOHA esta se conectó mediante ARPANET al continente americano. ARPANET es la red de computadoras creada por el Departamento de Defensa de los EEUU teniendo como principal función la comunicación de los diferentes organismos del país.

En los últimos años de la década de los setenta se hicieron públicos los resultados de un experimento en el cual se creaba una red local con enlaces infrarrojos, esta investigación se llevó a cabo por IBM en Suiza.

3.1.1 Evolución de la tecnología inalámbrica

Como menciona (Chamorro & Pietrosevoli, 2015), "Las redes inalámbricas permiten la interconexión entre dos o más puntos, nodos o estaciones, por medio de ondas electromagnéticas que viajan a través del espacio llevando información de un lugar a otro. Para lograr el intercambio de información existen diferentes mecanismos de comunicación o protocolos que establecen reglas que permiten el



flujo confiable de información entre nodos.”

La evolución de las tecnologías inalámbricas es considerado uno de los pasos más grandes en el ámbito de las telecomunicaciones, expertos empezaban a investigar en las redes inalámbricas teniendo los primeros experimentos fuera de una de las corporaciones gigantes de la historia informática, IBM.

En 1979 IBM hizo público sus experimentos de una red con infrarrojos en suiza. Esta investigación marco el punto de partida para las investigaciones de las redes inalámbricas, en 1991 se publicaban los primeros trabajos de LAN, siguiendo la norma IEEE 802 la cual solo considera una red LAN a las redes que transmitan al menos 1 Mbps.

Para este entonces la red inalámbrica de alcance local ya existía pero no era introducida al mercado a nivel doméstico ni laboral hasta después de unos años. Lo que es considerado un gran factor para el desarrollo de las tecnologías inalámbricas fueron el asentamiento de Laptops y PDA, dado que dichos equipos tenían que trabajar con redes inalámbricas por lo cual las investigaciones fueron avanzando aun mas rápido.

La creación del estándar wifi

Las redes inalámbricas se basan en transmisión de datos vía ondas electromagnéticas, los tipos de esta dependían de la capacidad y del tipo de onda que esta usaba.

Wifi es una de esas redes en la cual el alcance es limitado por lo que se recurrió a ella para uso doméstico y laboral(oficina). Debido a esto es la más popular ya que los usuarios dejan de preocuparse por los cables. De este modo es posible conectarse de cualquier parte de la casa.

Los mas grandes fabricantes de las redes inalámbricas llegaron a asociarse para definir una serie de estándares lo que facilitaría la integración entre las redes inalámbricas que existirían en el mercado

Wi-Fi Alliance se encarga de adoptar, probar y certificar que los equipos cumplen con los estándares que han fijado. Su objetivo siempre ha sido crear una marca que fomentase la tecnología inalámbrica y que asegurase la compatibilidad entre equipos.



Los Wifi más populares

Según (Instituto Nacional de Ciberseguridad, 2015), "Una red Wi-Fi es una red de comunicaciones de datos y, por lo tanto, permite conectar servidores, PC, impresoras, etc., con la particularidad de alcanzarlo sin necesidad de cableado."

El estándar original definido por los fabricantes de redes inalámbricas es el 802.11, con el paso de los años este ha ido evolucionando por ello actualmente el alcance y velocidad son muy variados. Algunas variantes son:

- **IEEE 802.11b y IEEE 802.11g**, ambos disponen de una banda de 2.4 GHz el primero alcanza una velocidad de 11 Mbps y el segundo de 54 Mbps. Son de los estándares más extendidos lo que les brinda una gran aceptación internacional.
- **IEEE 802.11a**, más conocido como **Wifi5** porque su banda es de 5 GHz, al tener mayor frecuencia que el estándar anterior dispone también de menor alcance, aproximadamente un 10% menos. Por otro lado, al ser un sistema bastante nuevo todavía no hay otras tecnologías que lo usen, así que la conexión a Internet desde el ordenador es muy limpia y sin interferencias.
- **IEEE 802.11n**, éste trabaja también a 2.4 GHz pero la velocidad es mucho mayor que la de sus predecesores, 108Mbps.

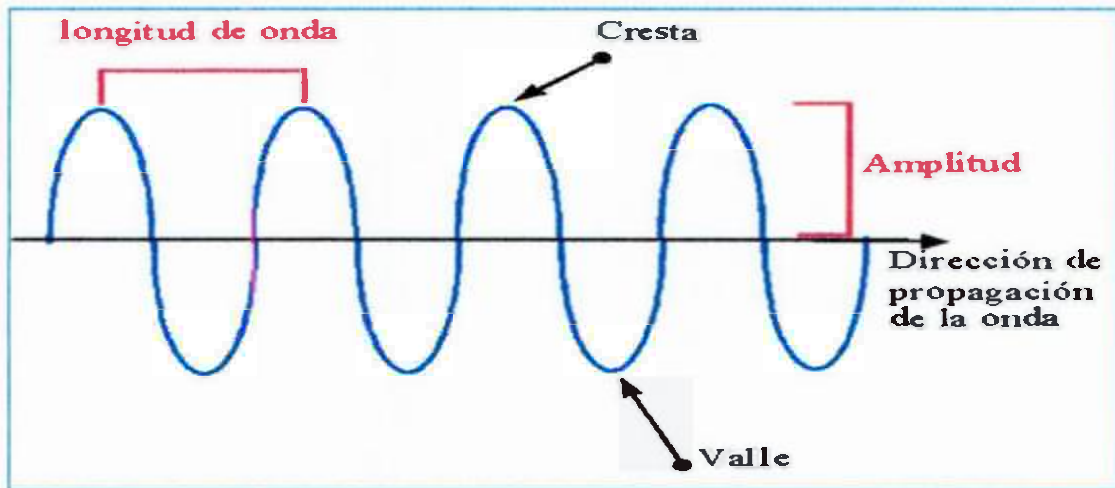
3.1.2 Funcionamiento de la tecnología inalámbrica

La tecnología inalámbrica funciona de la siguiente manera se envía una onda electromagnética la cual viaja a la velocidad de la luz y es capaz de crear o provocar una señal eléctrica en una antena. Si somos capaces de controlar dicha onda electromagnética se puede utilizar para comunicarse o transmitir datos de un lugar a otro sin cables. La información funciona como en una comunicación normal entre personas debe existir un transmisor y un receptor, la onda electromagnética es la que transporta el mensaje existiendo una antena en cada extremo.

Para poder comprender la tecnología inalámbrica es vital entender el funcionamiento de una onda electromagnética. Las ondas electromagnéticas tienen forma senoidal, la frecuencia de estas viene a ser la velocidad a la que vibra la señal, es decir la frecuencia es la cantidad de veces que se repite la onda en un segundo la cual se expresa en Hertzios. Una onda de 1Hz se repite una vez cada segundo.



GRÁFICO N° 18: ONDA ELECTROMAGNÉTICA

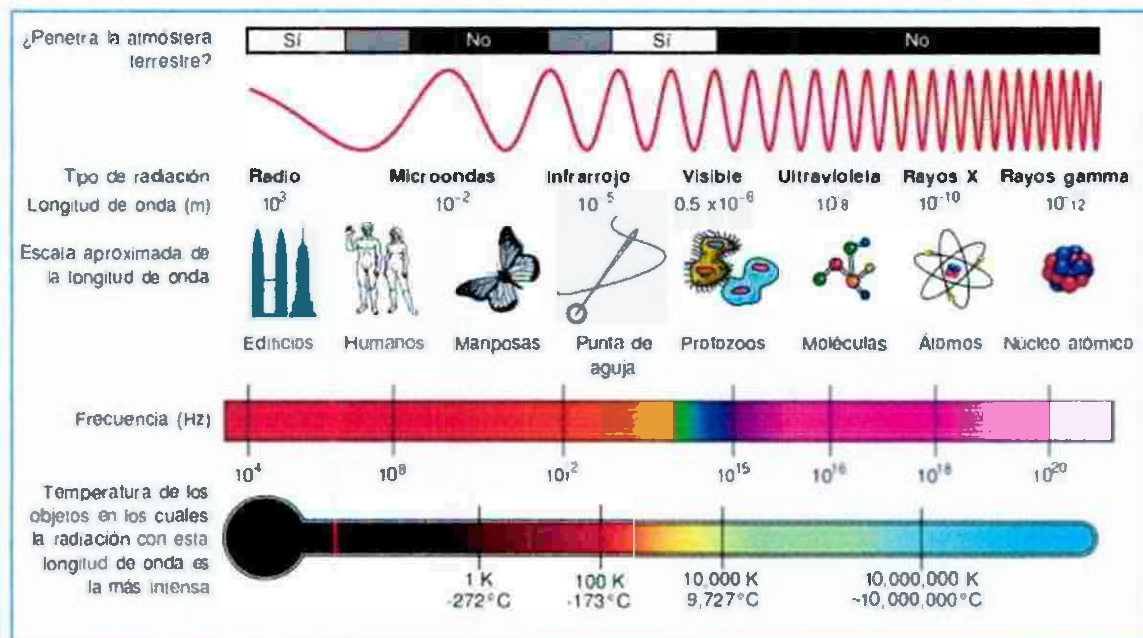


Fuente: (2012) Julián Pérez Porto

También se debe tener en cuenta la longitud de onda la cual es la distancia entre 2 crestas de una onda. Entendiéndose que a mayor longitud de onda menor frecuencia de vibración; si vibran muy rápido es porque están más cercanas unas de las otras.

Teniendo en cuenta lo anterior, las ondas electromagnéticas son clasificadas en base a su frecuencia o longitud de onda, cada tipo de onda es usada dependiendo el fin que se busca, de este modo se puede enviar varios tipos de información sin

GRÁFICO N° 19: LONGITUD Y FRECUENCIA DE ONDA ELECTROMAGNÉTICA



Fuente: (2012) Guillermo Pérez

Debido a ello podemos transmitir dos señales diferentes sin que exista interferencia, esto es conocido como gama o rango de frecuencias. Cada gobierno de cada país se encarga de asignar rangos de frecuencia para cada propósito específico.

3.1.3 Tipos de tecnología inalámbrica

Los dispositivos utilizan diferentes señales electromagnéticas que se basan en la longitud de onda y la frecuencia.

- **Transmisión de radiofrecuencia:** Las señales de RF se generan fácilmente y están en un rango de 3 kHz a 300 GHz. Estos se utilizan en la comunicación inalámbrica debido a su propiedad para penetrar a través de objetos y viajar largas distancias. La comunicación por radio depende de la longitud de onda, la potencia del transmisor, la calidad del receptor, el tipo, el tamaño y la altura de la antena.

- **Transmisión de infrarrojos:** Las radiaciones infrarrojas son radiaciones electromagnéticas con longitudes de onda más largas que la luz visible, por lo que este tipo de luz no es visible para el ojo humano. Se generan normalmente mediante un diodo LED. Estas ondas se utilizan generalmente para las comunicaciones de corto alcance.

- **Transmisión de microondas:** La longitud de onda del microondas varía de un metro a un milímetro. La frecuencia varía de 300MHz a 300GHz. Tienen frecuencias altísimas y dada su posición en el espectro, son utilizadas para transmitir datos en frecuencias que no son interferidas por las ondas de radiofrecuencia.

- **Transmisión de ondas de luz:** La luz es una radiación electromagnética con una longitud de onda que varía entre las radiaciones infrarrojas y las radiaciones ultravioletas. La longitud de onda varía de 430 a 750 THz. Estas son señales ópticas no guiadas como el láser y son unidireccionales.

Otros diferentes tipos de comunicación inalámbrica es en función del uso que le demos. Tenemos para radio, para televisión, por satélite, para telefonía móvil, GPS, Redes Informáticas, etc.

- **Wifi:** Wi-Fi es una comunicación inalámbrica de baja potencia, utilizada por varios dispositivos electrónicos como teléfonos inteligentes, computadoras portátiles, etc.

- **WiMax:** Wimax es una tecnología de comunicación similar al WiFi, pero por microondas con alcance superior a los 30km y velocidades de hasta 124Mbps. Hasta ahora las redes wifi más rápidas son de unos 54Mbps y con cobertura de unos 300 metros como máximo.

- **LIFI:** Investigadores chinos del instituto de Física Técnica de Shanghai han logrado transmitir a distancia información de la red de internet a través de la luz en lugar del tradicional uso de ondas de radio (wifi).

- **Tecnología bluetooth:** La función principal de la tecnología Bluetooth es que le permite conectar varios dispositivos electrónicos de forma inalámbrica en corta distancia.

- **ZigBee:** ZigBee es un estándar de comunicación inalámbrica diseñado para satisfacer las necesidades únicas de las redes de control y sensores inalámbricos de bajo consumo y bajo costo.

- **Sistemas de comunicación móvil:** El avance de las redes móviles se enumera por generaciones. Muchos usuarios se comunican a través de una banda de frecuencia única a través de teléfonos móviles.

3.2 Sistemas de comunicación impacto de la tecnologías

Los sistemas de comunicación son medios que aportan una transmisión interrumpida de información, la cual es usada en diferentes sectores tales como político, educativo, administrativo, tecnológico, etc. El impacto de estas tecnologías son tan altos que han conseguido potenciar todo el sistema de comunicación a niveles que antes no se creía posible, esto ha sido posible a través de:

- Microondas
- Satélites artificiales
- Fibra óptica

La evolución de la tecnología siempre ha tenido como uno de sus grandes objetivos facilitar la comunicación humana, la tecnología de la mano con la comunicación han ido avanzado de manera natural facilitando la comunicación en si misma, la búsqueda del ser humano por mejorar la calidad de vida que tiene ha provocado que se den avances en la tecnología y como tal en el proceso comunicativo, esto da nacimiento a nuevas y mejores tecnologías. Así mismo estos



avances dan nacimiento a nuevos conceptos tales como Sociedad de la información y Sociedad del conocimiento, estos conceptos hacen referencia a una era mundial en la cual la comunicación en tiempo real por todo el mundo ya es un hecho y se vuelven hechos ilimitados, donde la transmisión y transferencia de información se desarrollan en cantidades infinitas, desde cualquier parte del mundo estamos conectados los unos con los otros y todo se da en tiempos muy cortos.

Durante los últimos años la forma en la que se lleva la comunicación engloba todos los sistemas conocidos, prensa, radio, televisión, cine y la red mundial como tal se ha incrementado. Entre todos ellos el que destaca más es el explosivo desarrollo del internet que permite comunicación en tiempo real y esto solo representa uno de los servicios que el internet tiene, esta red interconecta sitios que brindan información de todo tipo, esta información puede ser consultada desde cualquier computador a cualquier hora en cualquier día del año.

3.2.1 Características de las tecnologías de la información en sistemas de comunicación

-Inmaterialidad. De manera general los sistemas de comunicación realizan un proceso de comunicación de información la cual puede ser simulada y dicha información básicamente es inmaterial solo existe en un entorno digital, del mismo modo esta es llevada de forma transparentes e instantánea a distintos lugares.

-Interactividad. Esta es la característica más importante de los sistemas de comunicación y es usada con mayor frecuencia en el campo educativo. Esto nos permite que se dé un intercambio de información entre el usuario y el ordenador. Dicha característica permite adaptar los recursos para ser usados según la necesidad que se tenga en función de que la integración del sujeto con el computador se haga de manera correcta.

-Interconexión. Esta característica se refiere a la creación de más posibilidades tecnológicas a raíz de una conexión entre dos tecnologías así es como se da la telemática que viene a ser la interconexión entre la informática y las tecnologías de comunicación.

-Instantaneidad. Se tienen redes de comunicación y la integración que se tiene con la informática crea posibilidades para hacer uso del servicio de comunicación y



transmisión de información, entre lugares físicamente muy lejanos y de una forma muy rápida.

-Elevados parámetros de calidad de imagen y sonido. Cuando se habla de proceso de transmisión de información se tiene en consideración información textual, imagen y sonido, actualmente los avances están centrados en lograr transmisiones multimedia de una calidad mejor, lo cual nos abre un nuevo concepto e idea para el mundo de la comunicación y es el proceso de digitalización.

-Digitalización. Esta característica nos habla de la generación de un formato único y universal que permita que todo tipo de información ya sean sonidos, texto, imágenes, animaciones, etc. Para esto se deben hacer uso de dispositivos que permitan la digitalización de la información que se está transmitiendo.

-Mayor Influencia sobre los procesos que sobre los productos. El uso de sistemas de comunicación ha creado una nueva posibilidad la cual central sus ideas en los procesos más que sobre el producto que las organizaciones ofrece, por lo cual se centra en los procesos mentales que son realizados por los usuarios para adquirir conocimiento de la información transmitida y esto tiene mayor influencia que los conocimientos que ya se tiene adquiridos. En muchos de los análisis realizados sobre la sociedad de la información se tiene un gran interés sobre la cantidad tan grande de información a la que se tiene acceso mediante el internet y ya queda de mano del usuario el uso que le dé a esta por lo tanto se considera que se debe tener un uso consiente de la información que se transmite por internet.

-Penetración en todos los sectores (culturales, económicos, educativos, industriales...). Todos los sectores se ven afectados de manera significativa por el uso de tecnologías de comunicación ya que en todos los entornos de dan diferentes tipos de comunicación y asimilación de la información, estas tecnologías al ofrecer muchos caminos para llegar a una gran cantidad de información son muy buenos recursos para todos los sectores. La globalización de la información es algo que se tiene en cuenta en todos estos sectores ya que información que antes hubiese tardado años en llegar de un continente a otro ahora en cuestión de minutos si alguien lo quiere compartir lo tendrán en todas partes.



-Innovación. Las tecnologías de la comunicación brindan una serie de salidas en cuanto a la innovación y cambio constante en todos los sectores. Se debe tener en consideración que estos cambios no generan un rechazo a las tecnologías o a los medios de comunicación, sino que por el contrario es aceptado de manera natural y se trabaja en conjunto con otros medios que producen información.

-Tendencia hacia automatización. La complejidad de las tecnologías de comunicación genera diferentes posibilidad y herramientas que nos dan una serie de posibilidades para manejar de manera automática la información de diferentes puntos. Con la necesidad de disponer de información de manera estructurada hace que se creen gestores personales o corporativos de acuerdo a unos determinados principios.

-Diversidad. La utilidad de las tecnologías tiene diversos ámbitos en los cuales se desarrolla, solo teniendo en cuenta la comunicación se ha generado diversas maneras en que esta se da, así mismo como la creación de información nueva.

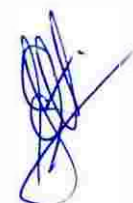
3.2.2 Recursos Telemáticos: Las Redes De Comunicación

Las redes de comunicación ya sean globales y públicas son conocidas como el internet y ya sean locales y privadas son conocidas como la intranet estas nos permiten conectar un ordenador a un servidor el cual contiene información y según permisos de acceso el ordenador puede acceder a la información que este le brinda, Existe herramientas fundamentales que serán clasificadas en cuanto al tipo de comunicación que nos permita y a la finalidad que esta tenga.

GRÁFICO N°20: REDES DE COMUNICACIÓN

Finalidad	Telemáticas
Comunicación asincrónica	Correo electrónico (e-mail)
	Listas de distribución (List)
	Grupos de noticias (News)
Acceso, obtención y utilización de información y/o recursos	Transferencia de ficheros (FTP) Telnet Páginas web (World Wide Web -www)
Comunicación sincrónica	Charlas (IRC) Audioconferencia y Videoconferencia

Fuente: (2011) Arely Cardona



Acceso a recursos (Acceso, obtención y/o utilización de información o recursos)

-Mediante la World Wide Web accedemos al conjunto inmenso de páginas Web, estas páginas están ubicadas en servidores de todo el mundo que se conectan mediante la red internet. Los usuarios necesitan de un programa el cual es capaz de comunicarse con estos servidores para que esta comunicación se de estos programabas deben trabajar bajo el protocolo HTTP de comunicación. Las webs de manera sencilla son aplicaciones multimedia interactivas, que tiene hipertextos en los cuales se incluye información que puede ser texto, imagen, sonido, animaciones, etc.

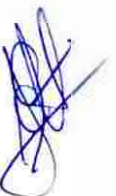
Este sistema de páginas web tuvo su crecimiento de la mano con un protocolo de comunicación que se concibe como un lenguaje estandarizado de comunicación entre los servidores, lenguaje que se extendió de manera rápida y que forma parte de la transmisión de información en este nuevo entorno. Actualmente la comunicación asíncrona para acceder a la información es la WWW e incorpora cada vez una mayor cantidad de funcionalidades que logra integrar herramientas como el FTP. El proceso de acceder a la información está cambiando por procesos de comunicación mucho más complejos y sofisticados que trabajan de la mano con herramientas como base de datos, simuladores, etc. Que cambian las perspectivas que se tiene en los diferentes sectores sobre el acceso a la información.

La cantidad de páginas web a las que tiene acceso mediante el WWW y la necesidad de tener un software que nos permita localizar estos servidores de forma rápida y eficiente para poder encontrar la información que se está buscando. Los buscadores clasifican las páginas web en función de la información que estas transmiten, esto es basado en la descripción que el creador le asigna a su sitio web. La búsqueda de páginas web se da por dos modos:

-Seleccionando sobre las clasificaciones temáticas realizadas por el buscador y organizadas en forma de árbol, aquella o aquellas que más nos interesen.

-Escribiendo directamente una palabra clave para que el buscador, intente localizarla en la descripción de las páginas.

-Mediante FTP se nos permite intercambiar archivos entre un ordenador cliente y un servidor, es un protocolo con el cual podemos enviar y copiar archivos desde



nuestro ordenador personal a uno remoto que actúa como servidor de internet. Así mismo se puede dar el proceso inverso, copiando a nuestro ordenador archivos que están en el servidor. Este acceso al servidor solicita una autenticación mediante un código de usuario y contraseña lo que le permite acceso privilegiados según le tipo de perfil que el usuario disponga.

-Telnet nos permite utilizar recursos de un ordenador remoto, como si fueran nuestros actuando como un terminal, para ello, mediante programas de emulación se conectan al ordenador remoto de forma tal que estaríamos usando los recursos de ese ordenados desde nuestro ordenador. Se usa para trabajar diferentes programas, datos, ambientes de trabajo, etc. Nuestro ordenador solo tiene como tarea recibir y transmitir la información a este ordenador remoto.

Comunicación asíncrona (La comunicación no se establece en tiempo real)

-Correo Electrónico. Se usa para enviar y recibir información personalizada por medio de un intercambio de mensajes entre 2 o mas usuarios conectados a internet. Tiene ciertas ventajas frente a los sistemas de comunicación convencionales como rapidez, comodidad, economía, posibilidad de enviar archivos adjuntos al mensaje. Para hacer uso de esto se debe tener una dirección de correo electrónico las cuales tienen una nomenclatura particular, para poder crear estos correos electrónicos se debe hacer uso de un programa que conecte como cliente de correo a un servidor de correos el cual nos permitirá enviar y recibir mensajes. La dirección de correo electrónico tiene cuatro elementos que son: nombre de usuario, arroba (@), nombre del servidor de correo y país.

-Listas de distribución. Nos brinda la posibilidad de crear comunidades virtuales que se componen por grupos de personal que tienen un interés en común, las cuales se comunican enviando información a la lista de distribución, este intercambio se realiza haciendo uso de la dirección de correo electrónico, enviando información a la lista, son reenviados a todos los integrantes de la lista de distribución, esta lista puede ser pública o privada y puede ser administrada o en general no tener ningún control.

-Los grupos de noticias o foros de debate (Newsgroups) son considerados un tablón de anuncios en el que cualquier usuario puede poner un comentario, responder o se pueden crear debates interactivos. Esto es muy similar a una discusión o debate en línea, todos los participantes pueden comentar, responder o

solo leer la información que se está publicando, además estos se pueden incorporar en cualquier momento, en la mayoría de los casos no existe un administrador simplemente es un tema libre al que cualquier persona puede unirse para debatir o discutir del tema. Debido a los diversos comentarios y publicaciones se crean temas o grupos de noticias para diferentes apartados.

Comunicación síncrona (La comunicación se establece en tiempo real)

-Charlas (IRC-Internet Relay Chat). Por medio de esta herramienta se pueden generar conversaciones entre dos o más usuarios de internet. La comunicación es síncrona, quiere decir que los mensajes se dan en tiempo real, por lo que lo caracteriza la inmediatez en la comunicación lo cual se asemeja mucho a una conversación presencial, con la diferencia en que los interlocutores pueden estar situados en diferentes partes del mundo, las características propias de la actividad provocan que estas conversaciones se condicionen de algún modo. Por una parte, la agilidad de la conversación (utilizando sonido lo que aún no se hace con mucha frecuencia) provoca que los mensajes sean cortos y se tienda a emplear la abreviación o simplificación de algunos términos o frases. Por otro lado, la ausencia de factores que existen en una conversación presencial tales como lenguaje gestual, corporal, etc. Provoca que tengan que ser tratados de otra manera y esto altera de manera significativa la comunicación. Se debe tener en consideración factores como la seguridad y privacidad de los mensajes y la información que se envía para que no se haga un uso indebido de esta.

-Audio conferencia - Videoconferencia. Mediante este servicio, un especialista sobre el tema a tratar puede realizar una conferencia para ser escuchada y vista por un grupo de interlocutores situados en todo el mundo y en tiempo real. Existe una enorme complejidad para hacer uso de esto y es que se depende de la integración de las herramientas de comunicación y del uso adecuado para poder llegar al fin previsto. Uno de los propósitos que tiene este es con fines educativos y es llegar a alumnos con interlocutores internacionales conociendo un mercado totalmente diferente al que suelen tratar, expandiendo la visión de los oyentes. Así mismo un video conferencia consigue una aproximación a la enseñanza presencial dentro del aula, evitando tener lugares físicos y pasando a ser conocidos como aulas virtuales de la cual forman parte todos los participantes del video conferencia.



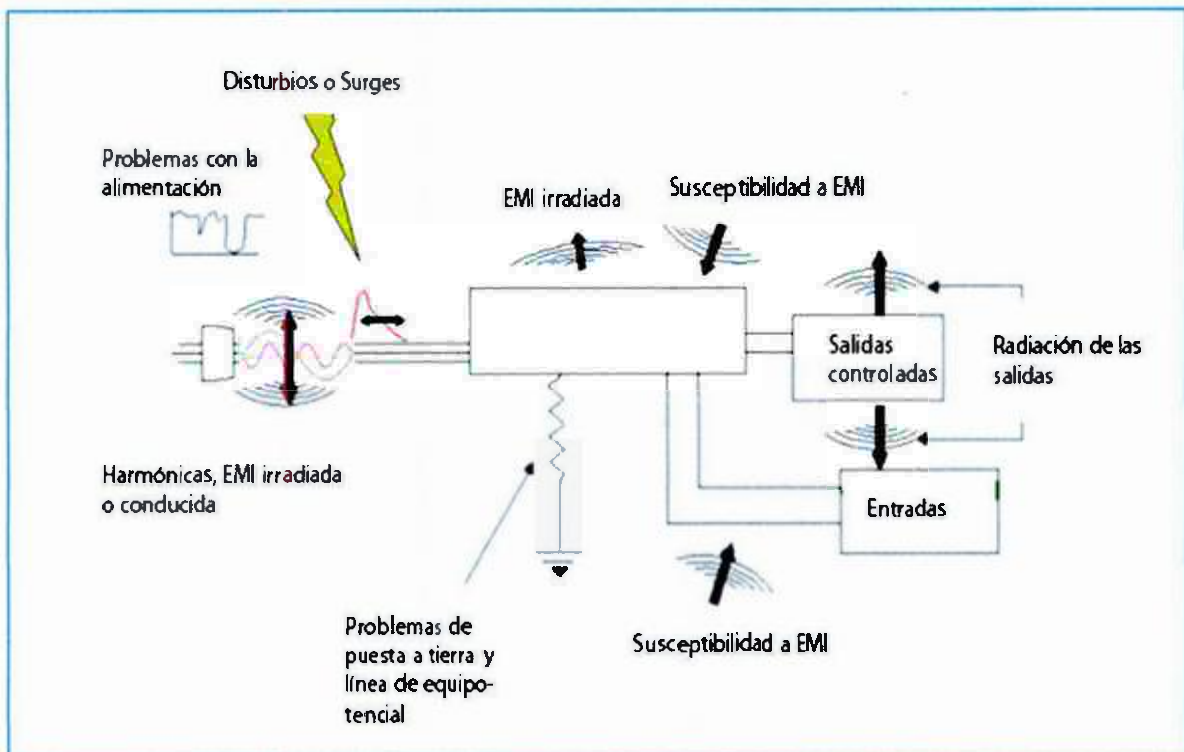
CAPITULO IV INTERFERENCIAS EN EL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

4.1 Interferencia en el espectro electromagnético

Como menciona (Cevallos, 2014), "La interferencia electromagnética EMI (por sus siglas en inglés), es de una forma preocupante, continuamente creciente de contaminación ambiental, sus efectos fluctúan desde pequeñas molestias como los chasquidos en receptores de radio difusión, hasta potencialmente fatales accidentes debidos a corrupción de señales en sistemas sensibles de control de seguridad"

La convivencia de equipos de distintas tecnologías y la inadecuación de instalaciones suministra la emisión de energía electromagnética, lo que continuamente causa problemas de compatibilidad (EMC).

GRÁFICO N° 21: FUENTES DE EMI



Fuente: (1995) Jhon G. Proakis

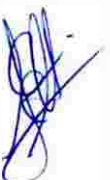
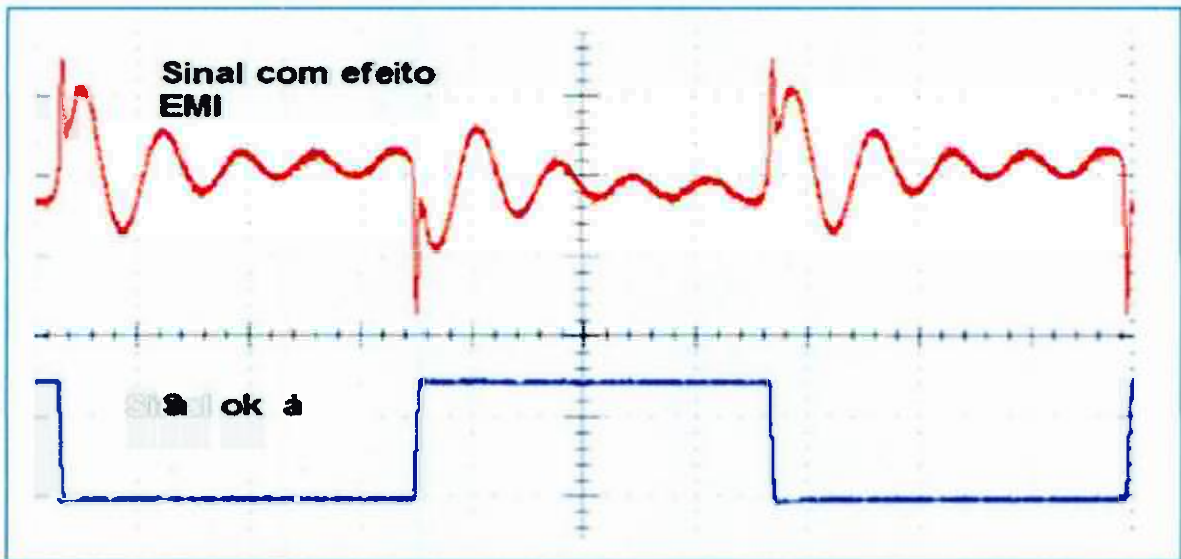
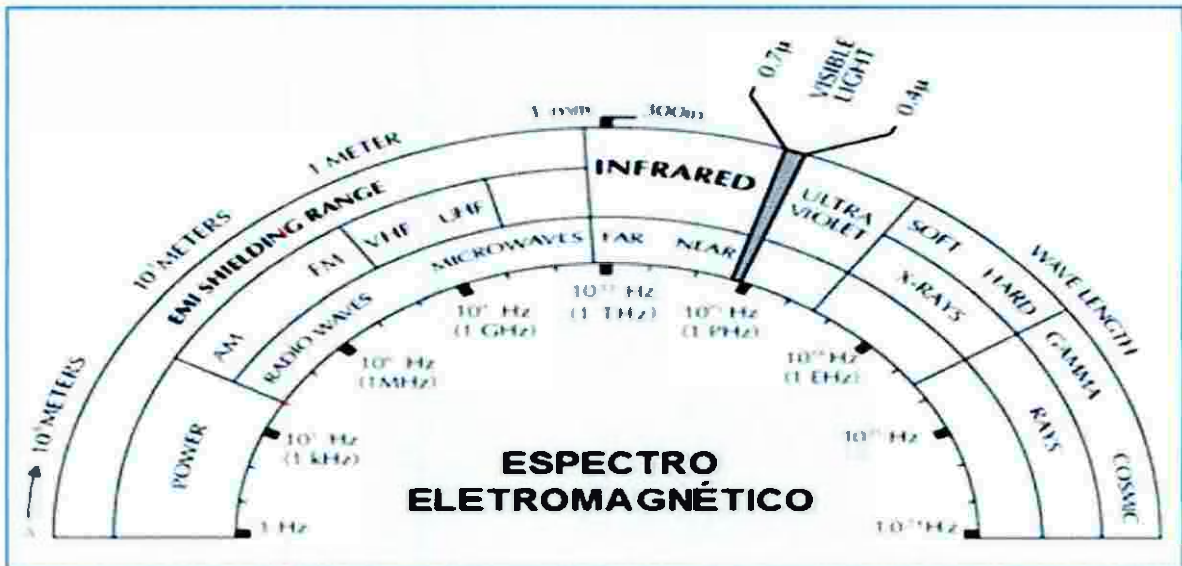


GRÁFICO N°22: SEÑAL AFECTADA POR EFECTOS EMI



Fuente: (1995) Jhon G. Proakis

GRÁFICO N° 23: ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO



Fuente: (1995) Jhon G. Proakis



GRÁFICO N° 24: LARGURA DE ONDA, FRECUENCIA Y ENERGÍA PARA REGIONES SELECCIONADAS DEL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO.

Espectro de Radiación Electromagnética				
Región	Largura de onda (Angstroms)	Largura de ondas (centímetros)	Frecuencia (Hz)	Energía (eV)
Radio	$> 10^9$	> 10	$< 3 \times 10^9$	$< 10^{-5}$
Microondas	$10^9 - 10^6$	$10 - 0.01$	$3 \times 10^9 - 3 \times 10^{12}$	$10^{-5} - 0.01$
Infrarojo	$10^6 - 7000$	$0.01 - 7 \times 10^{-5}$	$3 \times 10^{12} - 4.3 \times 10^{14}$	$0.01 - 2$
Visible	$7000 - 4000$	$7 \times 10^{-5} - 4 \times 10^{-5}$	$4.3 \times 10^{14} - 7.5 \times 10^{14}$	$2 - 3$
Ultravioleta	$4000 - 10$	$4 \times 10^{-5} - 10^{-7}$	$7.5 \times 10^{14} - 3 \times 10^{17}$	$3 - 10^3$
Rayos X	$10 - 0.1$	$10^{-7} - 10^{-9}$	$3 \times 10^{17} - 3 \times 10^{19}$	$10^3 - 10^5$
Rayos Gama	< 0.1	$< 10^{-9}$	$> 3 \times 10^{19}$	$> 10^5$

+

Fuente: (1994) Edward A. & David G.

EMI es la energía que origina una respuesta indeseable a cualquier equipo y esta puede originarse por chispa en los cepillos de motores. Llave de circuitos de potencia, accionamientos de cargas inductivas y resistivas, accionamiento de relés, llaves, disyuntores, lámparas fluorescentes, calentadores, ignición automovilística, descargas atmosféricas o aún descargas electrostáticas entre personas y equipos, aparatos de microondas, equipos de comunicación móvil, etc. Esta es la lista de lo que puede ocasionar alteraciones como sobretensión, subtensión, transientes, picos, etc. Que consiguen afectar una red de comunicación. Es un suceso bastante común en industrias y fabricas debido al empleo de maquinaria como soldaduras, motores y redes digitales y de computadoras cercanas a esas áreas.

Es muy común en industrias y fábricas, donde EMI es muy frecuente debido al mayor empleo de máquinas (de soldaduras, por ejemplo), motores (CCMs) y las redes digitales y de computadoras cercanas a esas áreas. Uno de los más grandes problemas originados por EMI son los cambios esporádicos que degradan lentamente los equipos y/o sus componentes. Otros problemas que pueden darse

por un EMI en el caso de equipos eléctricos son los fallos de comunicación entre dispositivos de una red de equipos o computadoras, alarmas generadas sin explicación, quema de componentes y circuitos electrónicos dañados o funcionando sin motivo, etc. Es común también que se escuchen ruidos en las alimentaciones de energía mal puestas a tierra y blindaje.

Los factores a considerar para reducir los efectos del EMI son: la topología, distribución de cableado, tipos de cables y técnicas de protección de cableado, siempre se debe tener en cuenta que en las altas frecuencias los cables tienen un comportamiento similar a un sistema de transmisión de líneas cruzadas y confusas, las cuales reflejan y esparcen energía a los demás circuitos. Mantener en buenas condiciones las conexiones, los conectores que estén inactivos mucho tiempo pueden desarrollar algún tipo de resistencia o volverse detectores de RF.

Un ejemplo común de como EMI puede afectar el comportamiento de los componentes electrónicos es un capacitor sujetado a un pico de tensión mayor que su tensión nominal específica. Esto genera la degradación del dieléctrico, pues su espesura se limita por la tensión de operación del capacitor, la cual puede producir un gradiente de potencial inferior a la rigidez dieléctrica del material, ocasionando un mal funcionamiento o en el peor de los casos que se queme el capacitor, también pueden darse casos como en lo que las corrientes de polarización puedan alterarse llevando a un corte o según la intensidad de la energía a la quema de los componentes por efecto joule.

La instalación inadecuada o el uso de un equipo en aplicaciones no recomendadas pueden perjudicar el rendimiento del sistema y como consecuencia representa una fuente de peligro y accidentes. Se recomienda, por lo tanto, utilizarse solo profesionales entrenados y calificados para instalación, operación y mantenimiento.

Muchas veces la confiabilidad de un sistema de control frecuentemente se pone en riesgo debido a malas instalaciones. Generalmente los usuarios ignoran la realidad, pero el análisis más criterioso revela los problemas de instalaciones relativos a cables, sus rutas y acondicionamientos, blindajes y puesta a tierra.

Es sumamente importante la concientización de todos los involucrados y, principalmente, el compromiso con la confiabilidad, seguridad operacional y de las

personas en una fábrica.

Es vital controlar el ruido en sistemas de automatización, porque puede volverse un problema serio aún para los mejores aparatos y hardware de adquisición de datos y actuación.

Cualquier ambiente industrial tiene ruidos eléctricos en fuentes, incluyendo líneas de energía AC, señales de radio, máquinas y estaciones.

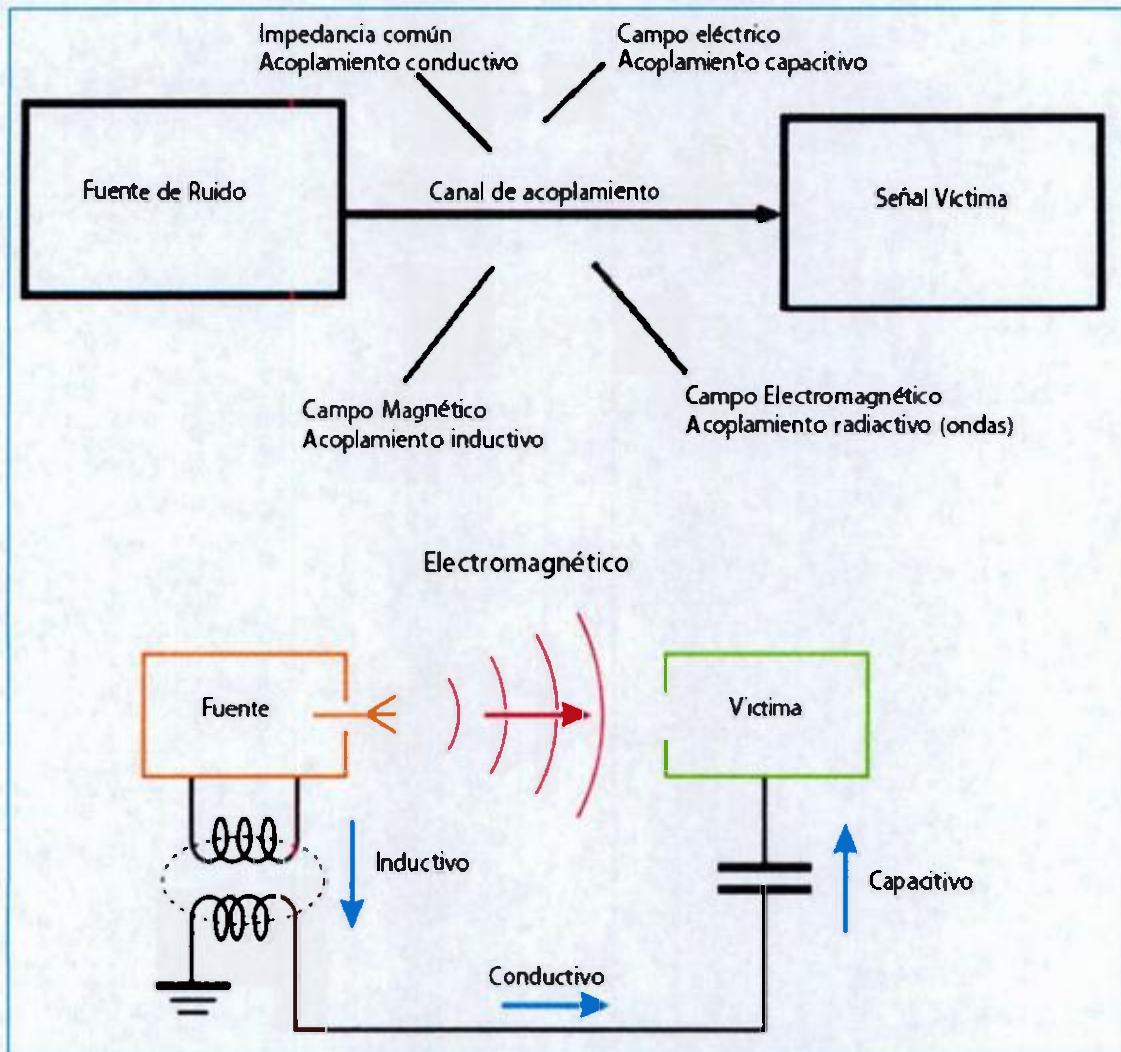
Existen técnicas y dispositivos tales como métodos de puesta a tierra adecuados, métodos de blindaje, hilos trenzados, media de señales, filtros y amplificadores diferenciales pueden controlar el ruido en la mayoría de mediciones.

Por ejemplo, los inversores de frecuencias tienen circuitos de conmutación que pueden generar interferencia electromagnética (EMI). Ellos poseen amplificadores de alta energía de conmutación que pueden producir EMI significativa en frecuencias de 10 MHz hasta 300 MHz. Por supuesto, hay la posibilidad de que este ruido de conmutación pueda generar intermitencia en los equipos cercanos. Mientras la mayoría de los fabricantes tenga cuidado con los proyectos para minimizar este efecto, la inmunidad completa no es posible. Algunas técnicas de layout, hilado, puesta a tierra y blindaje contribuyen significativamente para esta minimización.

La reducción de EMI va a minimizar los costos iniciales y los futuros problemas de funcionamiento de cualquier sistema.



GRÁFICO N°25: TIPOS DE ACOPLAMIENTO GENERANDO RUIDO EN INSTALACIONES INDUSTRIALES



Fuente: (2005) José María Drake Moyano

Las señales pueden variar básicamente debido a:

- Flotación de tensión;
- Harmónicas de corriente;
- RF conducidas y radiadas;
- Transitorios (conducción o radiación);
- Campos Electrostáticos;
- Campos Magnéticos;
- Reflejos;
- Crosstalk;

- Atenuaciones;
- Jitter (ruido de fase);
- Etc.

Las principales fuentes de interferencias y que veremos en seguida son:

- Acoplamiento capacitivo (interacción de campos eléctricos entre conductores);
- Acoplamiento inductivo (seguidas por un campo magnético. El nivel de perturbación depende de las variaciones de corriente (di / dt) y de la inductancia de acoplamiento mutuo);
- Conducción a través de impedancia común (puesta a tierra): ocurre cuando las corrientes de dos áreas distintas pasan por la misma impedancia. Por ejemplo, el camino de puesta a tierra común de dos sistemas.

Puntos importantes para entender los principios de EMC

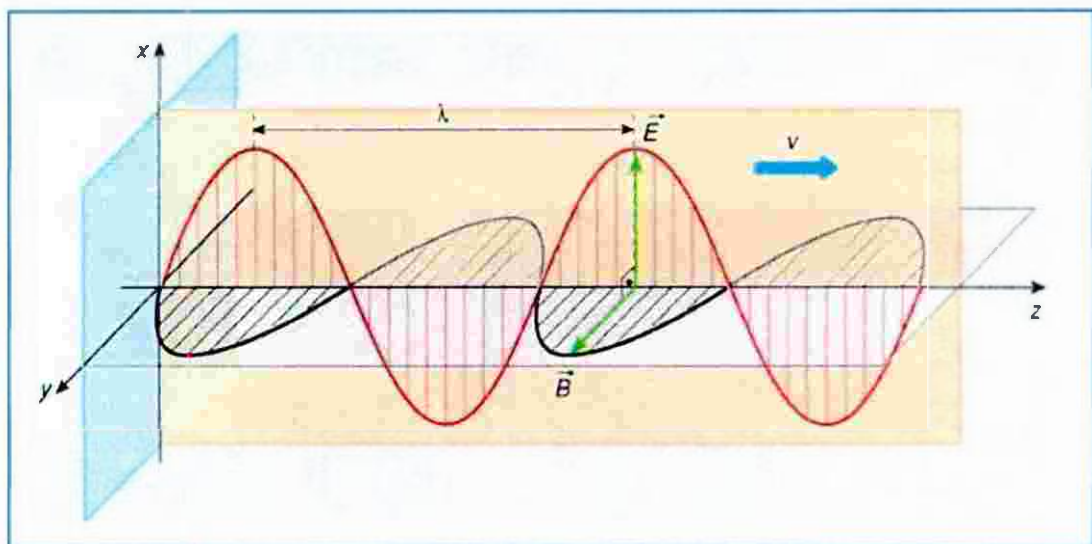
Todas las señales CA en nivel de tensión o corriente son energía electromagnética (Watts, Joules) propagando como onda.

- Ondas electromagnéticas consisten de campo eléctrico (E) y campo magnético (H).
- Cuando un conductor se expone a una onda electromagnética, sus electrones libres se mueven en su alrededor como respuesta a esta onda, generando lo que llamamos de corriente. Esto constituye el principio de reciprocidad.
- La propagación de ondas electromagnéticas y los campos asociados a ellas se moldean por las "antenas accidentales" formadas por los caminos de ida y vuelta de la corriente y de los materiales dieléctrico en su alrededor. El intento es proyectar caminos que minimicen las "antenas accidentales", reduciendo las emisiones y aumentando la inmunidad.
- Existen acoplamientos capacitivos, inductivos y por impedancia común.
- Los electrones son naturalmente forzados a fluir cerca de la superficie del conductor. Es el llamado efecto *skin*.
- Todo presenta una impedancia a las ondas electromagnéticas.



- Onda electromagnética es la combinación de un campo eléctrico y un campo magnético que se propagan en la misma dirección, pero en planos ortogonales. Como nosotros sabemos, la variación en el campo magnético induce un campo eléctrico y viceversa. Por lo tanto, el campo magnético de una onda electromagnética es generada por el campo eléctrico, que, a su vez, es generado por el campo magnético, ambos nutriéndose en un arreglo perfecto.
- Además, los campos B y E son perpendiculares entre ellos y también a la dirección de propagación de la onda que se desplaza con velocidad v . Eso posibilita clasificar la onda magnética como onda transversal. El siguiente gráfico nos muestra la disposición de los campos eléctricos y magnéticos de una onda electromagnética y la dirección de su propagación.

GRÁFICO N° 26: ONDA ELECTROMAGNÉTICA



Fuente: (2016) Eugenia Belletti & Blesle

4.1.1 Tipos de interferencias

Existen dos tipos de interferencia, la interna y la externa, siendo continuada o intermitente. Cada tipo tiene su propia causa y las causas más sujetadas a interferencia continuada son:

- 50/60Hz Alimentación
- Motor Eléctrico (Especialmente el Conmutador)
- Señales de radio de alta energía



- Fuentes conmutadas
- Microondas

Las causas de ruidos constantes son menos difíciles de encontrarse de que los problemas con ruidos intermitentes.

La fuente más común de ruido es constante y es causada por una fuente de alimentación 50/60 Hz. La alimentación es el componente más común por ser una tensión oscilante, de alta potencia y un sistema de antena enorme.

Casi todos los sistemas tienen filtros para 50/60 Hz que evitan o minimizan ruidos de esta naturaleza.

Motores eléctricos muchas veces crean ruido de banda ancha que pueden irradiarse hacia cualquier equipo en su vecindad. Motores DC frecuentemente tienen fuentes conmutadas que también generan ruido de alta frecuencia a través de la puesta a tierra común. Este ruido de banda ancha puede transmitirse de vuelta a través de las líneas de suministro de energía o a través de una puesta a tierra común.

Radio local, estaciones de televisión, radares y estaciones de radio amateur pueden causar ruidos de frecuencia de radio.

Estas estaciones generan kW de energía y muchas veces se ubican cerca de áreas industriales.

La alimentación conmutada es la fuente más común de ruido. Es popular y hace parte de los equipos electro-electrónicos, produciendo grandes cantidades de frecuencias armónicas.

Los ruidos intermitentes son de causas difíciles de ubicar.

Un ejemplo es un rayo que, por lo general, contiene de 20 a 40 kA y millones de Volts. Además, el rayo transmite ruido de banda ancha que abarca todo el espectro de frecuencia CC. Esto, juntamente con la corriente de alta tensión, torna imposible filtrarse este ruido. El mejor método es protegerse los dispositivos con *shunts* y supresores.

Otro ejemplo común en ambientes industriales es el conmutador de relés, que, por lo general, produce el ruido de relé de conmutación. Este ruido es creado por el campo magnético cuando se conmuta el relé.



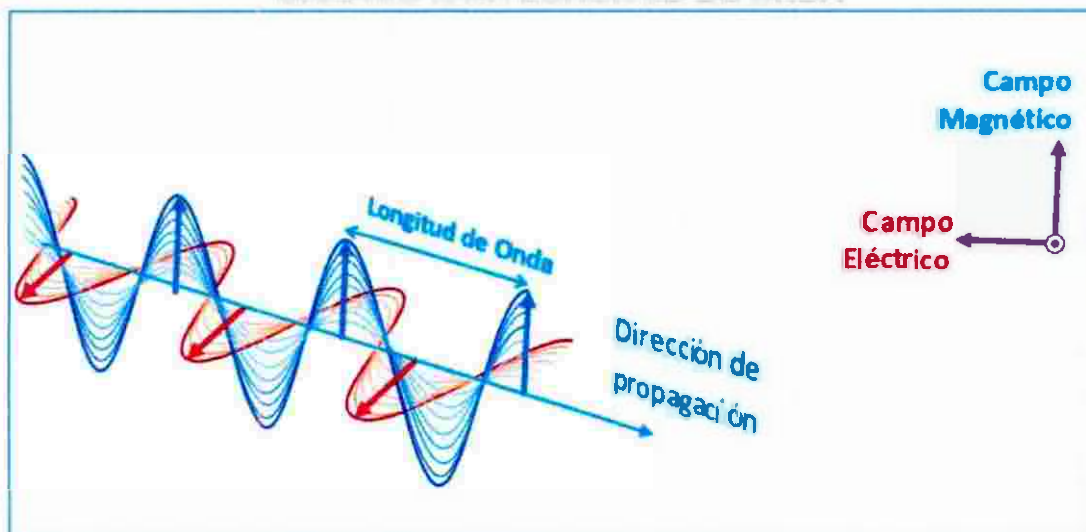
El ruido generado por máquinas de soldadura es parecido con los ruidos generados por un rayo, de alta frecuencia y de banda ancha. La diferencia es que puede identificarse fácilmente.

También vale citarse el ruido estático (generado por la estática). En este caso es muy difícil identificarlo como fuente de ruido, pues es invisible y muy intermitente. Mientras muchas veces sea generado por el hombre, también puede ser de origen natural. El ruido estático también es similar al rayo con todos sus atributos, pero en menor escala.

4.1.2 Control y establecimiento de límites

Se debe tener en consideración una serie de factores para poner límites a los espectros electromagnéticos ya que estos pueden tener consecuencias tanto en otros dispositivos como en la salud de las personas para ello cuando las ondas de los campos electromagnéticos (CEM) se han alejado lo suficiente de su fuente emisora, sus componentes de campos eléctricos y magnéticos se hacen perpendiculares entre sí. Las características principales de las ondas electromagnéticas son la frecuencia, longitud de onda y dirección de propagación. Las ondas de CEM también transportan energía y esta es proporcional a la frecuencia. Se establece que a mayor frecuencia la energía que transporta la onda es mayor y a menor frecuencia la energía es menor. Esto es básicamente un concepto físico de teoría de CEM.

GRÁFICO N°27: LONGITUD DE ONDA



Fuente: (2014) Mario Cevallos



Cuando se analiza los CEM y el efecto que estos tienen en la materia, las investigaciones nos muestran que el fenómeno de ionización se produce para las frecuencias que superan al espectro visible es decir alrededor de 3×10^{15} Hz; en frecuencias inferiores de la radiación electromagnética no se produce la ionización por tanto el efecto que se tiene es de un aumento en la temperatura.

Las radiaciones no ionizantes conocidas como RNI son ondas electromagnéticas que debido al rango de frecuencias o nivel de energía no consiguen extraer electrones de los átomos. Pese a que la energía es producida por fuentes de alta intensidad no se llega a presentar la ionización de la materia.

Algunos ejemplos de fuentes que emiten Radiación No Ionizante son los siguientes:

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

Fuente: (2010) Martin Perina

Organizaciones Internacionales como la Comisión Internacional de Protección Contra las Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP) son las encargadas de realizar estudios relacionados con los CEM y la afectación que estos traen sobre la salud. Resultado de esto en 1998 la ICNIRP realizó un estudio científico que permitió establecer los Límites Máximos de Exposición a los CEM.

Origen de la comisión ICNIRP:

En 1974 la Asociación Internacional para la Protección contra la Radiación (IRPA), formo un grupo de trabajo que evaluó los problemas suscitados en el campo de



protección contra los varios tipos de Radiación No Ionizante, en el congreso de la IRPA en 1977 este grupo de trabajo se convirtió en Comité Internacional para las Radiaciones No Ionizantes (INIRC).

La IRPA/INIRC en cooperación con el sector de salud ambiental de la Organización Mundial de la Salud (OMS) desarrollo una serie de documentos relacionados con la salud y las RNI. En el octavo congreso de la IRPA celebrado en 1992 se estableció la ICNIRP como organización sucesora de la IRPA/INIRC. "Las funciones de la ICNIRP son investigar los peligros que pueden ser asociados con las diferentes formas de RNI, desarrollar recomendaciones internacionales sobre límites de exposición para las RNI, y tratar todos los aspectos sobre protección contra las RNI".

Contexto y propósito de la publicación de la ICNIRP en 1998

El objetivo principal de esta publicación es establecer recomendaciones relacionadas con los límites máximos de exposición a los CEM, que proporcionen protección contra los posibles efectos adversos para la salud. En concordancia con lo anterior y de acuerdo con datos científicos se establecen dos recomendaciones.

1. Restricciones básicas
2. Niveles de referencia

Con relación a las restricciones básicas, dependiendo de la frecuencia del campo eléctrico, magnético y electromagnético, se establecen las cantidades físicas máximas de exposición dadas por la densidad de corriente (J), la tasa de absorción específica de energía (SAR) y la densidad de potencia (S).

Los niveles de referencia son proporcionados con el fin de evaluar si las restricciones básicas son excedidas. De las restricciones básicas más relevantes se derivan algunos niveles de referencia, los cuales son obtenidos mediante medición o métodos computacionales. Las cantidades que se tienen en cuenta en las mediciones y los métodos computacionales son la intensidad de campo eléctrico (E), la intensidad de campo magnético (H) y la densidad de potencia (S). Al evaluar una fuente de Radiación No Ionizante con respecto a un nivel de referencia, se debe determinar que no se excedan estos niveles. De esta manera se garantiza que las restricciones básicas más relevantes se cumplen.



De acuerdo con los estudios realizados en los diferentes rangos de frecuencias del espectro electromagnético, se deben limitar los CEM para dos zonas específicas, la zona de exposición ocupacional y la zona de exposición del público general.

En la zona ocupacional o controlada, el acceso es restringido y se caracteriza por estar dentro del cerramiento de la estación radioeléctrica. Las personas que se encuentran en esta zona son advertidas sobre los posibles riesgos en la salud.

La zona del público en general, comprende personas del común las cuales en muchas ocasiones no son conscientes de la exposición a los CEM y mucho menos toman precauciones para minimizar la exposición a este tipo de campos. Es por esta razón que las restricciones más estrictas se presentan en esta zona.

Según el rango de frecuencias se pueden determinar las restricciones básicas de la siguiente forma:

Frecuencias entre 1Hz y 10MHz

Para este rango de frecuencias las restricciones básicas están dadas por la densidad de corriente, el objetivo es prevenir daños funcionales en el sistema nervioso

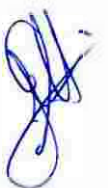
Frecuencias entre 100KHz y 10GHz

En este rango las restricciones básicas son establecidas por la SAR, con el fin de prevenir el calentamiento localizado de los tejidos.

Frecuencias entre 10 y 300GHz

Las restricciones básicas en este rango de frecuencias están dadas en términos de densidad de potencia, estas previenen el calentamiento excesivo cerca de la superficie del cuerpo.

De acuerdo con lo anterior las restricciones básicas establecidas son las siguientes



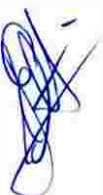
Características de la Exposición	Rango de Frecuencias	Densidad de Corriente para cabeza y tronco (mA/m ²)(rms)	SAR promedio en todo el cuerpo (W/Kg)	SAR localizado o cabeza y tronco (W/Kg)	SAR localizado extremidades (W/Kg)
Exposición Ocupacional	hasta 1 Hz	40	---	---	---
	1 – 4 Hz	40/f	---	---	---
	4 Hz – 1 kHz	10	---	---	---
	1 – 100 kHz	f/100	---	---	---
	100 kHz – 10 MHz	f/100	0,4	10	20
	10 MHz – 10 GHz	—	0,4	10	20
Exposición Público General	hasta 1 Hz	8	---	---	---
	1 – 4 Hz	8/f	---	---	---
	4 Hz – 1 kHz	2	---	---	---
	1 – 100 kHz	f/500	---	---	---
	100 kHz – 10 MHz	f/500	0,08	2	4
	10 MHz – 10 GHz	---	0,08	2	4

Fuente: (2010) Martin Perina

Las restricciones básicas para frecuencias que están por encima de 10GHz son las siguientes:

Tipo de Exposición	Rango de Frecuencias	Densidad de potencia (W/m ²)
Exposición Ocupacional	10 – 300 GHz	50
Exposición Público General		10

Fuente: (2010) Martin Perina

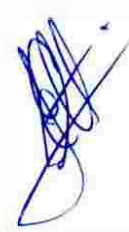


Como se mencionó anteriormente los *niveles de referencia* se obtienen a partir de las restricciones básicas más relevantes y mediante modelos computacionales de las cantidades físicas según el rango de frecuencias. Los niveles de referencia para las zonas de influencia de los CEM, en el rango de frecuencia desde 1Hz hasta 300GHz son los siguientes:

Características de la Exposición	Rango de Frecuencias	Intensidad de Csmo Eléctrico (V/m)	Intensidad de Csmo Magnético (A/m)	Densidad de flujo magnético (μ T)	Densidad de potencia (W/m^2)
Exposición Ocupacional	hasta 1 Hz	--	1.63×10^5	2×10^5	--
	1-8 Hz	20 000	$1.63 \times 10^5 / f^2$	$2 \times 10^5 / f^2$	--
	8-25 Hz	20 000	$2 \times 10^4 / f$	$2.5 \times 10^4 / f$	--
	0,025 - 0,82 kHz	$500f$	$20 / f$	$25 / f$	--
	0,82- 65 kHz	610	24,4	30,7	--
	0,065-1 MHz	610	$1,6 / f$	$2 / f$	--
	1-10 MHz	$610/f$	$1,6 / f$	$3 / f$	--
	10-400 MHz	61	0,16	0,2	10
	400 - 2000 MHz	$3f^{0.5}$	$0.008f^{0.5}$	$0.02f^{0.5}$	$f/40$
2-300 GHz	137	0,36	0,45	50	
Exposición Público General	hasta 1 Hz	--	$3,2 \times 10^4$	4×10^4	--
	1-8 Hz	10 000	$3,2 \times 10^4 / f^2$	$4 \times 10^4 / f^2$	--
	8-25 Hz	10 000	$4,000 / f$	$5,000 / f$	--
	0,025- 0,8 kHz	$250 / f$	$4 / f$	$5 / f$	--
	0,8 - 3 kHz	$250 / f$	5	6,25	--
	3-150 kHz	87	5	6,25	--
	0.15-1 MHz	87	$0,73 / f$	$0,92 / f$	--
	1 - 10 MHz	$87 / f^{0.5}$	$0,73 / f$	$0,92 / f$	--
	10- 400 MHz	28	0,073	0,092	2
	400 - 2,000 MHz	$1,375 f^{0.5}$	$0.0037 f^{0.5}$	$0.0046 f^{0.5}$	$f / 200$
2-300 GHz	61	0,16	0,20	10	

Fuente: (2010) Martín Perina

Es importante tener en cuenta que las restricciones básicas y los niveles de referencia buscan prevenir y/o limitar los niveles de CEM en una zona



determinada.

¿Qué sucede cuando se está expuesto a un entorno de múltiples fuentes?

En un entorno de múltiples fuentes es requisito fundamental evaluar la exposición simultánea de todas las fuentes presentes en la zona de observación o investigación. Como ejemplo práctico se tomará la evaluación a múltiples fuentes en el rango de frecuencias del espectro radio eléctrico. La expresión matemática que permite evaluar la contribución de múltiples fuentes es la siguiente:

GRÁFICO N° 28: CALCULO DE LONGITUD DE ONDA

$$\sum_{i=100\text{KHz}}^{1\text{MHz}} \left(\frac{E_i}{c}\right)^2 + \sum_{i>1\text{MHz}}^{300\text{GHz}} \left(\frac{E_i}{E_{L,i}}\right)^2 \leq 1$$
$$\sum_{i=100\text{KHz}}^{1\text{MHz}} \left(\frac{H_j}{d}\right)^2 + \sum_{i>1\text{MHz}}^{300\text{GHz}} \left(\frac{H_j}{H_{L,j}}\right)^2 \leq 1$$

Fuente: (2007) Javier Luque Ordoñez

Donde:

- E_i es la intensidad de campo eléctrico en la frecuencia i .
- $E_{L,i}$ es el nivel de referencia del campo eléctrico a la frecuencia i
- H_j es la intensidad de campo magnético a la frecuencia j .
- $H_{L,j}$ es el nivel de referencia del campo magnético a la frecuencia j .
- c es $610/f(V/m)$ (f en MHz), para el caso de exposición ocupacional y $87/f$ $0,5 V/m$, para el caso de exposición del público en general.
- d es $1,6/f A/m$ (f en MHz), para el caso de exposición ocupacional y $0,73/f A/m$, para el caso de exposición del público en general

Los límites máximos de exposición a CEM en las diferentes zonas de influencia y



en los rangos de frecuencia estudiados, permiten prevenir los posibles riesgos en la salud y establecer condiciones de cumplimiento relacionados con la emisión de Campos Electromagnéticos. Las directrices establecidas en esta publicación son tomadas en cuenta por organizaciones internacionales como la Unión Internacional de Telecomunicaciones (*UIT*) en el sector de Normalización (*T*) y la serie de protección contra interferencias (*serie K*). Una de las principales recomendaciones que acoge lo estipulado en el estudio de la ICNIRP es la *Recomendación UIT – T K.52*, en esta se desarrollan una serie de procedimientos de cálculo y metodologías de medición, con miras al cumplimiento de los Límites Máximos de Exposición a los CEM. Los Límites Máximos de Exposición a CEM definidos por la ICNIRP-1998 y acogidos por la Recomendación UIT – T K.52, son la base fundamental de la reglamentación y normatividad colombiana. Las principales resoluciones y decretos que adoptaron lo establecido por las organizaciones internacionales son

- Decreto 195 de 2005 (MINTIC)
- Acuerdo 009 de 2009 (ANTV)
- Decreto 1078 de 2015 (MINTIC)
- Resolución 754 de 2016 (ANE)



V. REFERENCIALES

Belletti, S., Eugenia Godino, M., & Blesle, G. (2016). *Ondas Electromagneticas*. Universidad Nacional de Rosario.

Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco. (2017). *ESPECTROSCOPIA DE INFRARROJO PARA TODOS*. Jalisco: D.R. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C.

Cevallos, M. (2014). Interferencias Electromagnéticas debidas al Sistema de Trolebús de la Ciudad de Quito . *XXV Jornadas en Ingenieria Electrica y Electronica*, 297-310.

Chamorro, L., & Pietrosevoli, E. (2015). *Redes Inalámbricas para el desarrollo en América Latina y el Caribe*. Obtenido de APC Temas emergentes: https://www.apc.org/sites/default/files/APC_RedessInalambricasParaElDesarrolloLAC_20081223_0.pdf

Instituto Nacional de Ciberseguridad. (2015). *Seguridad en redes wifi: una guia de aproximacion para el empresario*. Madrid: Ministerio de economia y empresa.

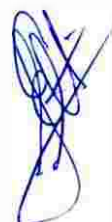
López Rocafiguera, E., & Martí Puig, P. (2018). *Introducción a los sistemas de comunicaciones*. Cataluña: UNiversitat Oberta de Catalunya.

Luque Ordoñez, J. (2007). *Espectro electromagnético y espectro radioeléctrico*. Madrid: AUTORES CIENTÍFICO-TÉCNICOS Y ACADÉMICOS.

Martín Pernía, A. (2010). *Universidad de Oviedo*. Obtenido de Sistemas de comunicaciones electrónicas: https://www.unioviedo.es/ate/alberto/TEMA_4_Telecomunicacion_Telem.pdf

Oberli, C. (2006). *Ondas de Radio, Antenas y Salud: Nociones Fundamentales para el Legislador*. Ministerio de transportes y telecomunicaciones.

Tutivén López, P. (2012). *Los Efectos de las Radiaciones Electromagnéticas de Radiofrecuencia en la Salud Humana*. Mallorca: Fundación Càtedra Iberoamericana .



VI. APÉNDICE

El efecto del campo electromagnético a partir del desarrollo de las cargas eléctricas cuando estas se ponen en movimiento producen una corriente y al mismo tiempo origina un campo magnético el campo es la distribución espacial de una cantidad la cual puede ser o no en función del tiempo un campo eléctrico variable en el tiempo está acompañado de un campo magnético y viceversa ambos campos acoplados producen los campos electromagnéticos estos al ser variantes con el tiempo producen ondas que radian de la fuente.

Cuando se analiza el espectro electromagnético desde las ondas cortas de los rayos gamma hasta las ondas de radio de mayor longitud conocidos como radio frecuencias.

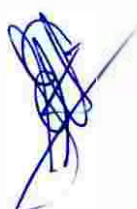
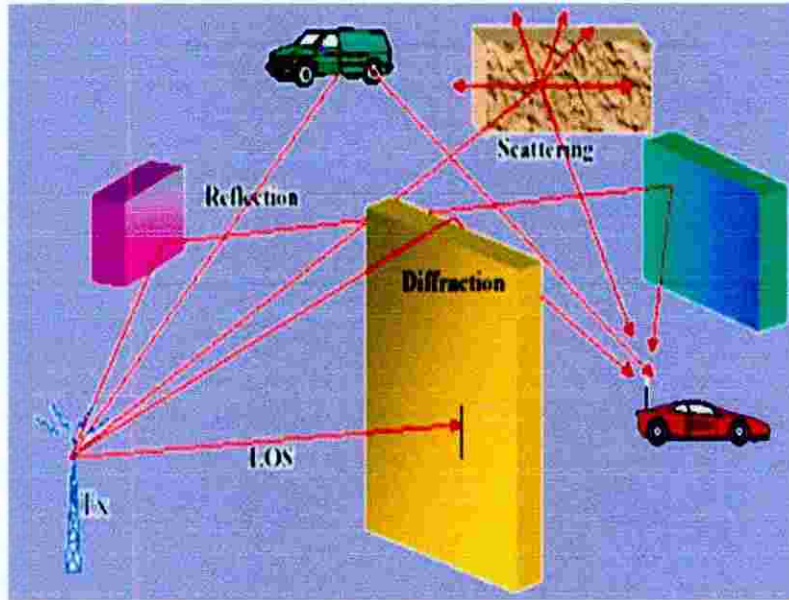
Uno de los usos de la radio frecuencia más importantes son las radiocomunicaciones. Aunque se emplea la palabra radio, las transmisiones de televisión, radio, radar y telefonía móvil están incluidos en esta clase de emisiones de radiofrecuencia. Otros usos son audio, video, radio navegación, servicios de emergencia y transmisión de datos por radio digital; tanto en el ámbito civil como militar.

Hoy en día los sistemas inalámbricos nos rodean por todas partes, a los ya habituales sistemas de telefonía móvil, se unen las redes de datos inalámbricas, la televisión digital terrestre o los radio enlaces punto a punto. Para el correcto funcionamiento de estos sistemas resulta crucial un diseño adecuado del interfaz radioeléctrico. El diseño de radioenlaces es una disciplina que involucra todo una serie de cuestiones tales como la elección de la banda de frecuencias, el tipo de antenas y los equipos de radiocomunicación, el cálculo de balances de potencia, la estimulación de los niveles de ruido e interferencia o el conocimiento de las distintas modalidades y fenómenos de propagación radio eléctrica entre otros, Dentro la tecnología inalámbrica se siguen desarrollando investigaciones aplicadas al campo electromagnético en las diferentes aplicaciones de la vida diaria todo ello abarca en las telecomunicaciones mediante los Near Field Communication NFC Radio Frequency Identification RFID, WLAN 802.11x WIFI, Rede MANET Sistema de distribución local multipunto LMDS, y celulares que responden a tecnologías de 1G,2G,3G,4G y 5G a partir del año 2020.



ANEXOS

Características de Propagación









A handwritten signature or scribble in blue ink, located in the bottom right corner of the page. It consists of several overlapping loops and lines.

Outline of system to prevent accidents between vehicle turning across traffic, and oncoming vehicle

