

# APLICACIONES DE LAS ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS (OEM)

*Mg. Rolando Arellano Rossmann*

## RESUMEN

*El autor, una vez mostrado los conceptos básicos pertinentes, nos ilustra las aplicaciones prácticas a través de: las frecuencias del sonido, frecuencias de la comunicación (amplitud de onda media, de onda corta, moduladas en frecuencia o FM), las microrondas (mediante antenas parabólica, GPS), los rayos infrarrojos (equipo de visión nocturna, mandos a distancia o telecomandos), la radiación ultravioleta (desinfección del agua y del aire, fotoluminiscencia), los rayos X y defracción de rayos X (estudios de soluciones sólidas metálicas, escaner para control de pasajeros, tomografía, etc.) y los rayos gamma (esterilización de alimentos e instrumentales).*

## 1.- INTRODUCCIÓN

El propósito de este artículo es difundir uno de los fenómenos más interesantes de la física que en sí lo constituyen las ondas electromagnéticas (OEM); considero que éste es uno de los fenómenos más trascendentes para el ser humano, pues sus aplicaciones se encuentran en casi todas las actividades de nuestra vida. Muchos se preguntarán ¿qué tan cierto es que estas ondas se encuentran en casi todas nuestras actividades?, ¿por qué la consideramos trascendente en nuestra vida?

Las OEM tienen una trascendencia muy grande en la humanidad, pues su conocimiento nos ha permitido, hasta el momento, una gran cantidad de aplicaciones, que sin su conocimiento y dominio no habríamos alcanzado el grado de desarrollo que hemos logrado. Cuando decimos que todos los pueblos de la tierra están globalizados es porque ahora podemos conocer lo que pasa en cualquier parte del planeta en tiempo

real, no solo escuchando las noticias sino también observándolas. Esto no sucedía una centuria atrás, si algo sucedía en África, Europa o en Asia, nos enterábamos una semana después. Sus aplicaciones en la medicina, en la industria, en la defensa, en la investigación y en el entretenimiento, son tan amplias que ahora no podríamos prescindir de este recurso.

## 2.- CONCEPTOS BÁSICOS

Existen dos conceptos que se deben conocer para entender tanto la generación como la recepción de las OEM. El primero:

La **inducción electromagnética**, es el fenómeno que origina la producción de una corriente eléctrica en un conductor expuesto a un **campo magnético variable**, o bien en **un conductor que se mueve dentro de un campo magné-**

**tico estático, ver Fig. 1.** Es así, que cuando el conductor se mueve dentro del campo magnético, se produce una corriente inducida. Este fenómeno fue descubierto por Michael Faraday en 1831, quien lo expresó indicando que la magnitud de la tensión inducida es proporcional a la variación del flujo magnético (*Ley de Faraday*).

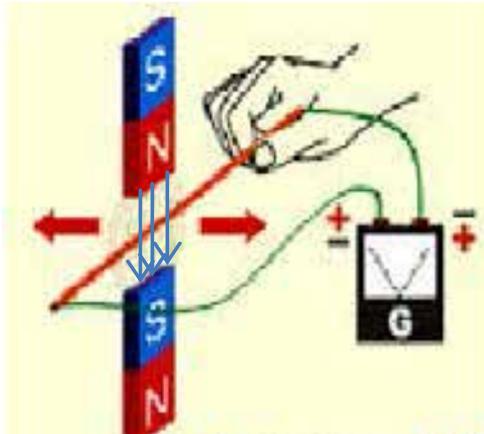


Fig. 1. Corriente inducida en un conductor cuando se encuentra dentro de un campo magnético variable o cuando un conductor se mueve dentro de un campo magnético estático.

Una aplicación de la inducción electromagnética se observa en las antenas de recepción, en éstas constantemente se están induciendo corrientes producidas por el campo electromagnético irradiados por las emisoras de radio o de televisión, gracias a este fenómeno es que podemos captar la información que se trasmite desde estas emisoras.

El segundo concepto establece que **si por un conductor circula una corriente variable, ésta genera un campo electromagnético alrededor del conductor y que se desplaza a través del espacio.** Este campo tiene dos com-

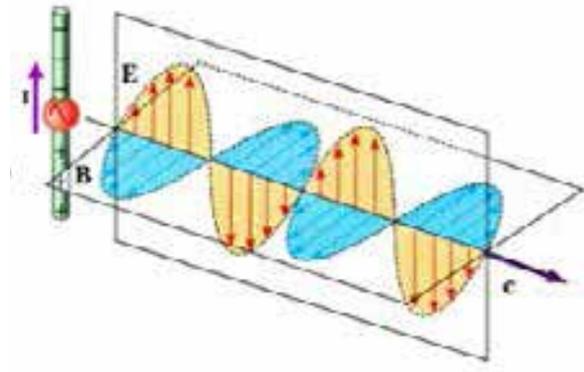


Fig. 2. Ondas electromagnéticas creadas por un dipolo, cuando por él circula una corriente oscilante.

ponentes perpendiculares, uno eléctrico y el otro magnético, tal como se observa en la Fig. 2. Las ondas generadas se propagan (viajan) por el aire e incluso por el vacío a la misma velocidad de la luz 300,000 Km/Seg

Una aplicación práctica de este fenómeno se da en las **antenas de las emisoras** sean de radio o televisión; si en estas antenas se hace circular una corriente oscilante de muy alta frecuencia ésta generará las OEM que viajarán por el espacio; si en su recorrido encuentran un conductor,

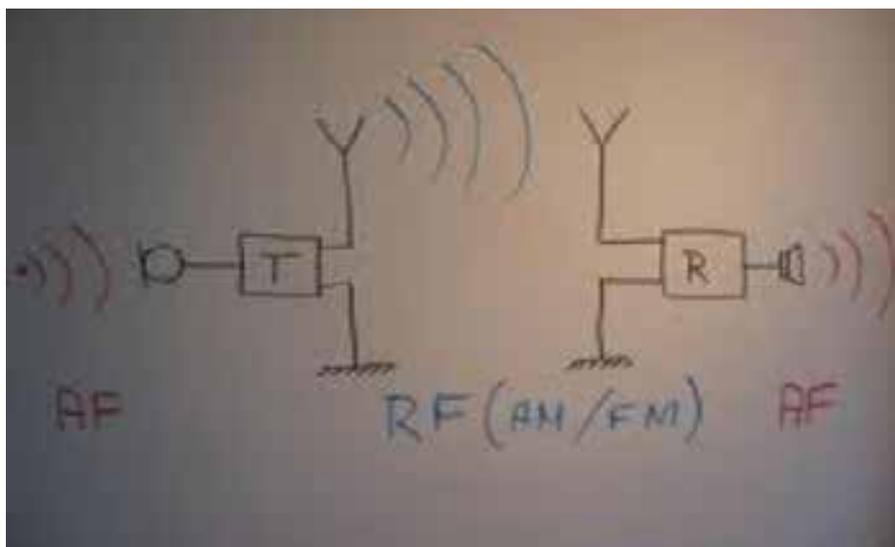


Fig. 3. Trasmisión y recepción de las ondas electromagnéticas.

que actúa como **antena receptora**, en ésta se induce una tensión, tensión que es amplificada y procesada para poder recoger la información que se ha incrustado en esta OEM. Lo que acabamos de describir nos está indicando que a las OEM las podemos usar para transportar **información** a grandes distancias; esta información puede ser las señales de sonido (la radio), de video (la televisión) o señales de control a distancia (aplicada en los sistemas de defensa tanto terrestre como espacial)

**2.1.- PARÁMETROS QUE SE MANEJAN CON LAS OEM**

Cuando se trata de estudiar o analizar el comportamiento de las OEM, siempre nos referiremos a ciertas variables, tales como, frecuencia, longitud de onda, periodo, energía, velocidad. Por este motivo vamos a tratar de describirlas para que cuando las usemos no nos representen algo extraño. Tomando como base la Fig. 4, veremos que:

**-Periodo (T):** Es el tiempo comprendido entre dos valores máximos (entre dos crestas), su unidad es el segundo.

**-Ciclo =** Es el recorrido que hace una partícula durante un periodo.

**-Frecuencia (f):** es el número de ciclos que se genera durante una unidad de tiempo (seg), su unidad es el hertz, también podemos decir que la frecuencia es  $f = 1/T$  la inversa del periodo de dicha onda.

**-Longitud de Onda (λ):** Es el espacio recorrido durante un ciclo o en un periodo, se expresa en metros. En una onda sinusoidal de frecuencia  $f$  y periodo  $T$ , la longitud de onda viene dada por la expresión:

$$\lambda = \frac{v}{f} = v \cdot T$$

Donde  $v$  es la velocidad de propagación de la onda. En el caso de ondas electromagnéticas propagándose en el vacío, la velocidad de propagación es igual a la velocidad de la luz

$C = 3 \cdot 10^8$  m/s donde C es la velocidad de la luz.

Ejemplo 1, si la OEM tiene una frecuencia de 1MHz, su longitud de onda será

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}}{10^6 \frac{1}{s}} = 300m$$

Ejemplo 2. Determinar la frecuencia de una OEM cuya longitud de onda es  $\lambda = 500$  nm

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}}{5 \cdot 10^{-7} m} = 6 \cdot 10^{14} = 600 \text{ Thz}$$

esta frecuencia se encuentra dentro del rango de las frecuencias luminosas

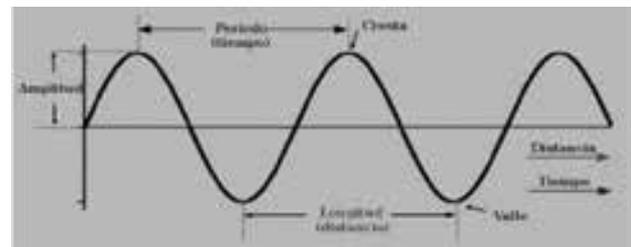


Fig. 4. Estructura de una onda electromagnética.

**-Amplitud:** Es el valor máximo que toma en el sentido positivo o negativo de la onda.

**-Velocidad:** Nos referimos a la velocidad con que se desplazan las ondas, ésta depende del medio por el que se propague (por donde viaja). si la onda viaja por el vacío su velocidad es igual a la de la luz 300.000 Km/segundo. Si se propaga por el aire cambia, pero es prácticamente igual a la del vacío.

Nota: la velocidad del sonido en el aire es de 340 m/s ¡note la diferencia!

**-Energía:** Una de las características importantes de una onda electromagnética es que puede transportar energía de un punto a otro. En 1900, Max Planck afirmó que la radiación era

emitida en forma de cuantos, paquetes de energía de frecuencia determinada, a los que Einstein llamó **fotones**, y la energía de un cuanto (fotón) está dada por:

$$E = h \cdot f \text{ (julios)}$$

donde  $h$  es la constante de Planck, de valor  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ , y  $f$  la frecuencia de la radiación. En esta observamos que la energía que puede transportar una OEM depende de la frecuencia que tiene la onda. Como veremos posteriormente, esta propiedad tiene una importancia bastante grande y es la que nos va a permitir explicar muchas aplicaciones dentro del campo industrial, en la medicina, e inclusive dentro de las aplicaciones en el hogar.

## 2.2.- ESPECTRO DE LAS ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS

El espectro de las OEM no es otra cosa que la representación gráfica del conjunto de todas las frecuencias que se pueden generar o que existen en el universo. En la Fig. 5 se muestra el espectro de frecuencia de las OEM desde 100 ciclos por segundo (hertz) hasta  $10^{23}$  Hz. Las OEM pueden ser de origen natural o pueden ser generadas por el hombre.

Las OEM de origen natural lo constituyen las ondas luminosas, las ondas ultravioletas y superiores generadas por las estrellas (el sol), las generadas por el calor que irradian todos los mamíferos.

El hombre genera OEM mediante dispositivos electrónicos para usarlas en beneficio de la humanidad, en las: comunicaciones, la medicina, la industria, la defensa, el control a distancia, en el hogar.

En la Fig. 5 se muestra el espectro de las OEM, esto es, el rango de las frecuencias que pueden producirse o generarse. En este espectro las ondas empiezan dentro de las decenas de Hertz y se van a frecuencias superiores a  $10^{23}$  Hz. Lo importante es saber que dentro de este rango, las ondas tienen diferentes manifestaciones y tienen diferentes aplicaciones.

Cuando digo diferentes manifestaciones quiero decir que a estas frecuencias las podemos percibir por medio de nuestros sentidos de acuerdo a su rango en que se encuentran; así por ejemplo, las frecuencias comprendidas entre 20 Hz y 20 KHz las percibimos por el oído (frecuencias audibles). Las frecuencias superiores a los 20 KHz hasta los 300 GHz, no se manifiestan a través de nuestros sentidos, pero las frecuencias cuya longitud de onda se encuentra en el rango de 400 nm a 700 nm las percibimos por la visión (son las frecuencias luminosas). Las frecuencias con un  $\lambda$  inferior a 400 nm las percibimos a través de nuestra piel (rayos ultravioleta o superiores).

## 3.- LAS ANTENAS Y LAS RUTAS DE LAS OEM

Cuando las OEM se emiten desde una antena emisora, estas pueden ser irradiadas en forma omnidireccional o pueden ser radiadas a una dirección determinada, esto dependerá del tipo de antena que se emplee y de la orientación que demos a la antena. Así las antenas verticales emiten hacia los  $360^\circ$ , las antenas dipolo en forma bidireccional y antenas parabólicas, aprovechando la propiedad que tiene la parábola, de que todas las ondas que salen desde su foco al chocar contra la superficie de la parábola son reflejadas en forma paralela en una misma dirección tal como se observa en la Fig.6. Esto mismo sucede cuando las ondas que llegan hacia la antena, éstas se reflejan convergiendo en el foco de la antena. Debe entenderse que la parábola actúa como un relector y que la antena propiamente dicha se encuentra en el foco de la parábola.

Otro aspecto que debemos tomar en cuenta para determinar la ruta que siguen las OEM es la frecuencia en la que se está operando; si las frecuencias son inferiores a 2 Mhz éstas se transmiten por la superficie de la tierra y su alcance no supera los 150 Km, a estas frecuencias se las conoce como frecuencias medias, dentro de este rango funcionan las emisoras de onda media.

Si la frecuencia es superior a 2 Mhz hasta los 30 Mhz las ondas siguen la trayectoria denomina-

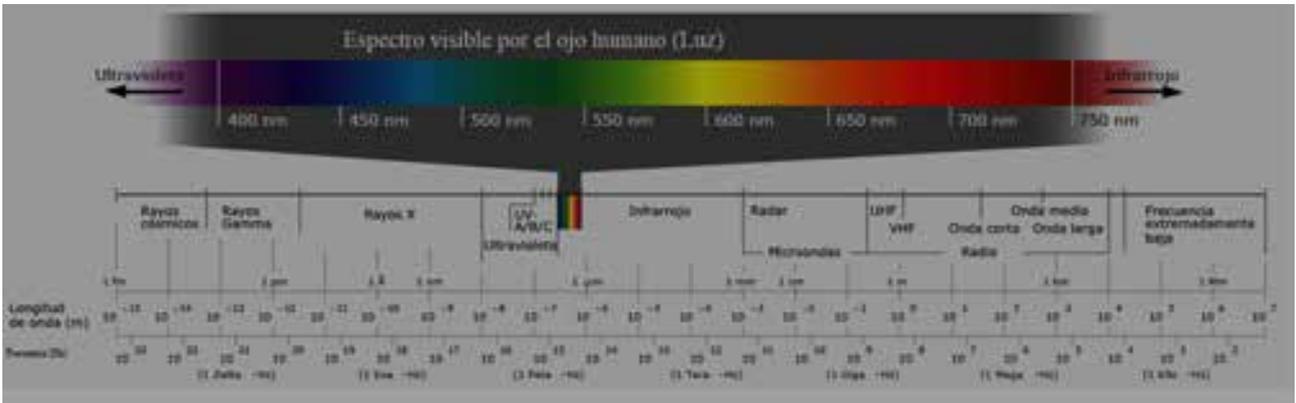


Fig. 5. Espectro de las ondas electromagnéticas, en esta se muestra: la frecuencia, la longitud de onda, los rangos de aplicación y muy particularmente el espectro de las ondas visibles.

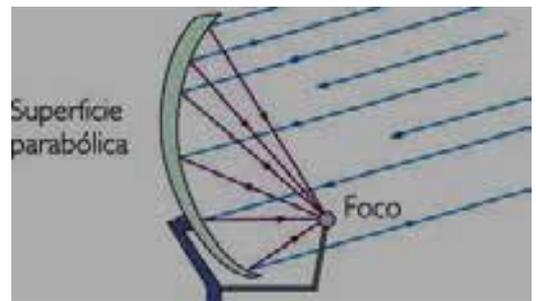
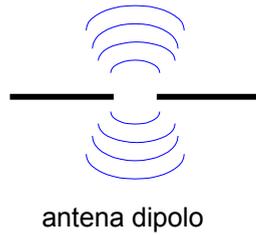
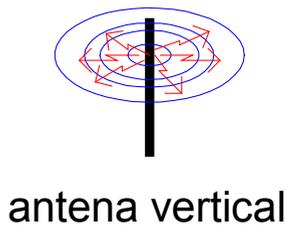


Fig. 6. Antenas usadas tanto para la transmisión como para la recepción de las OEM, en este ejemplo las antenas verticales son omnidireccionales, las dipolo son bidireccionales y las parabólicas son direccionales.

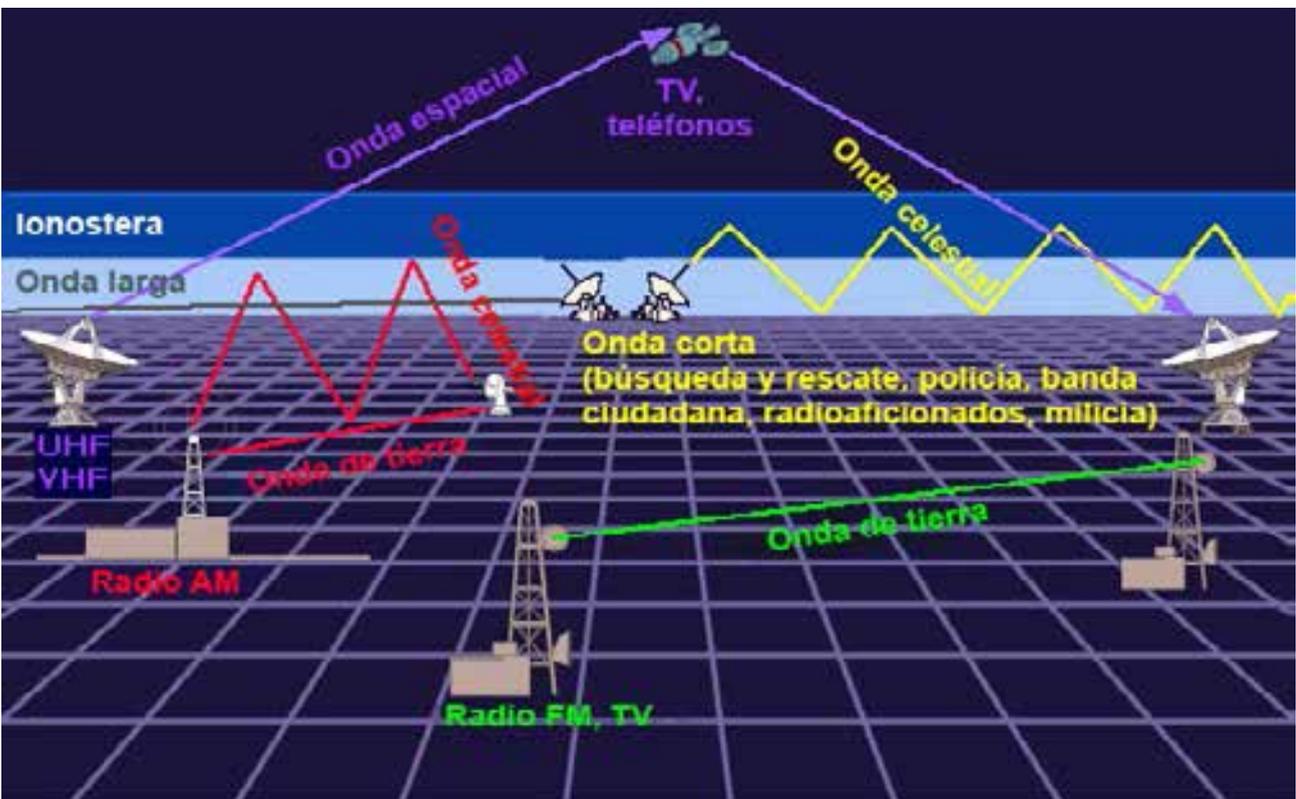


Fig 7. Diferentes rutas por las que se pueden viajar las OEM

da celestiel, estas ondas cuando son emitidas al espacio chocan con la capa ionosférica y luego son reflejadas a la tierra donde nuevamente son reflejadas y así sucesivamente (ver Fig. 7), de esta manera las OEM alcanzan grandes distancias; tienen el inconveniente de que la transmisión no es muy estable por el hecho de que la ionósfera tampoco es estable.

Si se trabaja dentro del rango de las microondas se puede usar la ruta denominada espacial con la ayuda de los satélites artificiales o se usa la ruta terrestre mediante el empleo de retransmisoras.

#### 4.- APLICACIONES DE LAS OEM

Las aplicaciones de la OEM son muy variadas, éstas dependen del rango en se encuentren; así, los humanos y animales nos comunicamos dentro del rango de los 20 hz a 20 Khz. Es interesante saber que el hombre ha logrado dominar este campo de manera que ahora es posible almacenar las frecuencias de sonido para conservar la voz, la música y también para procesarla.

Las OEM cuya frecuencia comprendida entre los 20 hz a 300 Ghz no se perciben a través de nuestros sentidos, son frecuencias utilizadas fundamentalmente para las comunicaciones (la radio de onda media, onda corta, la FM, la televisión, internet), también tiene una gran aplicación en la industria, en la medicina, en la navegación y en el campo militar.

Las frecuencias superiores a los 300 Ghz tienen aplicaciones en el campo de la medicina, en la industria y en la investigación.

Veremos los campos de aplicación empezando de los diferentes rangos de frecuencia empezando por las frecuencias más bajas.

##### a- Frecuencias de sonido

Las frecuencias que están dentro del rango de los 30 hz a 20 khz son las ondas generadas cuando hablamos, cantamos o cuando los animales se manifiestan a través del sonido y son percibidas por el oído. Estas señales

audibles pueden ser procesadas electrónicamente por el hombre, para guardarlas, para controlar su amplitud, es decir se las puede almacenar en un dispositivo de memoria, se les puede reproducir, reducir o aumentar su amplitud (volumen) de manera que puedan tener la amplitud que nos agrada o puedan llegar a mayor distancia.

Se debe recordar que las ondas de sonido no son electromagnéticas, son del tipo electromecánicas, es decir son las cuerdas bucales de una persona o animal las que al vibrar producen las vibraciones del aire, eso es lo que percibe el tímpano de nuestros oídos. Así también cuando vibra las cuerdas de una guitarra o cuando el cono de un parlante vibra hace que el aire que lo rodea vibre y genere las señales audibles.

El tratamiento que se dan a las señales de sonido es bastante amplio, no solo se controla su amplitud sino también otros efectos, todo esto implica una especialización en la materia.

##### b- Frecuencias de comunicaciones

Las OEM que se encuentran dentro del rango de frecuencias comprendidos entre los 20 Khz a 300 Ghz tienen una gran variedad de aplicaciones en el campo civil y en el militar.

Dentro de este rango, veremos el campo orientado a las comunicaciones, donde se transmiten las señales de radio conocidas como las señales *moduladas en amplitud* de Onda Media y Onda Corta, las *moduladas en frecuencia* (FM), las señales de televisión, las señales de Internet. También en este rango funcionan los radares que controlan el tráfico aéreo de todos los aeropuertos y otras señales aplicadas en aviónica como medios de guianza y de control de las aeronaves y de los barcos.

En este punto, cabe preguntarnos, **¿cómo es posible que la voz, la imagen y las señales de control puedan viajar o llegar a grandes distancias?**

Para responder esta pregunta, primero vere-

mos una analogía: ¿Qué hace una persona cuando quiere viajar a grandes distancias, por ejemplo a 3000 km? De principio, la velocidad con que una persona se desplaza a pie es del orden de unos 5 Km por hora, para recorrer esa distancia precisaría por lo menos un par de meses. Para llegar en menos tiempo se introduce en un móvil, por ejemplo en un avión que se desplaza a una mayor velocidad, luego esa distancia la puede lograr en unas tres horas aproximadamente. Esto mismo sucede cuando se desea que la voz alcance una distancia de 3000 Km (la voz equivale a la persona que quiere viajar); se hace uso de una OEM, que actúa como una portadora (como el avión), la voz se introduce dentro de la portadora y luego la portadora resultante (la OEM) se le emite al espacio mediante una antena. En la Fig. 8 se muestra el diagrama de bloques de un transmisor de señales de audio donde se observa cómo se genera la señal portadora, cómo se genera la señal de audio, cómo se produce la **modulación** (introducción del audio dentro de la portadora) y cómo se emite la onda mediante la antena. El proceso es como sigue:

- El bloque denominado "oscilador" es la que genera la portadora ( la OEM)
- Observamos un micrófono (transductor que convierte las ondas sonoras en ondas eléctricas).
- Las ondas eléctricas obtenidas del micrófono son amplificadas en dos etapas
- El modulador recibe la portadora que vienen del oscilador y la señal de audio que viene del amplificador de potencia y hace que la amplitud de la portadora varíe con la misma frecuencia de la señal de sonido (proceso de modulación) .
- La portadora cuya amplitud es variable se aplican a una antena emisora
- La antena emisora genera las OEM que se emiten al espacio y que viajan a una velocidad de  $3 \cdot 10^8$  m/s (este efecto se muestra en la Fig. 2)

Para calcular el tiempo en que las OEM llegan a su destino, bastaría con aplicar la fórmula

$$t = \text{distancia} / \text{velocidad}$$

$$t = 3 \cdot 10^6 \text{ m} / 3 \cdot 10^8 \text{ m/s} = 0.01 \text{ seg.}$$

Observamos que el tiempo empleado es menor que un segundo (ver Fig. 8), de esta manera las OEM junto con la información se transmiten al espacio en todas las direcciones, si en el camino se encuentran con una antena receptora, en ésta se induce un voltaje, el cual es amplificada y demodulada para extraer la información que se encuentra dentro de la OEM, luego de extraída se le envía a un parlante para reproducirlo. Al proceso de introducir la información dentro de las OEM se le conoce como **modulación** y al proceso inverso, esto es, sacar la información que se encuentran dentro de las OEM se le conoce como **demodulación**.

En la Fig. 9 se presenta el diagrama en bloques de un receptor de radio superheterodino, los pasos que se sigue para obtener la señal de audio son las siguientes

- Cuando las OEM que están viajando por espacio cortan los terminales de la antena, en ésta se induce un pequeño voltaje.
- En el amplificador de RF se selecciona, de las múltiples señales que atraviesan a antena, la frecuencia deseada y se le amplifica haciendo variar la capacidad de los circuitos resonantes que se encuentran en el amplificador de RF, el oscilador y el mezclador.
- La señal de RF amplificada se mezcla con la señal del oscilador para obtener una señal de RF Intermedia, que es única.
- Los condensadores en tándem son condensadores variables, que los ajustamos en momento en que sintonizamos una emisora.
- La salida del amplificador de FI se aplica a la unidad demoduladora, cuya función es extraer la señal de audio y eliminar a la señal portadora (esto se realiza mediante un filtro denominado pasa bajo).
- En el siguiente paso se amplifica la señal de audio de manera que tenga la potencia suficiente para hacer vibrar el parlante.

### c- Microondas

Se denominan microondas a las OEM que se encuentran dentro del rango de frecuencias comprendidas entre 1 Ghz y 300 Ghz.

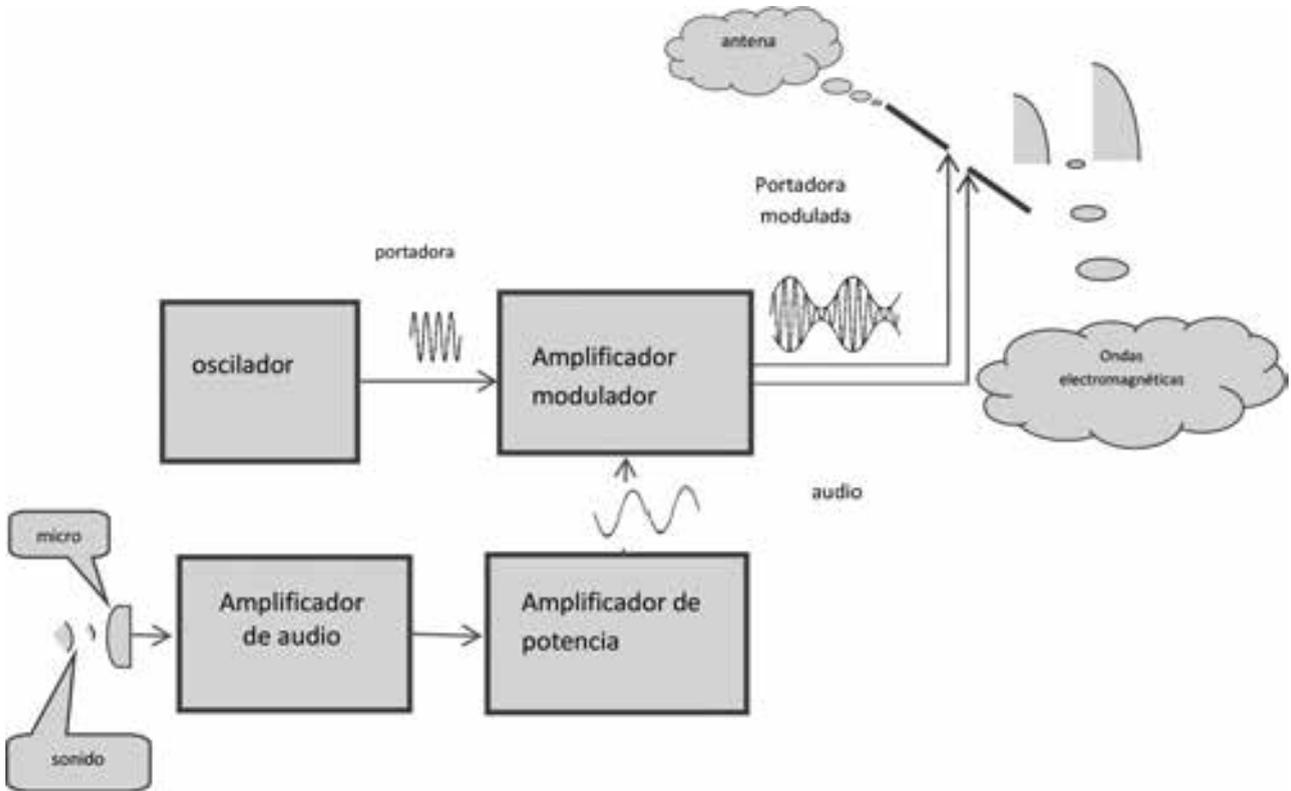


Fig. 8. Esquema de un transmisor de señales de audiofrecuencia, donde se aprecia el proceso de modulación.

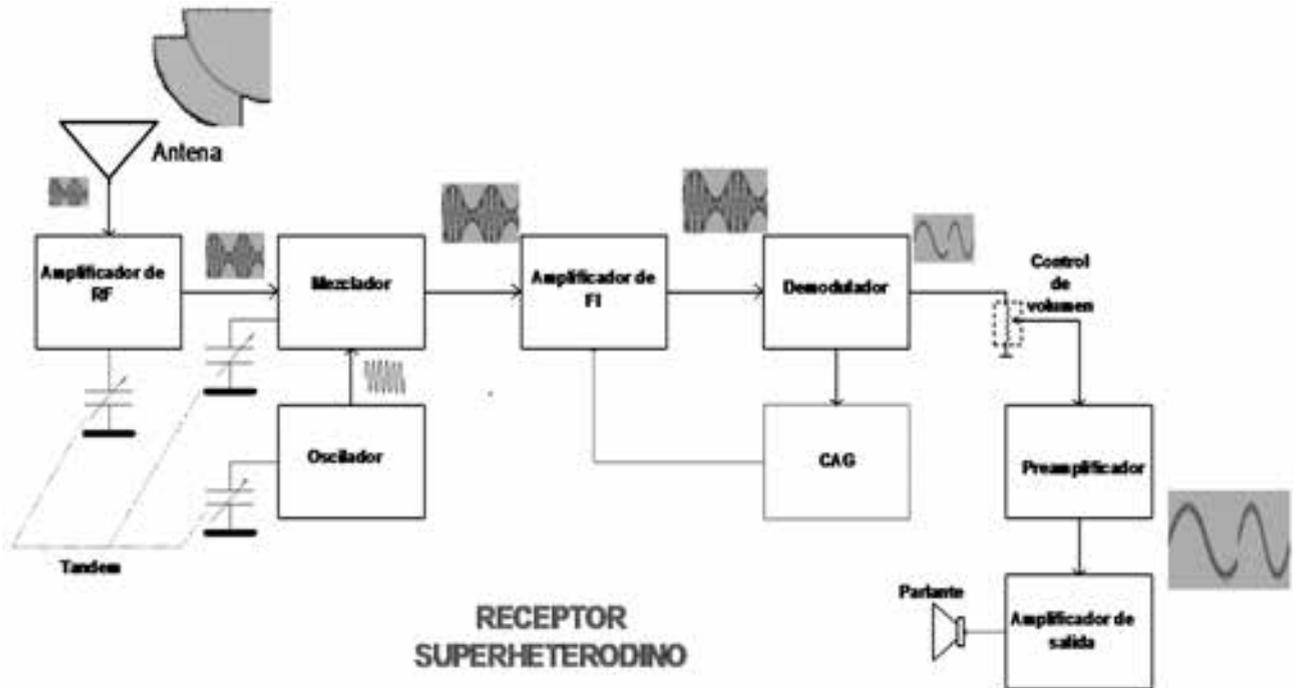


Fig. 9. Unidades que conforman un receptor superheterodino.

Se les denomina así porque su longitud de onda es muy pequeña (30 cm a 1 mm). Note que la longitud de estas ondas es muy inferior en comparación con las longitudes de ondas de las frecuencias de onda media u onda corta que están dentro del rango de las decenas o centenas de metros. Las microondas se generan por medio de un dispositivo electrónico conocido como magnetrón y también mediante semiconductores.

En la actualidad el medio más utilizado para las comunicaciones son las microondas, sea para grandes o pequeñas distancias. Cuando se desea cubrir grandes distancias se hace uso de los satélites artificiales, mediante una antena parabólica ubicada en una estación terrena se emiten, en forma direccional, las señales de microondas hacia un satélite artificial que normalmente está rotando en forma estacionaria alrededor de la tierra (los satélites están dotados de equipos receptores y trasmisores); el satélite recibe la señal de microondas, lo amplifica y luego lo retransmite direccionalmente a otra estación remota. Desde esta estación las señales se pueden redistribuir mediante una red de telefonía o red de internet dentro de la ciudad o se pueden remitir mediante otra antena parabólica a otro satélite para que esta nuevamente lo retransmita a otra ciudad que utilizan la ruta denominada espacial.

La banda de microondas también es empleada para la comunicación desde un equipo móvil hacia una central de comunicaciones mediante los satélites, esto evita todos los problemas de interferencia que se producen dentro de una ciudad debido a la presencia de edificios u cualquier otro obstáculo. Esta misma técnica la emplean los dispositivos de GPS para lograr la ubicación o determinar el recorrido de un móvil.

Una pregunta cuya respuesta nos puede aclarar muchas aplicaciones que tienen las microondas es **¿por qué las microondas generan calor cuando inciden sobre un**

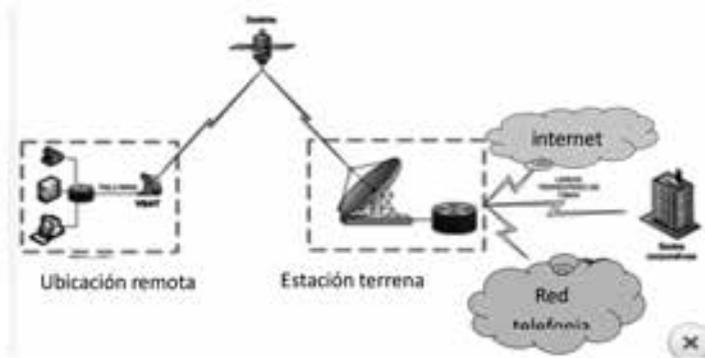


Fig. 10. Transmisión de satélite por microondas.

### **cuerpo orgánico?**

La respuesta a esta pregunta es porque casi todos los cuerpos orgánicos contienen moléculas de agua, esto es H<sub>2</sub>O, éstas moléculas actúan como dipolos magnéticos; cuando una señal de microondas incide sobre estas moléculas, éstas empiezan a vibrar con la misma frecuencia de las microondas, este efecto de vibración producen un rozamiento entre las moléculas lo cual genera calor.

Esta respuesta nos explica el funcionamiento del horno de microondas que se usa en el hogar, de igual manera nos puede explicar la aplicación de las microondas en la industria del secado de productos industriales, en la vulcanización del caucho, en la pasteurización de la leche.

En la medicina también se usa las microondas en la terapia de enfermedades reumáticas, en el tratamiento del cáncer prostático. Actualmente, el uso de las microondas se

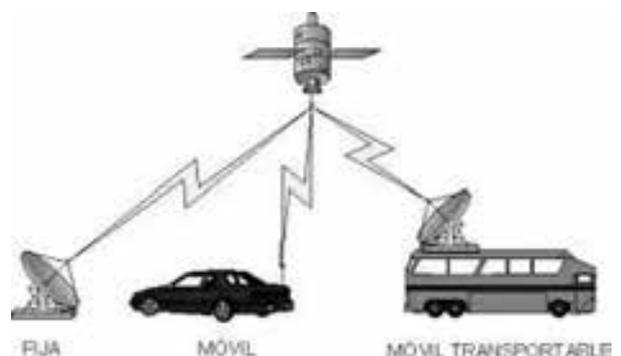


Fig.11. Uso de las microondas para la trasmisión desde dispositivos móviles o para el uso del GPS.

encuentra dentro de una fase de investigación muy amplia debido a la amplia gama de frecuencias que cubren las microondas y al hecho de que las respuestas o reacciones a estas frecuencias no es la misma en todos los tejidos orgánicos y debido a la gran variedad de tejidos orgánicos, cada una de las cuales tiene una forma de responder y/o de visualizarse.

## 5.- RADIACIÓN INFRARROJA

La radiación infrarroja o radiación IR es un tipo de radiación electromagnética y térmica, de mayor longitud de onda que la luz visible, pero menor que la de las microondas. Consecuentemente, tiene menor frecuencia que la luz visible y mayor que las microondas. Su rango de longitudes de onda va desde unos 0,7 hasta los 1000 micrómetros. La radiación infrarroja es emitida por cualquier cuerpo cuya temperatura sea mayor que 0° Kelvin, es decir, -273,15° grados Celsius (cero absoluto).

La materia por su caracterización energética emite radiación. Los seres vivos, en especial los mamíferos, emiten una gran proporción de radiación en la parte del espectro infrarrojo debido a su calor corporal.

La potencia emitida en forma de calor por un cuerpo humano, por ejemplo, se puede obtener a partir de la superficie de su piel (unos 2 metros cuadrados) y su temperatura corporal (unos 37 °C, es decir 310° K), por medio de la Ley de Stefan-Boltzmann, y resulta ser de alrededor de 100 vatios.

Esto está íntimamente relacionado con la llamada "sensación térmica", según la cual podemos sentir frío o calor independientemente de la temperatura ambiental, en función de la radiación que recibimos (por ejemplo del Sol u otros cuerpos calientes más cercanos): Si recibimos más de los 100 vatios que emitimos, tendremos calor, y si recibimos menos, tendremos frío. En ambos casos la temperatura de nuestro cuerpo es constante (37 °C) y la del aire que nos rodea también. Por lo tanto, la sensación térmica en

aire quieto, solo tiene que ver con la cantidad de radiación (por lo general infrarroja) que recibimos y su balance con la que emitimos constantemente como cuerpos calientes que somos. Si en cambio hay viento, la capa de aire en contacto con nuestra piel puede ser remplazada por aire a otra temperatura, lo que también altera el equilibrio térmico y modifica la sensación térmica.

### **-Uso de los rayos infrarrojos**

Los rayos infrarrojos se utilizan en los equipos de visión nocturna cuando la cantidad de luz visible es insuficiente para ver los objetos. La radiación se recibe y después se refleja en una pantalla. Los objetos más calientes se convierten en los más luminosos.

Un uso muy común es el que hacen los mandos a distancia (ó telecomandos) que generalmente utilizan los infrarrojos en vez de ondas de radio ya que no interfieren con otras señales como las señales de televisión. Los infrarrojos también se utilizan para comunicar a corta distancia los ordenadores con sus periféricos. La luz utilizada en las fibras ópticas es generalmente de infrarrojos.

Otra de las muchas aplicaciones de la radiación infrarroja es la del uso de equipos emisores de infrarrojo en el sector industrial. En este sector las aplicaciones ocupan una extensa lista pero se puede destacar su uso en aplicaciones como el secado de pinturas o barnices, secado de papel, termofijación de plásticos, precalentamiento de soldaduras, en la curvatura, templado y laminado del vidrio, entre otras.

## 6.- FRECUENCIAS LUMÍNICAS

Las frecuencias luminosas son aquellas que se encuentran dentro del rango donde la longitud de onda está comprendida entre los 400 ns y 700 ns. Lo importante observar que a cada color tiene una longitud de onda, así al color azul le corresponde la menor longitud de onda, 400 ns (mayor frecuencia) y al color rojo le corresponde la mayor longitud de onda 700 ns; los colores restantes tienen una longitud de onda comprendida dentro de estos valores, así por ejemplo, el verde tiene una longitud de

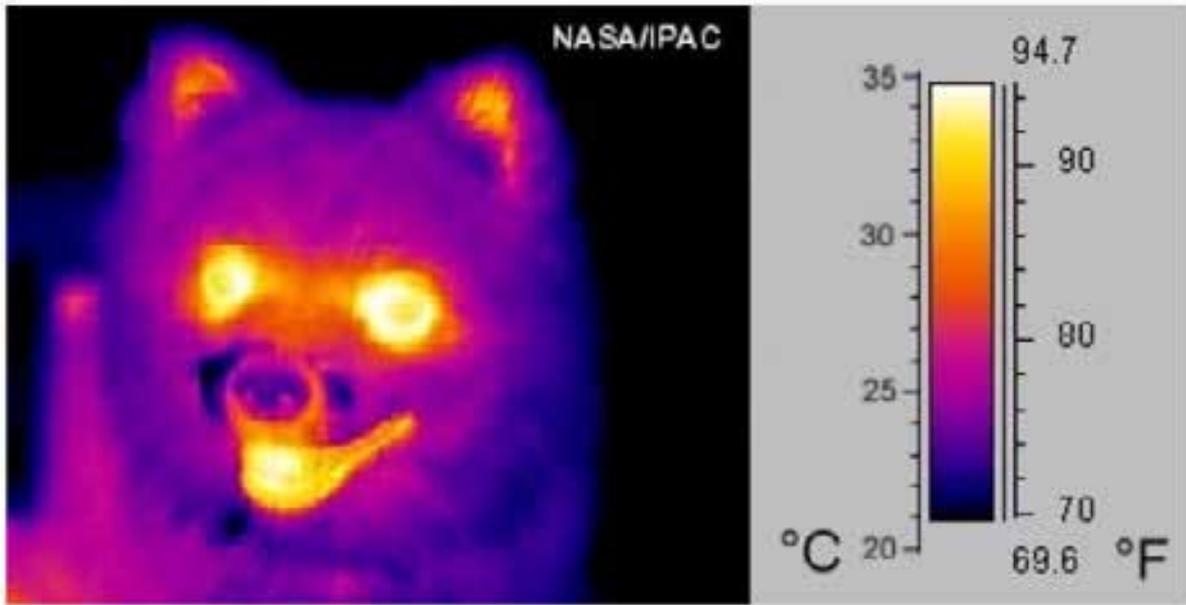


Imagen tomada con radiación infrarroja media (“t mica”) y coloreada.

Fig. 12. Imagen tomada con un sensor infrarrojo.

onda de 550 ns. Tal como se observa en la Fig.13.

Otro aspecto interesante a observar es que la luz blanca que irradia el sol esta compuesta por la combinaci3n de los otros colores, esto se puede demostrar descomponiendo un rayo de luz solar mediante un prisma, tal como se muestra en la Fig. 14. Este efecto se produce debido al efecto de difracci3n que se establece cuando un rayo de luz incide sobre un cristal con un ángulo determinado.

Los rayos de luz pueden ser monocromáticos o policromáticos. Se dice que un rayo de luz es monocromático cuando este tiene un solo componente de color o de frecuencia, un ejemplo de una luz monocromático es un rayo laser; mientras que un rayo policromático es el que tiene varios componentes de color como es el caso de la luz blanca tal como se observa en la figura 15.

A estas alturas cabe hacer la siguiente pregunta ** c3mo se obtienen los**



Fig. 13. Espectro de las frecuencias visibles.

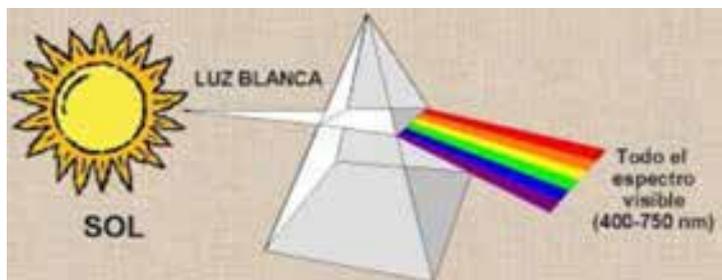


Fig. 14. Efecto de la difracci3n de un rayo de luz blanca.

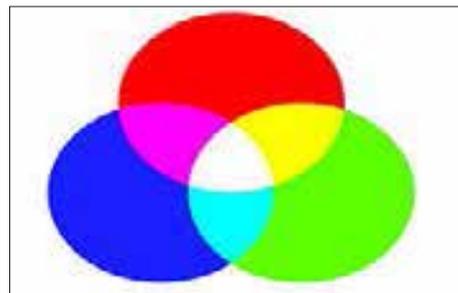


Fig. 15. Composici3n de colores.

### **diferentes colores en un televisor a color?**

La respuesta es, a partir de la mezcla, con las proporciones adecuadas, de los tres colores básicos, como el rojo, el verde y el azul (RGB).

Así en la Fig. 15 se observa que la mezcla del rojo con el verde produce el amarillo, la mezcla del verde con azul, da el celeste, el rojo con el azul da el cian y la mezcla del rojo, verde y azul da el blanco.

## **7.- RADIACIÓN ULTRAVIOLETA (UV)**

Se denomina **radiación ultravioleta** o radiación UV a la radiación electromagnética cuya longitud de onda está comprendida aproximadamente entre los 400 nm ( $4 \times 10^{-7}$  m) y los 15 nm ( $1,5 \times 10^{-8}$  m). Su nombre proviene del hecho que su rango empieza desde longitudes de onda más cortas de lo que los humanos identificamos como el color violeta. Esta radiación es parte integrante de los rayos solares y produce varios efectos en la salud

La radiación UV constituye una de las franjas del espectro electromagnético y posee mayor energía que la luz visible. La irradiación a los gérmenes presentes en el agua con rayos UV provoca una serie de daños en la molécula de ADN, que impiden la división celular y causan su muerte.

La luz ultravioleta, a la onda germicida de 253.7 nanómetros, altera el material genético (DNA) en las células para que los microbios, virus, mojo, alga y otros microorganismos no puedan reproducirse. Los microorganismos están considerados muertos y se les elimina el riesgo de enfermedad.

### **-Aplicaciones de la ondas UV**

- Desinfección del agua: Este es el uso más extendido de la radiación ultravioleta. Con esta tecnología se puede tratar el agua de un pequeño acuario, producir agua potable para consumo humano o dar el tratamiento final a una instalación de depuración de aguas residuales para una ciudad de 2 millones de habitantes.

- Desinfección de aire: La acción bactericida de la luz ultravioleta permite eliminar cualquier organismo patógeno de una corriente de aire. Puede emplearse instalando unas lámparas en las conducciones de aire acondicionado, tratar el aire de toda una sala suspendiendo las lámparas del techo (en ausencia de personas u orientadas hacia arriba) o incluyéndolas en un equipo de recirculación.
- Desinfección de superficies: Aplicada sobre la superficie de un objeto se eliminan los microorganismos que hayan en ella. Puede servir para esterilizar material médico, desinfectar envases alimentarios o tratar directamente alimentos.
- Curado/secado de lacas, barnices y adhesivos: Este uso está bastante extendido en la industria del mueble por la alta velocidad de curado que se obtiene. En estos casos el barniz o el adhesivo que se emplean son especiales para esta aplicación.
- Fotoquímica: La obtención de algunos productos químicos se ve facilitada enormemente si los reactivos se exponen a la acción de la radiación ultravioleta. Se trata normalmente de grandes instalaciones diseñadas a medida para una industria química.
- Fotoluminiscencia: Se trata de provocar la luminiscencia de algún producto para distinguirlo de su entorno. Estas aplicaciones van desde los tubos de luz negra empleados en tunning a su uso en microscopía, pasando por la detección de trazas de algún producto en laboratorios, cuadros, sin olvidar los conocidos detectores de billetes falsos.

Otras aplicaciones son el estudio del envejecimiento de materiales frente a la luz solar, las conocidas trampas anti-insectos que tienen en muchos locales y donde la luz UV se usa para atraer a los insectos o la detección de grietas en ensayos no destructivos (END) de elementos mecánicos. Cada aplicación hace uso de una luz UV diferente, es decir de una longitud de onda diferente.

## 8.- RAYOS X

Se denomina Rayos X a las OEM cuya longitud de onda se encuentra dentro del rango de 10 a 0.01 nm, comprendiendo a frecuencia que están dentro del rango de 30 a 3000 Phz. Estas son invisibles al ojo humano, pero tienen una energía capaz de atravesar cuerpos opacos e imprimir películas fotográficas. Los actuales sistemas digitales permiten la obtención y visualización de la imagen radiográfica en un computador (tomógrafo).

Un equipo de rayos X envía partículas de estos rayos a través del cuerpo. Las imágenes se registran en una computadora o en una película.

- Las estructuras que son densas, como los huesos, bloquearán la mayoría de las partículas de rayos X y aparecerán de color blanco.
- El metal y los medios de contraste (tintes especiales utilizados para resaltar áreas del cuerpo) también aparecerán de color blanco.
- Las estructuras que contienen aire se verán negras, y los músculos, la grasa y los líquidos aparecerán como sombras con niveles de gris, de acuerdo a su densidad.

### **-Aplicaciones de los Rayos:**

Dentro de los métodos físicos utilizados para la caracterización de materiales, las técnicas basadas en la utilización de los Rayos X constituyen un grupo especialmente importante, tanto en la variedad de la información que proporcionan como en la importancia de esta.

El fundamento de estas técnicas reside en los fenómenos que se producen cuando la radiación X incide sobre la materia. El primer fenómeno que se observa es que la radiación incidente es parcialmente atenuada por el material irradiado; es decir, sólo una cierta fracción de intensidad de esta radiación la atraviesa sin que se produzcan cambios en su energía o longitud de onda. La medida de esta intensidad transmitida es la base de las técnicas de absorción de Rayos X.

La atenuación de la radiación se produce por dos



Fig. 16. Imagen de los rayos X de las manos.

mecanismos principales: absorción fotoeléctrica y dispersión. La absorción fotoeléctrica se traduce en emisión, por la muestra irradiada, de radiación X y de electrones; el estudio, tanto del espectro de Rayos X como de los electrones emitidos, conduce a una serie de técnicas que se pueden englobar dentro del título general de técnicas basadas en el efecto fotoeléctrico. En la dispersión una parte de la radiación incidente es desviada de su dirección original por la interacción con el material irradiado; en este fenómeno se basa la difracción de Rayos X.

### **-Técnicas de difracción de Rayos X (DRX)**

1. Tipos de análisis:
  - o Identificación de sustancias cristalinas.
  - o Análisis cuantitativo de las mismas.
  - o Estudio de soluciones sólidas metálicas.
  - o Determinación de texturas y del tamaño de cristalitos.
  - o Estudio de compuestos y reacciones de alta y baja temperatura.
  - o Determinación del grado de orden estructural de las sustancias cristalinas.
  - o Difracción de monocristal.
2. Todo ello la hace una técnica de interés en:
  - o Ciencia de Materiales, Química Inorgánica, Cristalografía, Mineralogía, Geología, Química Analítica, Edafología, Industria Química, Metalurgia, Cerámica y Materiales de la Construcción, Arqueometría, Ciencias Ambientales, etc.

Dentro de las aplicaciones que pudiéramos calificar como de conocimiento público tenemos:

**Desnudos con ropa.** En los aeropuertos, se ha puesto en marcha un escáner de rayos X para el control de pasajeros que permite detectar armas, drogas o explosivos de un solo vistazo. El objetivo es mejorar los sistemas de seguridad en los aeropuertos. El dispositivo no está exento de polémica ya que su uso podría entenderse como una violación del derecho a la intimidad.

**Genética en acción.** Utilizando **crystalografía de rayos X**, científicos de la Universidad de Pensilvania (EE UU) obtuvieron hace unos meses la primera imagen de los procesos genéticos que ocurren **dentro de cada célula del organismo**.

**La tomografía computarizada (TC)**, habitualmente denominada escáner, es un procedimiento de diagnóstico médico que utiliza la tecnología de rayos X asistida por un ordenador para crear múltiples imágenes transversales del cuerpo, a modo de “capas”, que juntas proporcionan una imagen completa en 3D.

**Cuidando el medio ambiente.** Espectroscopía de rayos X es lo que han empleado ingenieros y químicos de la Universidad de Delaware, en Estados Unidos, para desarrollar **una técnica que mide en sólo unos cuantos milisegundos la contaminación en el suelo y el agua**.

### **-Cómo se generan los Rayos X**

Los rayos X se pueden observar cuando un haz de electrones muy energéticos (del orden de 1 keV) se desaceleran al chocar con un blanco metálico. Según la mecánica clásica, una carga acelerada emite radiación electromagnética, de este modo, el choque produce un espectro continuo de rayos X a partir de cierta longitud de onda mínima dependiente de la energía de los electrones. Este tipo de radiación se denomina ‘radiación de frenado’. Además, los átomos del material metálico emiten también rayos X monocromáticos, lo que se conoce como línea de emisión característica del material. Para la producción de rayos X en laboratorios, hospitales, etc. se usan los tubos de rayos X, que pueden

ser de dos clases: tubos con filamento o tubos con gas.

El tubo con filamento es un tubo de vidrio al vacío en el cual se encuentran dos electrodos en sus extremos. El cátodo es un filamento de tungsteno y el ánodo es un bloque de metal con una línea característica de emisión de la energía deseada. Los electrones generados en el cátodo son enfocados hacia un punto en el blanco (que por lo general posee una inclinación de 45°) y los rayos X son generados como producto de la colisión de los electrones acelerados con el ánodo

### **-Detectores de rayos X**

Existen varios sistemas de detección para rayos X. El primer detector usado para este propósito fue la película fotográfica, preparadas con una emulsión apropiada para la longitud de onda de los rayos X.

En las últimas décadas del siglo XX se empezaron a desarrollar nuevos detectores bidimensionales capaces de generar directamente una imagen digitalizada. Entre estos se cuentan las «placas de imagen», recubiertas de un material fosforescente, donde los electrones incrementan su energía al absorber los rayos X difractados y son atrapados en este nivel en centros de color. Los electrones liberan la energía al iluminarse la placa con luz láser emitiendo luz con intensidad proporcional a la de los rayos X incidentes en la placa.

## **9.- RAYOS GAMMA**

La **radiación gamma** o **rayos gamma** ( $\gamma$ ) es un tipo de radiación electromagnética y por tanto constituida por fotones, producida generalmente por elementos radiactivos o por procesos subatómicos como la aniquilación de un par positrón-electrón. También se genera en fenómenos astrofísicos de gran violencia.

Debido a las altas energías que poseen, los rayos gamma constituyen un tipo de radiación ionizante capaz de penetrar en la materia más profundamente que la radiación alfa y la beta.



Fig. 17. Tomógrafo.

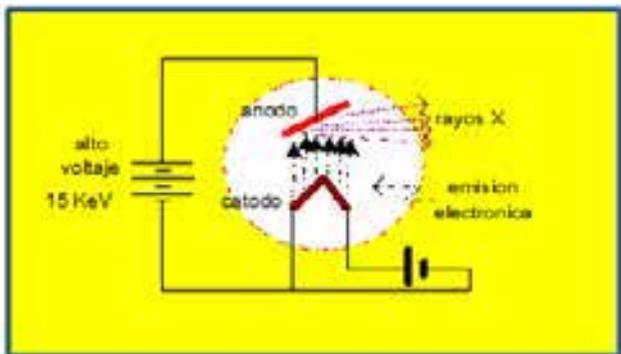


Fig.18. Tubo generador de Rayos X.

Pueden causar grave daño al núcleo de las células, por lo cual se usan para esterilizar equipos médicos y alimentos.

La energía de esta naturaleza se mide en mega electronvoltios (MeV). Un MeV corresponde a fotones gamma de longitudes de onda inferiores a 10-11 m o a frecuencias superiores a 10<sup>19</sup> Hz.

Esta radiación ionizante, que tiene un gran poder de penetración y un elevado nivel energético, está formada por fotones cuya energía se estima en una unidad conocida como mega electronvoltios o MeV. Debido a sus propiedades, los rayos gamma pueden provocar importantes alteraciones en los núcleos celulares.

Los rayos gamma pueden generarse a través de diversos procesos o producirse de manera espontánea en el espacio. En este último caso, cuando surgen de los núcleos de una galaxia activa o a partir de un supernova, los rayos no alcanzan la Tierra ya que son absorbidos por la atmósfera. Sin embargo pueden observarse mediante telescopios.

El uso más frecuente de los rayos gamma se encuentra en la esterilización. Es posible utilizar esta radiación para eliminar bacterias de los alimentos o para esterilizar el instrumental que se emplea en medicina.