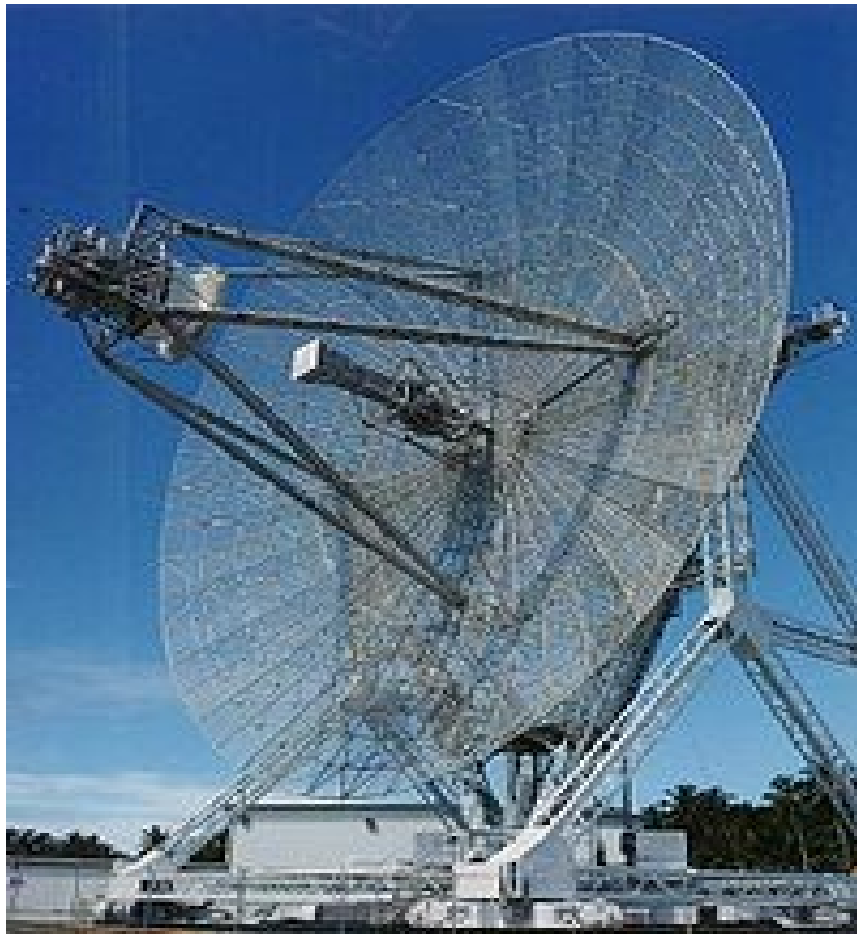


# INVESTIGACION SOBRE RADARES



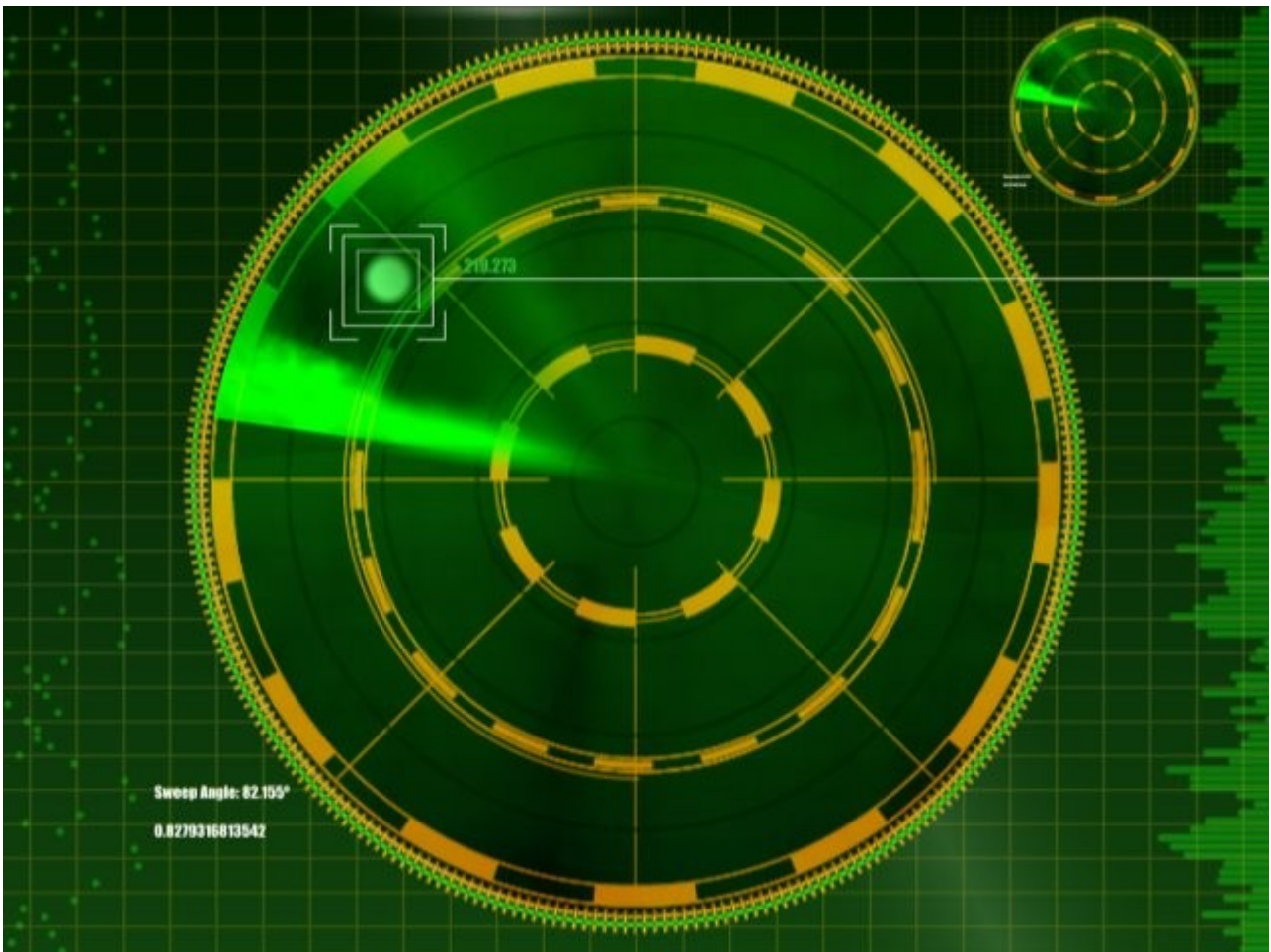
**Realizado por:**

**Jose Manuel Garcia Varo**

**Adrian Garcia Aragon**

# INDICE

- **Investigacion sobre el efecto Doppler y como se emplea**
- **Funcionamiento del radar**
- **La dilatacion termica: Dilatacion lineal y dilatacion superficial**
- **Junta de dilatacion**



## Investigación sobre el efecto Doppler y cómo se emplea.

El **efecto Doppler**, llamado así por el austríaco Christian Andreas Doppler, es el aparente cambio de frecuencia de una onda producido por el movimiento relativo entre la fuente, el emisor y/o el medio. Doppler propuso este efecto en 1842 en su tratado *Über das farbige Licht der Doppelsterne und einige andere Gestirne des Himmels* (*Sobre el color de la luz en estrellas binarias y otros astros*).

El científico neerlandés Christoph Hendrik Diederik Buys Ballot investigó esta hipótesis en 1845 para el caso de ondas sonoras y confirmó que el tono de un sonido emitido por una fuente que se aproxima al observador es más agudo que si la fuente se aleja. Hippolyte Fizeau descubrió independientemente el mismo fenómeno en el caso de ondas electromagnéticas en 1848. En Francia este efecto se conoce como "efecto Doppler-Fizeau" y en los Países Bajos como el "efecto Doppler-Gestirne".

Un micrófono inmóvil registra las sirenas de los policías en movimiento en diversos tonos dependiendo de su dirección relativa.

En el caso del espectro visible de la radiación electromagnética, si el objeto se aleja, su luz se desplaza a longitudes de onda más largas, desplazándose hacia el rojo. Si el objeto se acerca, su luz presenta una longitud de onda más corta, desplazándose hacia el azul. Esta desviación hacia el rojo o el azul es muy leve incluso para velocidades elevadas, como las velocidades relativas entre estrellas o entre galaxias, y el ojo humano no puede captarlo, solamente medirlo indirectamente utilizando instrumentos de precisión como espectrómetros. Si el objeto emisor se moviera a fracciones significativas de la velocidad de la luz, cuando el cuerpo sí sería apreciable de forma directa la variación de longitud de onda.

Sin embargo hay ejemplos cotidianos de efecto Doppler en los que la velocidad a la que se mueve el objeto que emite las ondas es comparable a la velocidad de propagación de esas ondas. La velocidad de una ambulancia (50 km/h) puede parecer insignificante respecto a la velocidad del sonido al nivel 8, sin embargo se trata de aproximadamente un 4% de la velocidad del sonido, fracción suficientemente grande como para provocar que se aprecie claramente el cambio del sonido de la sirena desde un tono más agudo a uno más grave, justo en el momento en que el vehículo pasa al lado del observador.

Esta variación de frecuencia se puede calcular a partir de la siguiente expresión.

$$f_r = f_e \cdot \frac{v \pm v_r}{v \pm v_e}$$

$f_e$  = frecuencia de la señal emitida

$v_e$  = velocidad del emisor

$f_r$  = frecuencia de la señal recibida

$v_r$  = velocidad del receptor

$v$  = velocidad de propagación (onda EM)

El signo de las velocidades de receptor y emisor dependerá de si éstas son de alejamiento o acercamiento.

## Funcionamiento del radar

### Ecuación RADAR

La ecuación radar es la base fundamental de la teoría de radares y representa una relación entre la potencia transmitida y la potencia recibida dada una determinada distancia hasta el objetivo.

La densidad de potencia que llega al objetivo según el esquema vendrá dada a partir de la siguiente expresión.

$$S_{\text{objetivo}} = \frac{P_t \cdot G_t}{4 \cdot \pi \cdot R^2} [W / m^2]$$

$P_t$  – Potencia transmitida  
 $G_t$  – Ganancia de la antena transmisora  
 $R$  – Distancia hasta el objetivo

El RCS o sección equivalente radar indica la cantidad de energía que el objetivo refleja hacia el radar. Viene dado en unidades de superficie (m<sup>2</sup>) pero puede no guardar relación con la superficie física del obstáculo.

Utilizando este parámetro se calcula la densidad de potencia reflejada que regresa al radar.

$$S_{\text{radar}} = \frac{P_t \cdot G_t}{4 \cdot \pi \cdot R^2} \cdot \frac{RCS}{4 \cdot \pi \cdot R^2} [W / m^2]$$

Conociendo la ganancia de la antena receptora se puede calcular su área efectiva.

$$A_e = \frac{\lambda^2}{4 \cdot \pi} \cdot G_r [m^2]$$

$G_r$  – Ganancia de la antena receptora  
 $\lambda$  – Longitud de onda a la frecuencia de trabajo

y a partir de ésta la potencia total recibida.

$$P_r = \frac{P_t \cdot G_t}{4 \cdot \pi \cdot R^2} \cdot \frac{\sigma}{4 \cdot \pi \cdot R^2} \cdot A_e [W]$$

Esta expresión constituye la versión simplificada de la ecuación radar ya que no incluye pérdidas que normalmente afectan al receptor ni tampoco factores de despolarización.

### MEDIDAS CON RADAR

Como ya se ha comentado en varias ocasiones, el radar es un equipo capaz de fijar la posición y velocidad de un objetivo incluso a larga distancia y en condiciones meteorológicas adversas. A continuación se describen las principales ecuaciones de las que se sirve para conseguirlo.

## Distancia

Para calcular la distancia con un radar se debe medir el retardo entre la señal transmitida y el eco recibido. Como las señales electromagnéticas se propagan a la velocidad de la luz y se caracterizan por seguir trayectorias rectas, la distancia a un objetivo específico se puede expresar como:

$$R = \frac{ct}{2} [m]$$

c – Velocidad de la luz  
t – Tiempo de vuelo

## Dirección

Además de la distancia, es necesario medir la dirección angular del objetivo para poder determinar su posición. La dirección angular será simplemente la dirección en la que apunta la antena. Generalmente se utilizan antenas con un haz muy estrecho ya que cuanto más directiva sea la antena más precisa será la medida.

## Velocidad

La velocidad radial del objetivo, en relación a la antena del radar, puede medirse observando el desfase de frecuencia doppler de la señal recibida. La diferencia de frecuencia vendrá dada por:

$$\Delta f = 2 \cdot v \cdot \frac{f_c}{c} [Hz]$$

$f_c$  – Frecuencia de la portadora  
 $v$  – Velocidad radial del objetivo  
 $c$  – Velocidad de la luz

# LA DILATACION TERMICA

Se denomina **dilatación térmica** al aumento de longitud, volumen o alguna otra dimensión métrica que sufre un cuerpo físico debido al cambio de temperatura que se provoca en ella por cualquier medio.

## Dilatación lineal

El coeficiente de dilatación lineal, designado por  $\alpha_L$ , para una dimensión lineal cualquiera, se puede medir experimentalmente comparando el valor de dicha magnitud antes y después de cierto cambio de temperatura como:

$$\alpha_L = \frac{1}{L} \left( \frac{dL}{dT} \right)_P = \left( \frac{d \ln L}{dT} \right)_P \approx \frac{1}{L} \left( \frac{\Delta L}{\Delta T} \right)_P$$

Donde  $\Delta L$ , es el incremento de su integridad física cuando se aplica un pequeño cambio global y uniforme de temperatura  $\Delta T$  a todo el cuerpo. El cambio total de longitud de la dimensión lineal que se considere, puede despejarse de la ecuación anterior:

$$L_f = L_0[1 + \alpha_L(T_f - T_0)]$$

Dónde:

$\alpha$ =coeficiente de dilatación lineal [ $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ]

$L_0$  = Longitud inicial

$L_f$  = Longitud final

$T_0$  = Temperatura inicial.

$T_f$  = Temperatura final

## Dilatación de área

Cuando un área o superficie se dilata, lo hace incrementando sus dimensiones en la misma proporción. Por ejemplo, una lámina metálica aumenta su largo y ancho, lo que significa un incremento de área. La dilatación de área se diferencia de la dilatación lineal porque implica un incremento de área.

Coficiente de dilatación de área. Es el incremento de área que experimenta un cuerpo de determinada sustancia, de área igual a la unidad, al elevarse su temperatura un grado centígrado. Este coeficiente se representa con la letra griega gamma ( $\gamma$ ). El coeficiente de dilatación de área se usa para los sólidos. Si se conoce el coeficiente de dilatación lineal de un sólido, su coeficiente de dilatación de área será dos veces mayor:

$$\gamma_A \approx 2\alpha$$

Al conocer el coeficiente de dilatación de área de un cuerpo sólido se puede calcular el área final que tendrá al variar su temperatura con la siguiente expresión:

$$A_f = A_0[1 + \gamma_A(T_f - T_0)]$$

Dónde:

$\gamma$ =coeficiente de dilatación de área [ $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ]

$A_0$  = Área inicial

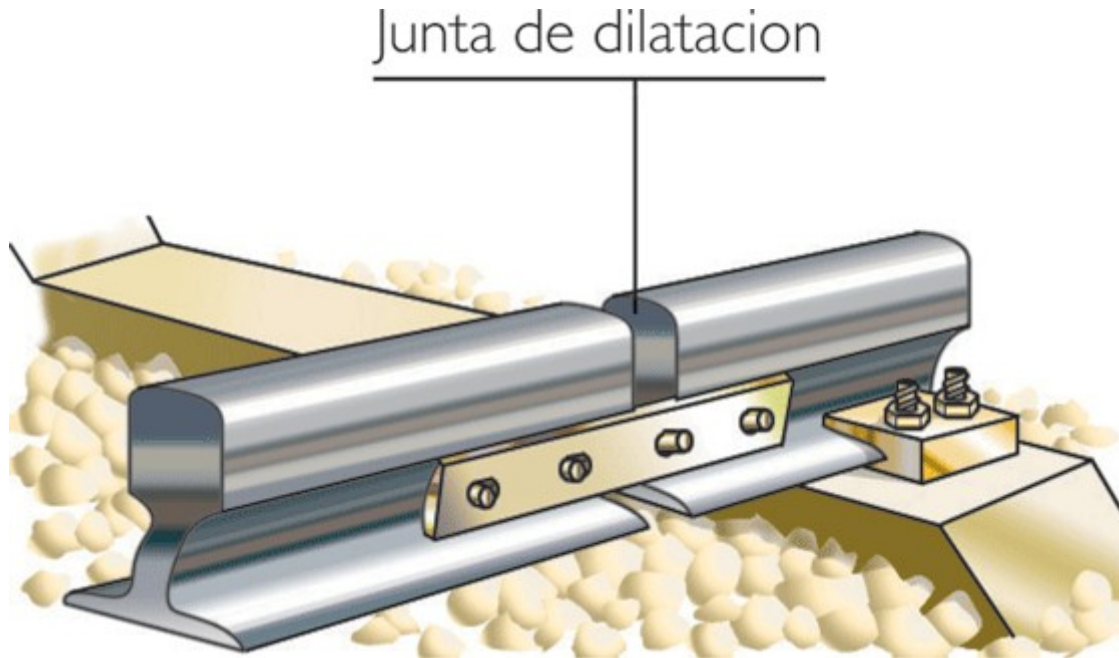
$A_f$  = Área final

$T_0$  = Temperatura inicial.

$T_f$  = Temperatura final

# JUNTAS DE DILATACION

Se le conoce como a las divisiones de las estructuras para permitir deformaciones que harán que esta no colapse o que sus deformaciones sean controladas.



## ACTIVIDADES

1)

|                 |  |
|-----------------|--|
| <b>Banda X</b>  | comprende el rango de frecuencias que va desde 9,300 GHz hasta 10,800 GHz  |
| <b>Banda Ku</b> | comprende la frecuencia de 13,450 GHz                                      |
| <b>Banda K</b>  | comprende el rango de frecuencias que va desde 24,050 GHz hasta 24,250 GHz |
| <b>Banda Ka</b> | comprende el rango de frecuencias que va desde 33,200 GHz hasta 36,000 GHz |

2) 1º caso: 468.96 Hz

2º caso: 348.72 Hz

3)

4) 1º caso:  $l_f = 1.8 + 5706x$

2º caso:  $l_f = 2.3 + 73.6x$

3º caso:  $l_f = 2.7 + 86.4x$

4º caso:  $l_f = 2.4 + 76.8x$

5) Al disminuir la temperatura vuelve a su forma original

6)  $(l_i \cdot (1 + \alpha \cdot (t_f - t_i))) \cdot (l_i \cdot (1 + \alpha \cdot (t_f - t_i)))$

7)

8) La longitud dilatada es de 267.3 m

9) La longitud dilatada es de 0.3465 m

10) Si, se derramaría 0.022 l de alcohol