

1. ANGULOS DE NAVEGACION

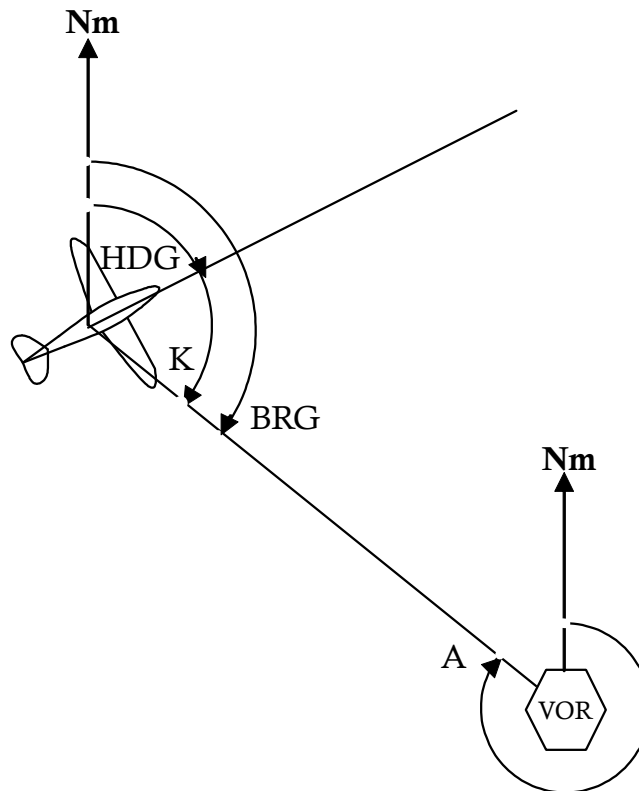


Fig 1. Ángulos de Navegación

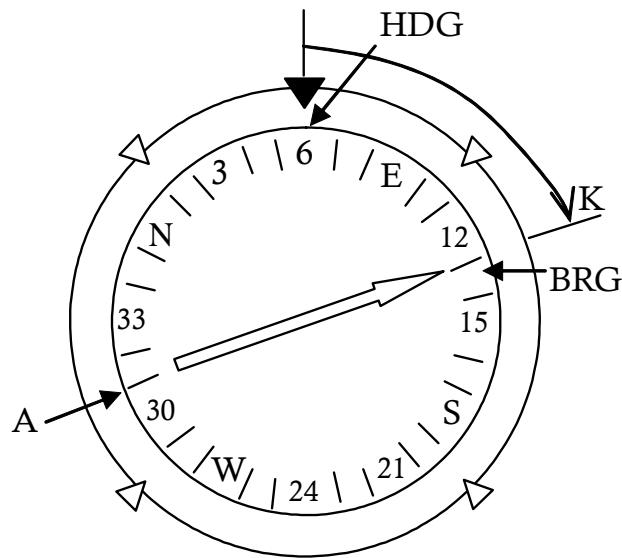
1. Heading HDG: Angulo entre el Norte Magnético de la aeronave y la prolongación del eje longitudinal de esta.
2. Bearing BRG: Angulo entre el Norte Magnético de la aeronave y la línea imaginaria que une el centro de gravedad de la aeronave con la antena del VOR.
3. Azimuth A: Angulo entre el Norte Magnético del VOR y la línea imaginaria que une el centro de gravedad de la aeronave con la antena del VOR.
4. Bearing Relativo K: Angulo entre la prolongación del eje longitudinal de la aeronave y la línea imaginaria que une el centro de gravedad de la aeronave con la antena del VOR.

Como se puede ver en la figura 1, estos ángulos se miden siempre en el sentido de las manecillas del reloj y están interrelacionados por las siguientes fórmulas:

$$\text{HDG} = \text{BRG} - \text{K} \quad (1)$$

$$\text{BRG} = \text{A} \pm 180^\circ \quad (2)$$

La indicación de estos ángulos en el RMI se puede observar en la figura 2.



HDG=60° A=310°
 BRG=130° K=70°

Fig 2. Indicación en el RMI de los ángulos de Navegación

2. VHF OMNIDIRECTIONAL RANGE - VOR

El radiofaro omnidireccional de VHF (VOR ó Very High Frequency Omnidirectional Range) es un equipo de ayuda a la navegación en distancias medias. Este sistema fue desarrollado por el Washington Institute of technology, quién produjo un equipo experimental operativo en 1944 para la entonces Civil Aeronautics Administration (hoy FAA). El sistema fue adoptado como estándar para la navegación en EEUU en 1946 y, tres años más tarde, por OACI.

DIAGRAMA EN BLOQUES VOR CONVENCIONAL O CVOR.

El VOR convencional está constituido por un transmisor cuyo diagrama en bloques simplificado se indica en la figura 3. Al lado izquierdo se pueden observar los osciladores, en la parte central los moduladores y desfases y en la parte derecha la distribución de antenas.

El primer oscilador genera la portadora (ω) que es la señal de VHF en el rango de 108-118 MHz. El oscilador de 9960 Hz genera la señal denominada subportadora de esa frecuencia. Como se puede observar la salida de este oscilador se aplica a un divisor por 332 y a un modulador FM. Después del divisor obtenemos una señal de 30 Hz que a su vez se ramifica hacia el modulador FM y hacia el goniómetro. Como resultado a la salida del modulador (punto A) se obtiene una

señal de 9960 Hz modulada en FM con una señal de 30 Hz. El coeficiente de desviación para esta modulación es $n=16$, entonces en el punto A se obtiene:

$$E = E_o \cdot \sin(\varphi \cdot t + n \cdot \sin(\Omega \cdot t)); \quad (3)$$

Donde E_o : amplitud de la señal ; $\varphi = 9960 \text{ Hz}$; $\Omega = 30 \text{ Hz}$; $n = 16$.

Esta gráfica en el tiempo se observa en la figura 4A. La frecuencia de la señal por consiguiente varía en el rango de $9960 \pm 16 \cdot 30 \text{ Hz}$.

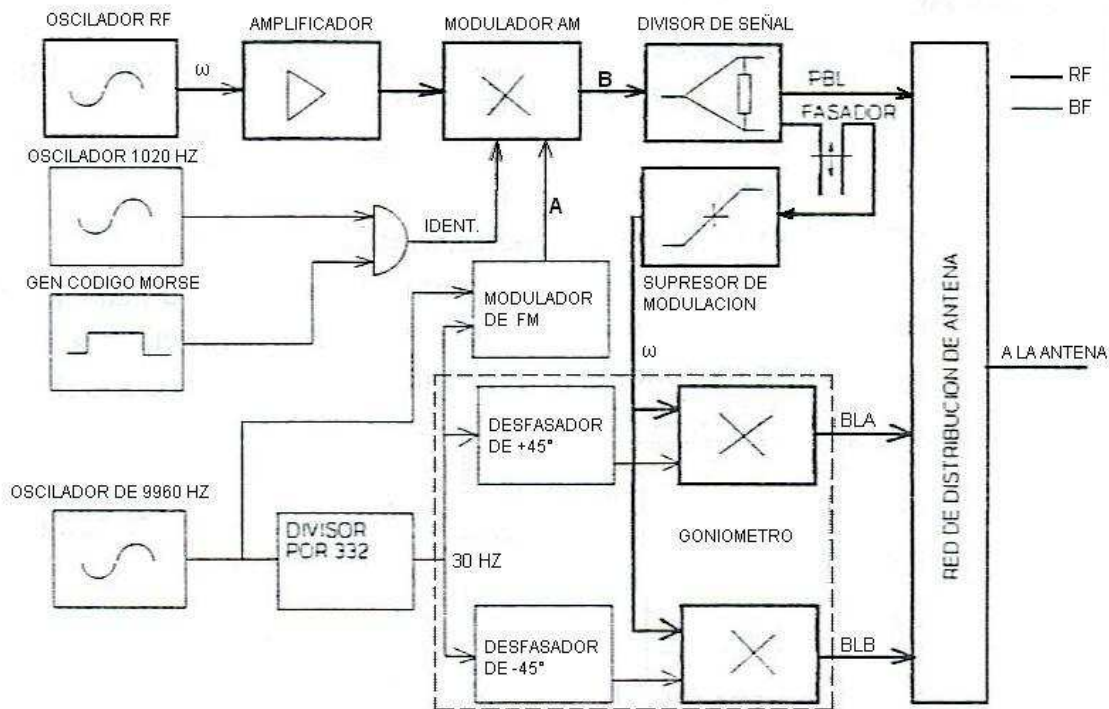


Fig.3 Diagrama de bloques de un transmisor de CVOR típico

Esta señal FM se aplica a un modulador de AM cuya otra entrada es la señal portadora ω . Como resultado a la salida de este modulador (punto B) se obtiene una señal de VHF modulada en AM con una señal de 9960 Hz, que a su vez está previamente modulada en FM con una señal de 30 Hz, (ver figura 4B). La profundidad de esta modulación AM es $m=30\%$.

Adicionalmente a este modulador se aplica la señal de Identificación de 1020 Hz, que no se muestra en la figura 4.B.

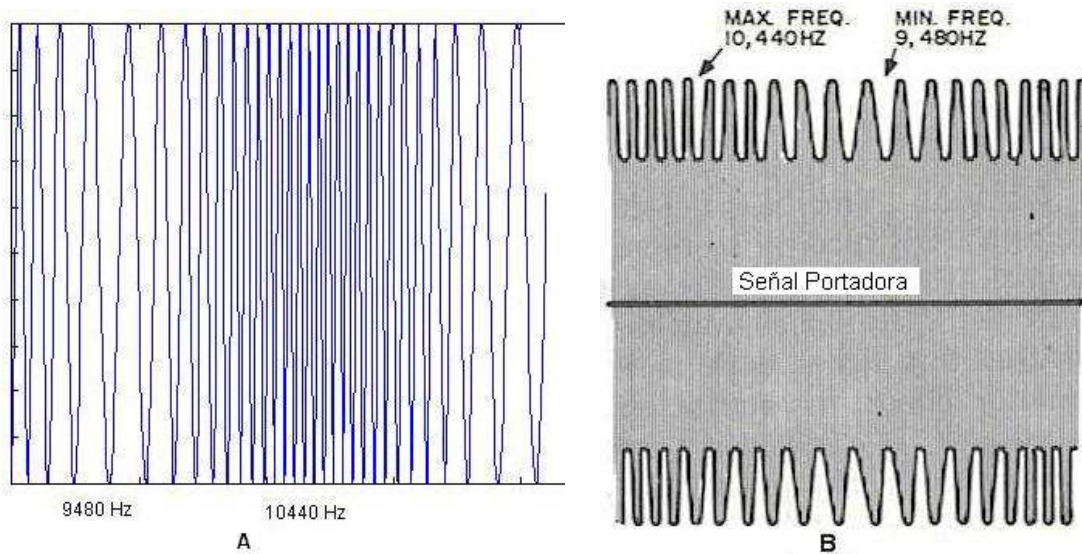
Como resultado, la señal en el punto B se puede expresar de la siguiente manera:

$$E = E_o \cdot \sin \omega t [1 + m_1 \cdot \sin(\varphi t + n \cdot \sin \Omega t) + m_2 \cdot \sin \psi t] \quad (4)$$

Donde E_o , φ , Ω y n ídem que en la ecuación (3); $\omega = 108\text{-}118 \text{ MHz}$;

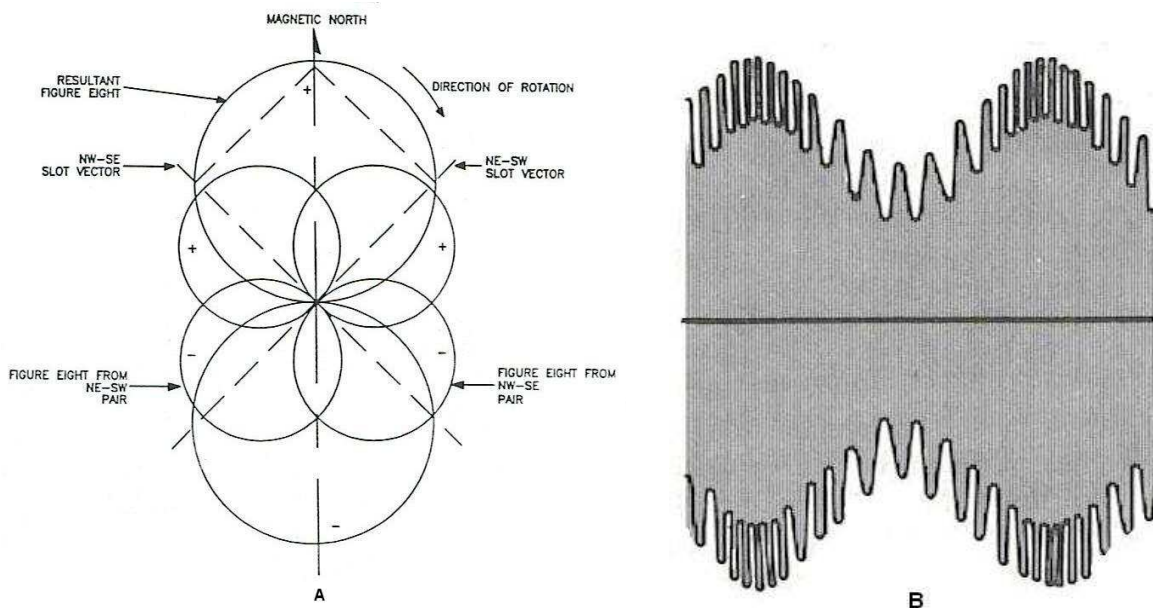
$$m_1 = 0.3 \text{ (30\%)}; m_2 = 0.08 \text{ (8 \%)}; \psi = 1020 \text{ Hz}$$

Esta señal contiene la portadora y las bandas laterales resultantes de la modulación AM, por lo que se denomina PBL (Portadora + Bandas Laterales) y se aplica a una antena no direccional.



**Fig 4. A Señal de 9960 Hz modulada en FM con una señal de 30 Hz y con n=16.
B señal portadora modulada con la señal A**

Las Bandas laterales se desarrollan independientemente en el goniómetro. Allí se realiza una modulación balanceada (Double Sideband), con la señal portadora y dos señales de 30 Hz desfasadas 90° entre si, en la que como resultado se obtienen las bandas laterales con la portadora suprimida. Estas bandas se aplican a antenas direccionales ubicadas a 90° entre si par a crear un patrón de radiación giratorio, (ver figura 5 A).



**Fig 5. A Antenas direccionales (NE-SW y NW-SE) y patrón resultante de la suma.
B Señal resultante obtenida en el espacio**

Como resultado en el espacio se obtiene una modulación adicional en AM con los 30 Hz, recibiendo a bordo la señal indicada en la figura 5 B, obteniendo la siguiente ecuación:

$$E = E_0 \cdot \sin \omega t [1 + m_1 \cdot \sin (\varphi t + n \cdot \sin \Omega t) + m_2 \cdot \sin \psi t + m_3 \cdot \sin (\Omega t - a)] \quad (5)$$

Donde E_o , ϕ , Ω , n , ω , m_1 , m_2 , ψ ídem que en la ecuación (4); $m_3 = 0.3$ (30%) y a : azimut.

Viendo esto en función de la frecuencia, es decir el espectro, es el que se observa en la figura 6. Allí se puede distinguir la señal portadora ω como centro del espectro, Ω que modula en AM como resultado de la rotación del patrón de radiación, ψ que introduce la identificación, ϕ que es la señal subportadora que está modulada en FM con una señal Ω con un índice de desviación $n = 16$.

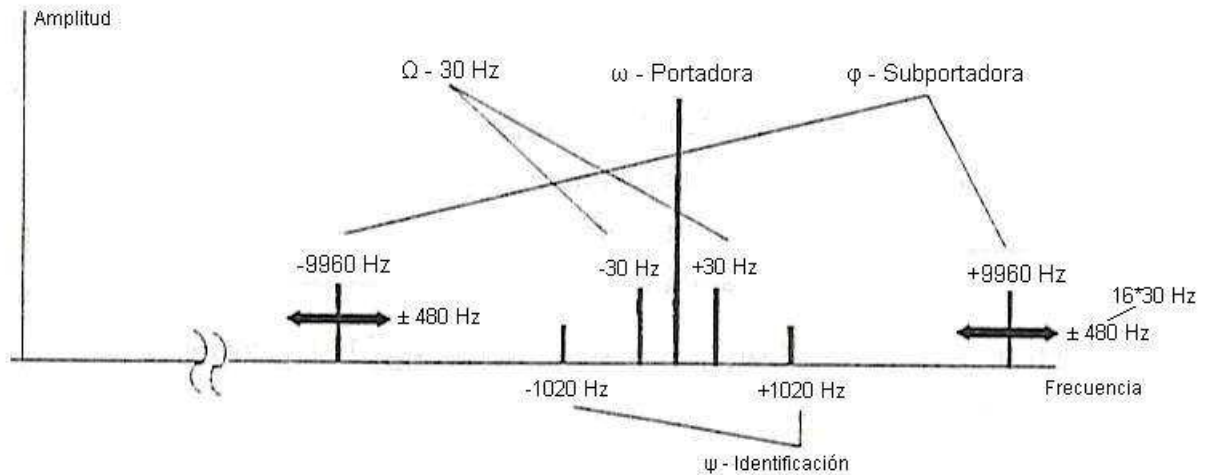


Fig. 6. Espectro de señales del VOR



Fig. 7 Vista externa del VOR