

PIB-M. FASE PRESENCIAL. 2022
TELEDETECCIÓN PRÁCTICA
RADARES

2.- EXPLORACIÓN RADAR Y REDES DE RADARES

Jesús Riesco Martín.
jriescom@aemet.es

ÍNDICE TEMÁTICO

- 1.- Propagación normal del haz del radar
- 2.- Tácticas de exploración radar
- 3.- Características de la red de radares de AEMET
- 4.- Volumen Polar y Volumen Cartesiano

1.- Propagación normal del haz del radar

¿Cómo se propaga el haz?

- En el vacío las ondas se propagan en línea recta y a una velocidad $c = 300.000 \text{ km/s}$
- En la atmósfera las ondas no se propagan en línea recta y, a menudo, **el haz emitido por el radar se curva hacia tierra**. Esto es debido al **índice de refracción**: dado un perfil de cómo va cambiando dicho índice a lo largo de una zona atmosférica, se puede calcular perfectamente la trayectoria a seguir por el haz.

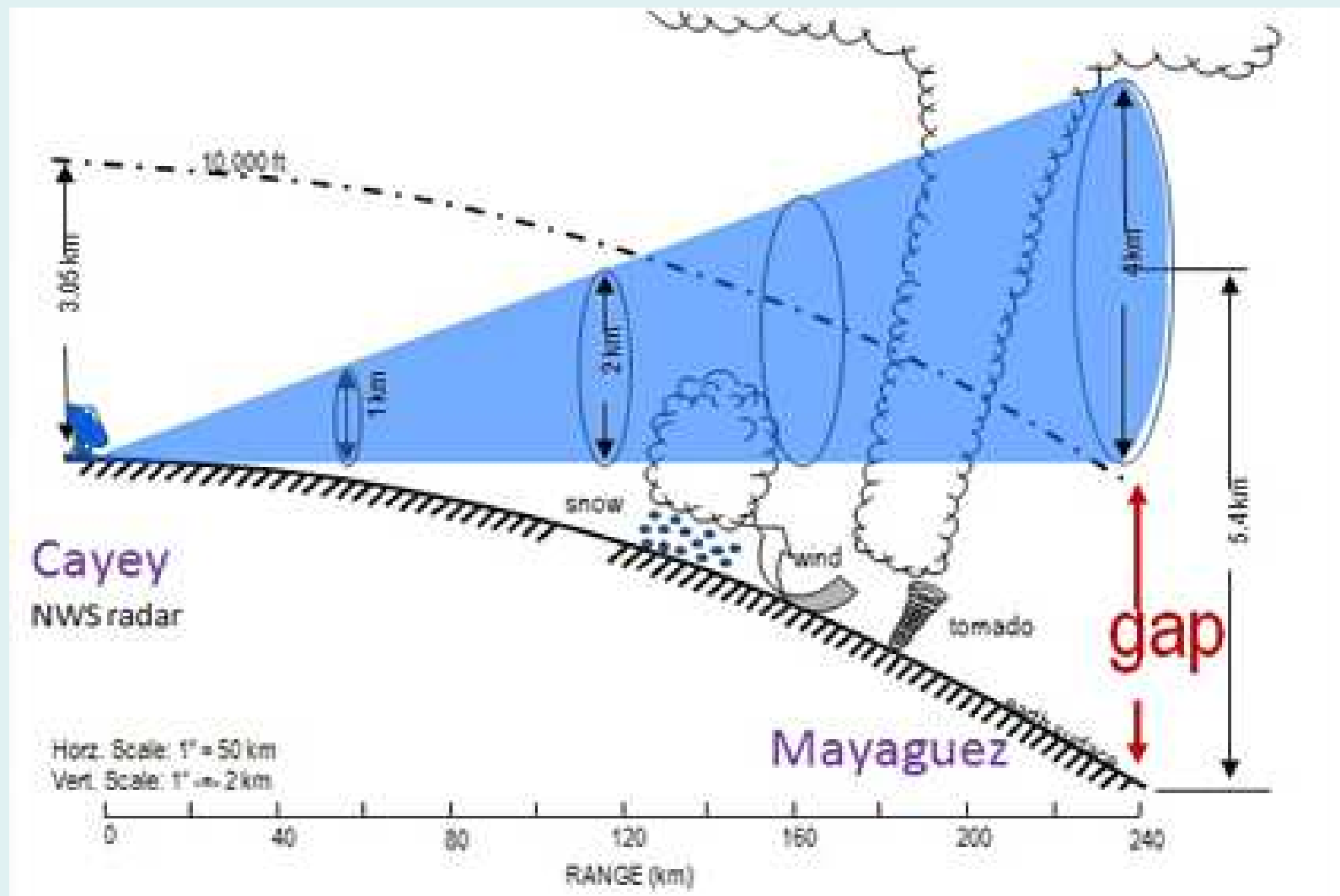
$$\text{trayectoria} = f(n)$$

$$n = n(h)$$

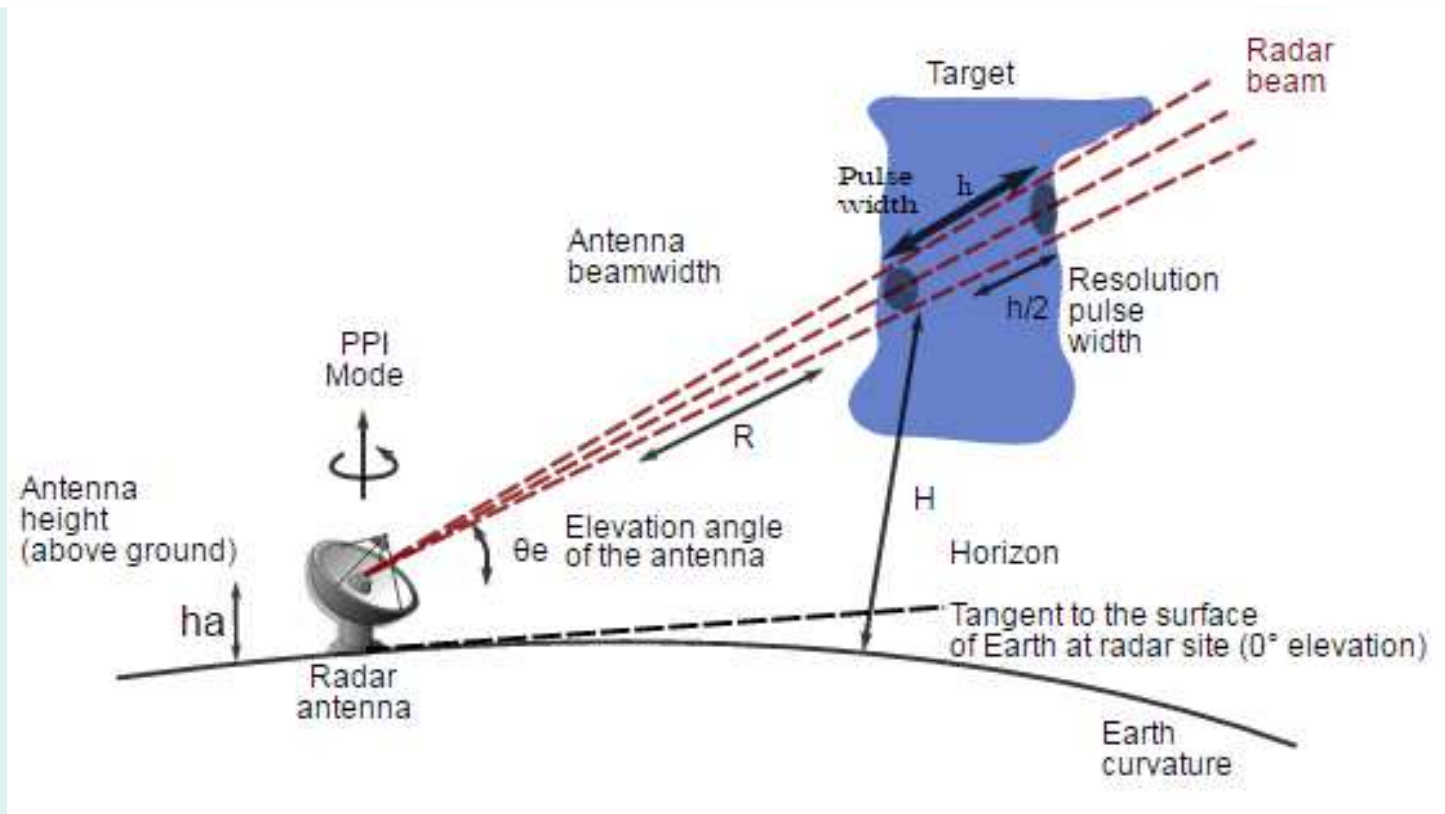
Propagación normal

Cuando en la atmósfera la humedad, temperatura y presión sólo dependen de la altitud, decimos que las condiciones de propagación son normales o standard.

El haz del radar se propaga según una trayectoria curva pero menos curvatura que la superficie terrestre, por lo que para un observador sobre la superficie terrestre (considerando la tierra plana), el haz se va elevando con la altura.



El haz del radar se curva menos que la curvatura de la tierra



$$H = \sqrt{r^2 + (k_e a_e)^2 + 2rk_e a_e \sin(\theta_e)} - k_e a_e + h_a,$$

where:

r = distance radar–target,

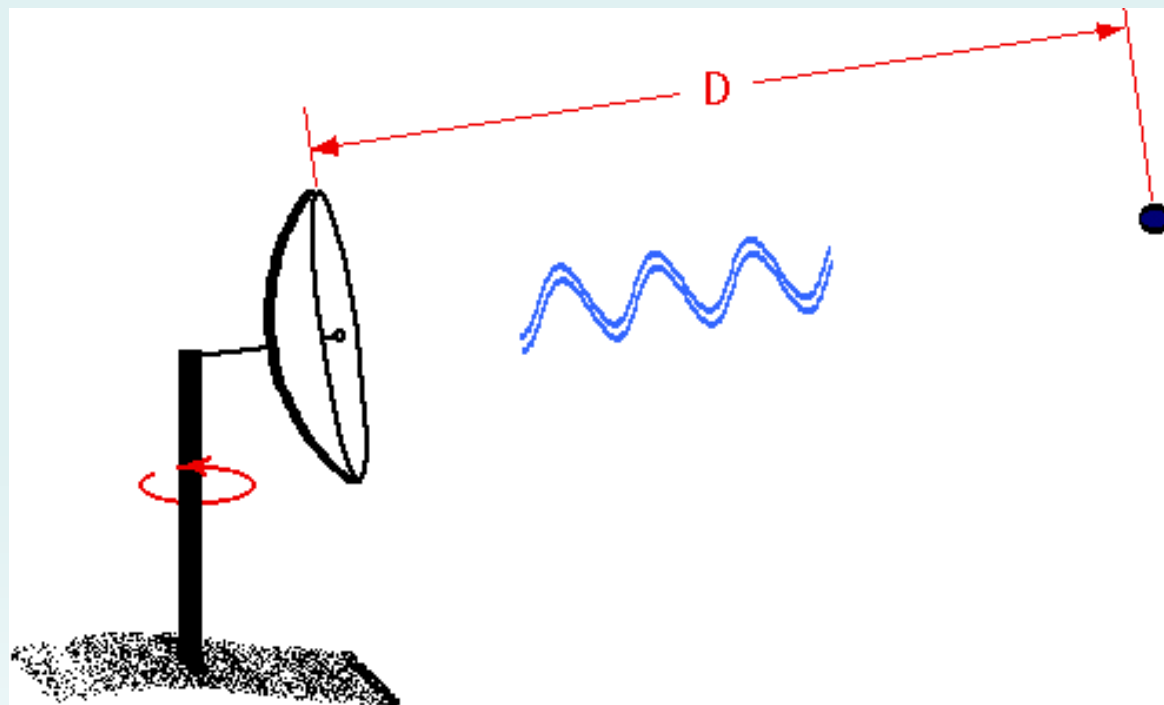
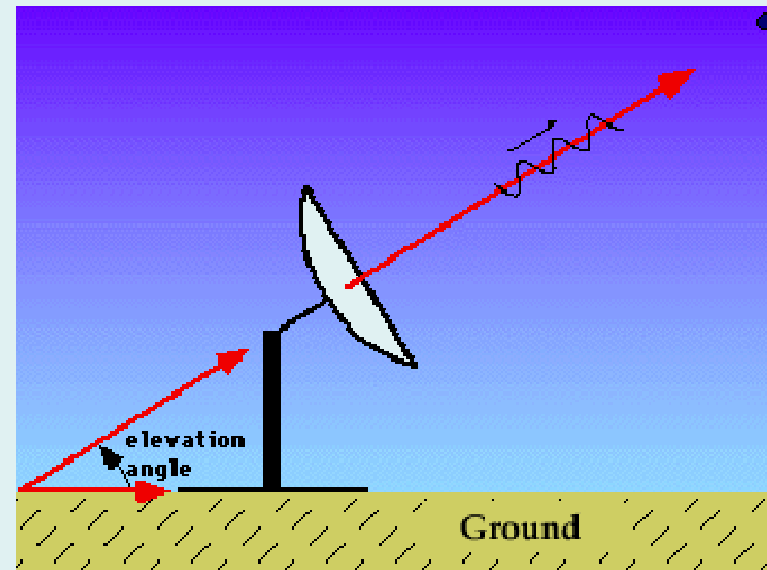
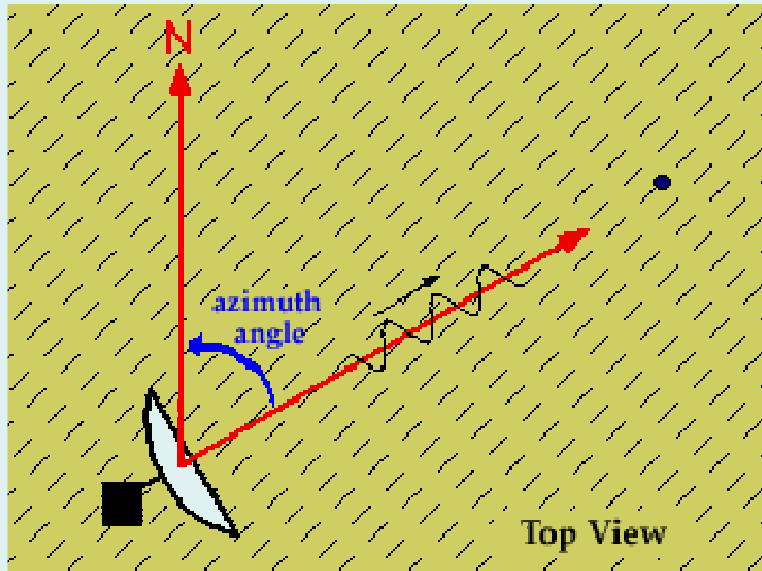
$k_e = 4/3$,

a_e = Earth radius,

θ_e = elevation angle above the radar horizon,

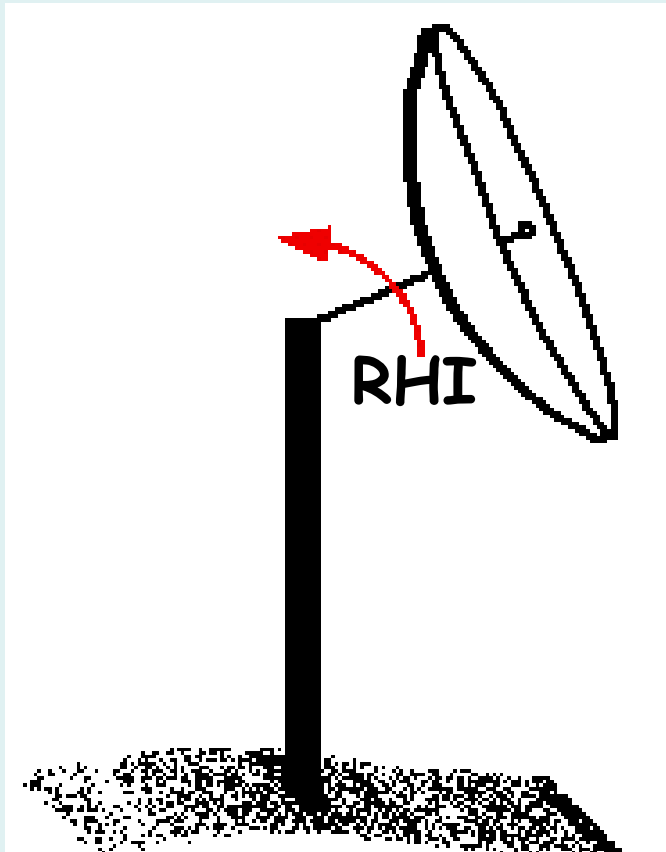
h_a = height of the feedhorn above ground.

Mediante cálculos (software), se puede estimar la posición de los ecos (en altura, azimut y distancia)



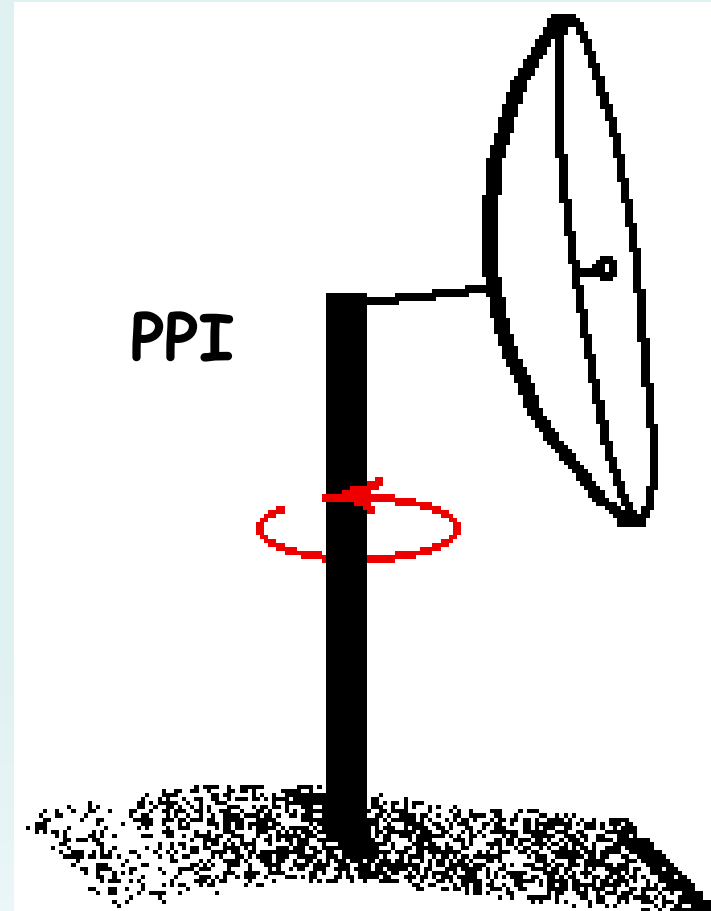
2.- Tácticas de exploración radar

Modos de exploración del radar

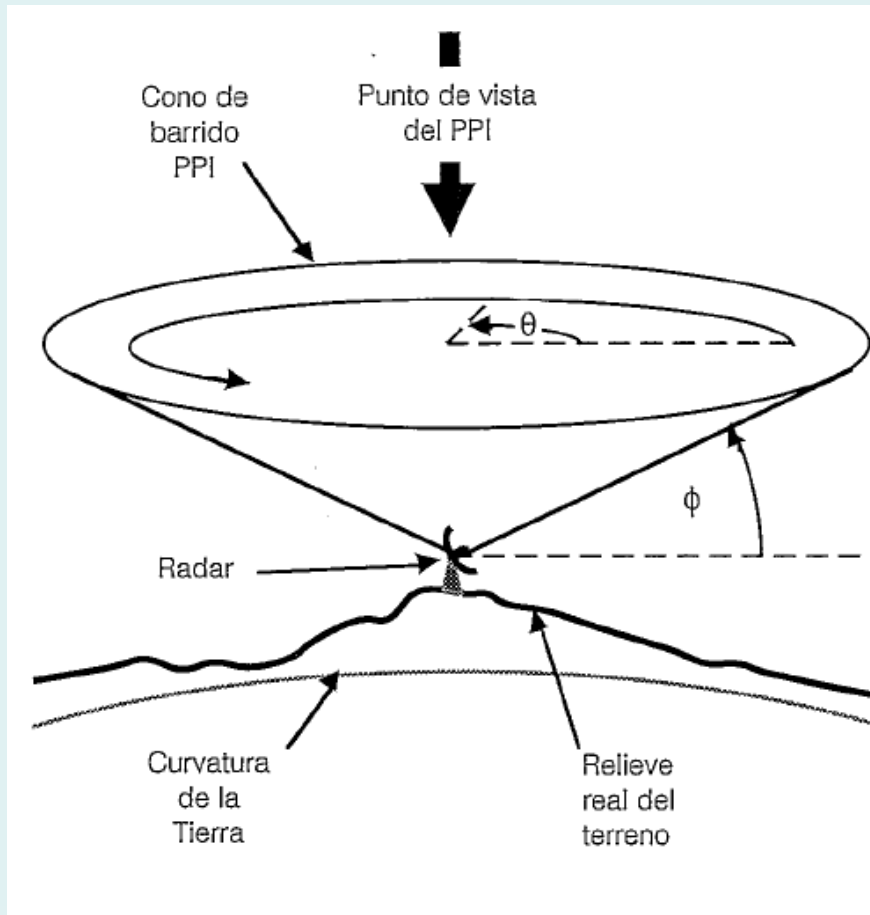


Range Position Indicator
Exploración en corte vertical (RHI), manteniendo la antena a un azimut fijo y variando el ángulo de elevación de la antena.

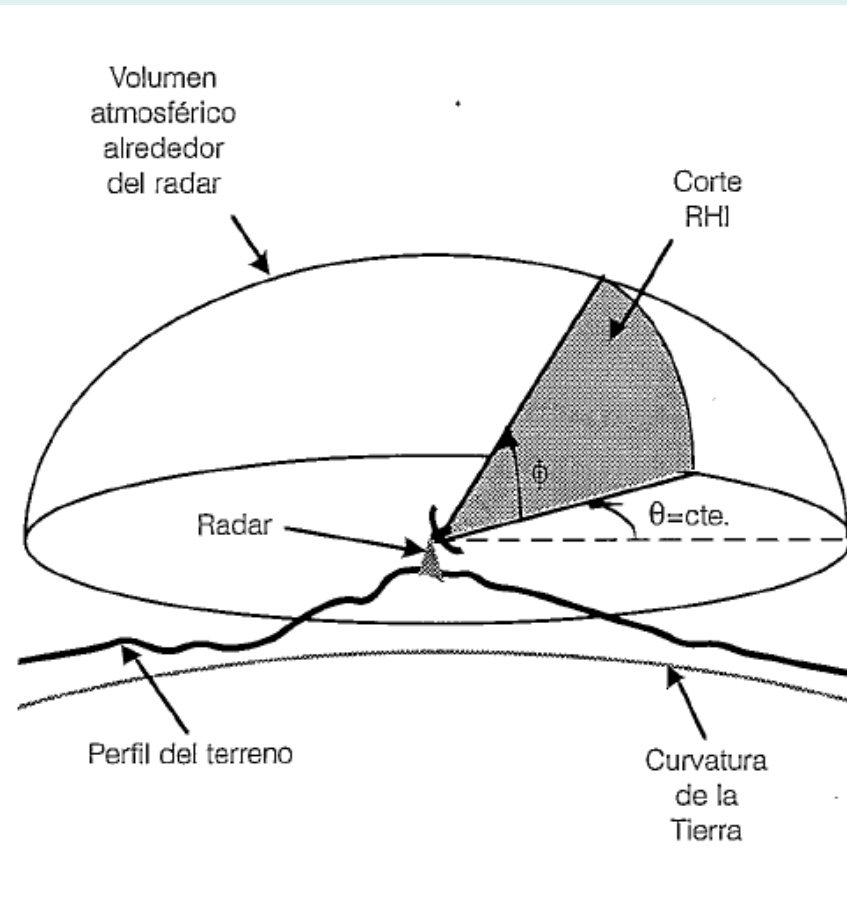
Plan Position Indicator
Exploración a elevación fija (PPI), la antena rota en azimut una vuelta completa manteniendo fijo su ángulo de elevación.

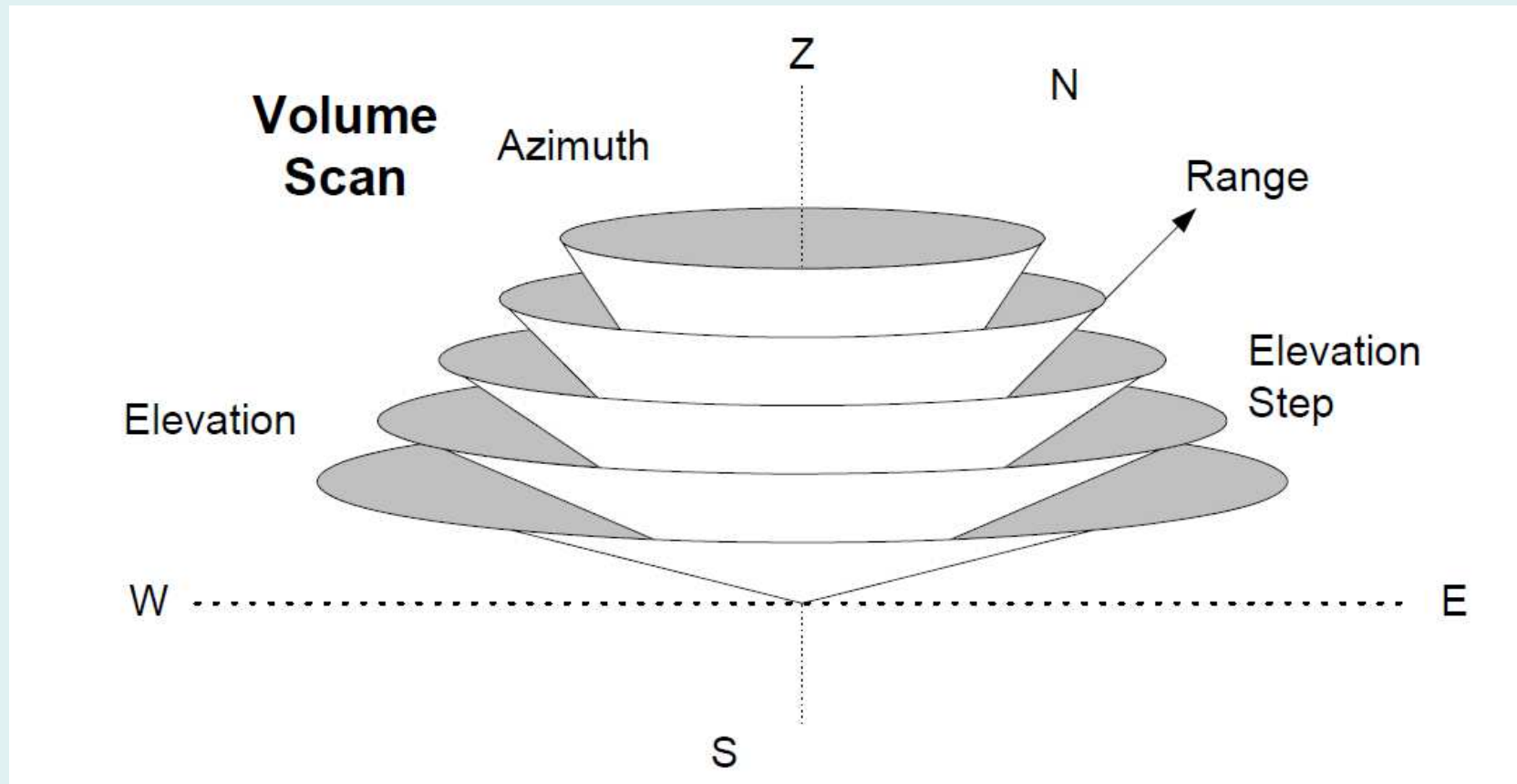


PPI



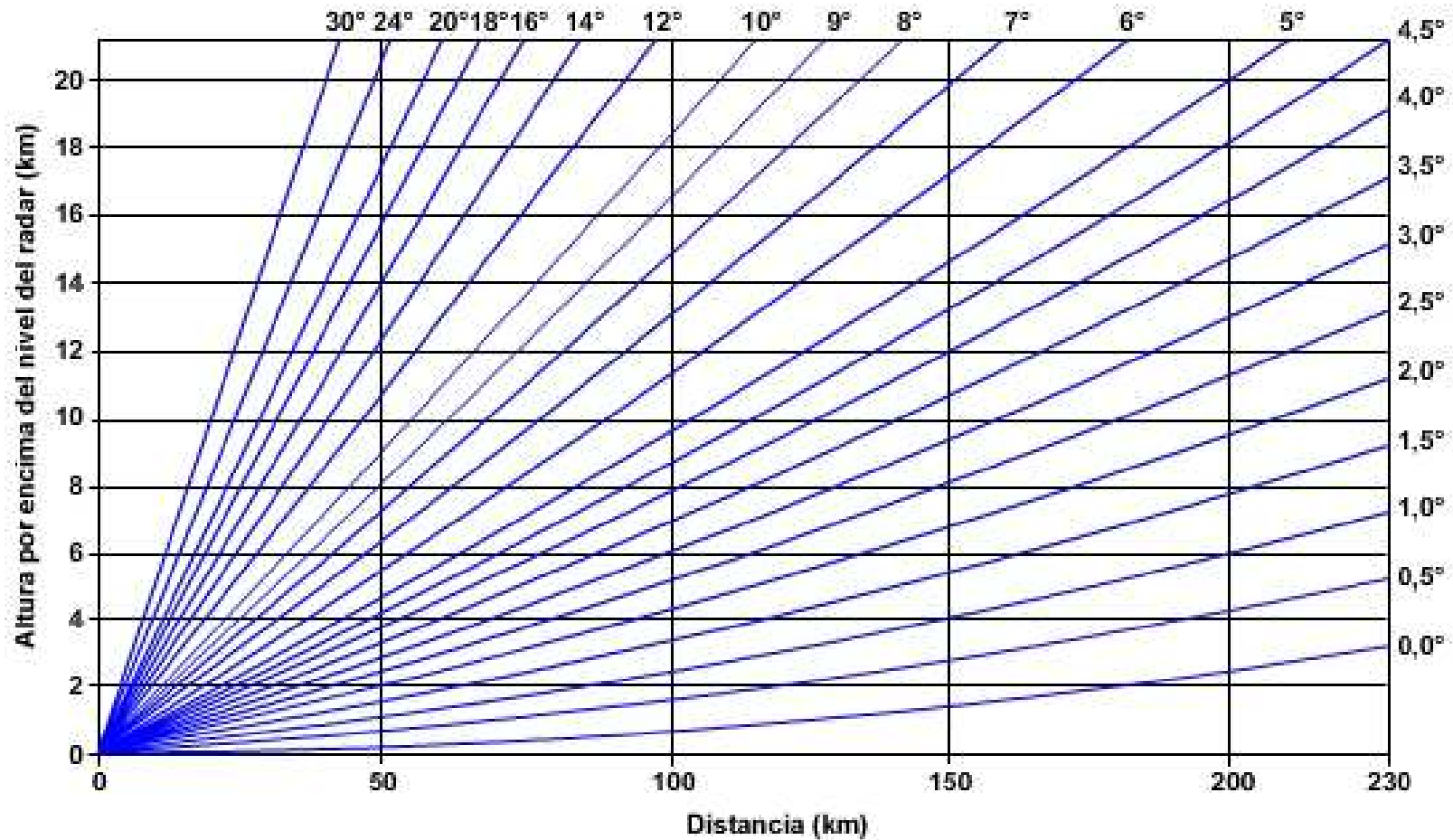
RHI





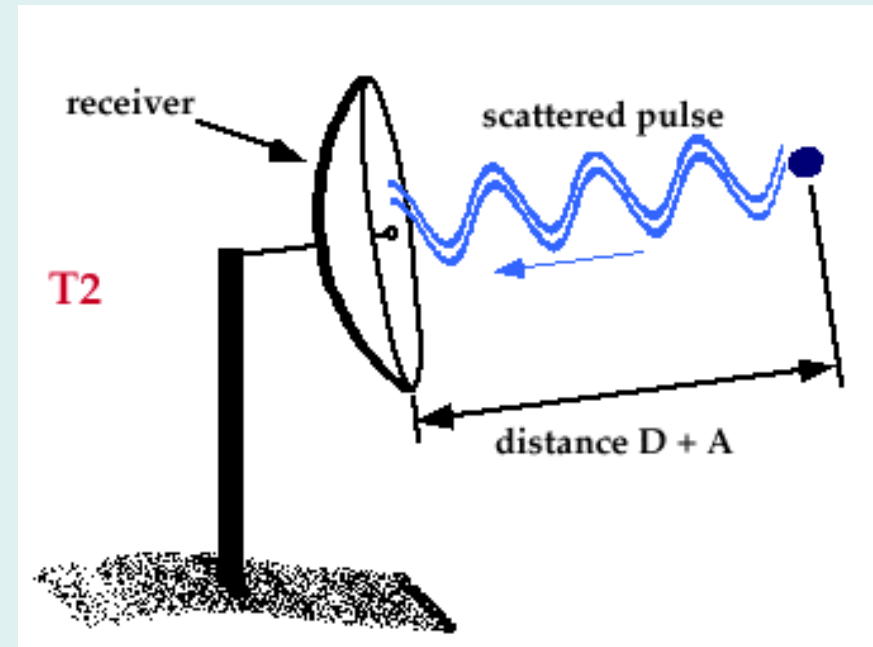
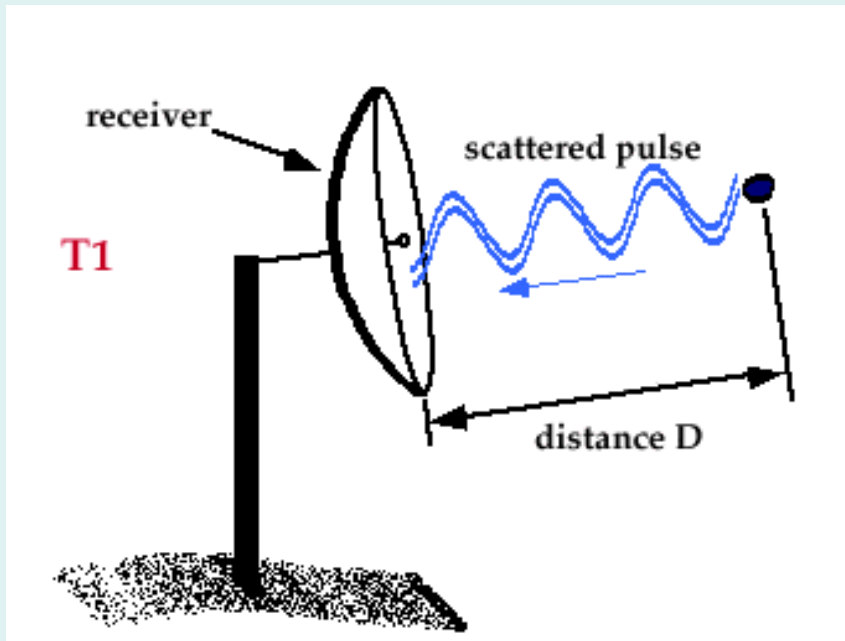
Exploración volumétrica (Volumen polar), consta de varias exploraciones tipo PPI, a distintas elevaciones.

Altura del muestreo por encima del suelo en función de la distancia



NOAA/WDTB

Elevaciones a distintos ángulos en la vertical para construir un volumen polar



Blanco móvil y efecto doppler.

Efecto doppler: La distancia del blanco respecto al radar ha variado entre T1 y T2, y por tanto la longitud de onda devuelta es distinta de la emitida. Y esto permitirá estimar la velocidad de movimiento del blanco respecto al radar.

Estrategia de observación

El radar opera automáticamente, repitiendo cada cierto tiempo una serie de exploraciones (barrido)

Ciclo: tiempo que transcurre entre el inicio de dos secuencias consecutivas.

La estrategia de observación viene dada por:

- La secuencia de exploraciones
- Los parámetros de cada exploración
- La duración del ciclo

3.- Características de la red de radares de AEMET

RED DE RADARES DE AEMET

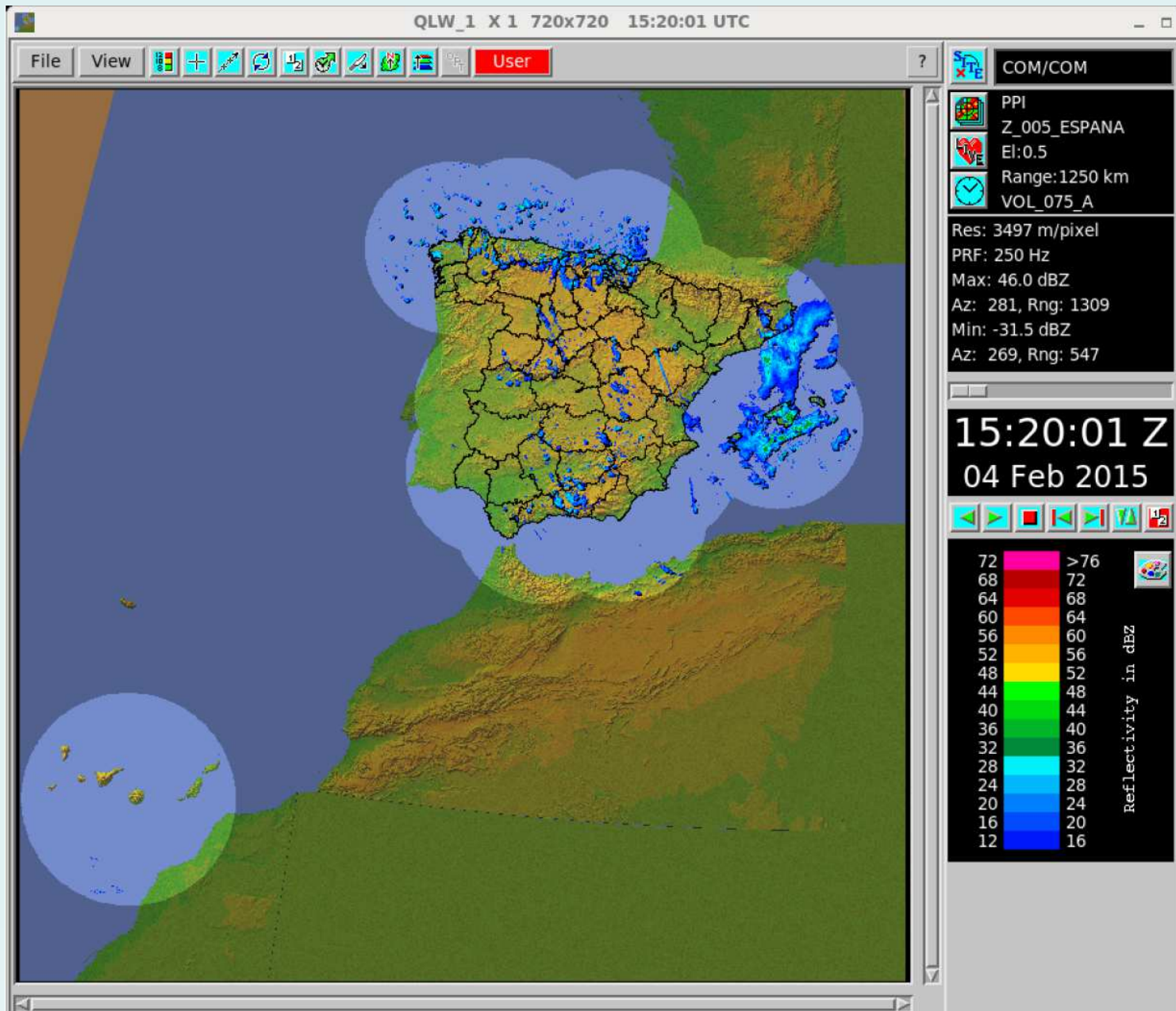


- La red de radares del INM fue proyectada en torno a 1985, consta de 15 radares.
- El primer radar, el de Autilla del Pino (Palecia), entró en operación en 1989.
- El último radar en ponerse en servicio fue el de Mallorca, y lo hizo ya dentro del proyecto de modernización, en 2007.
- El fabricante de los radares fue ERICSSON, operaban en modo normal y doppler.
- Originalmente unos eran de banda S y otros de banda C, dependiendo de su ubicación. Posteriormente, en torno a 1998, los radares de banda S se cambiaron a banda C.



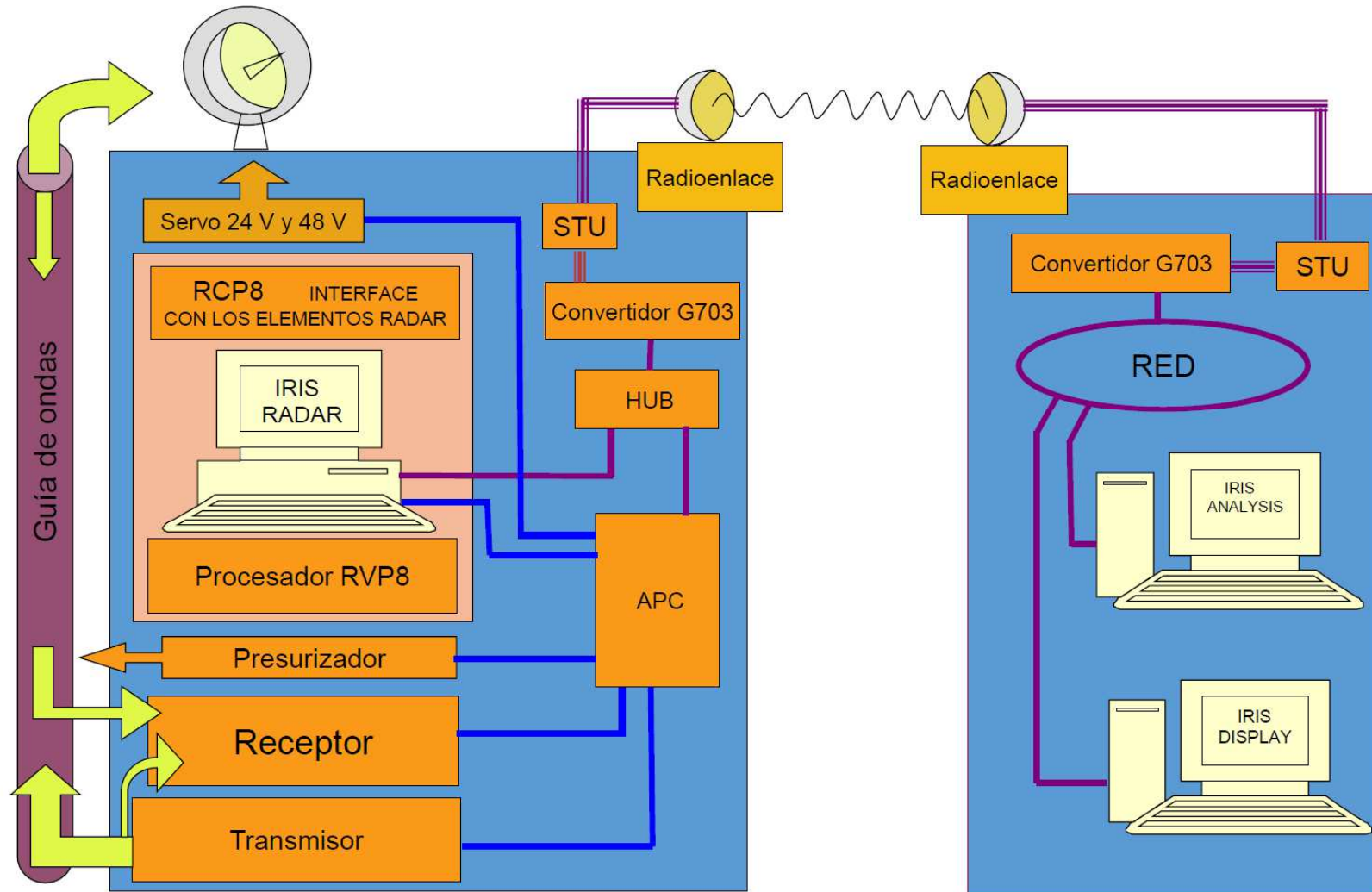
Radar de Madrid

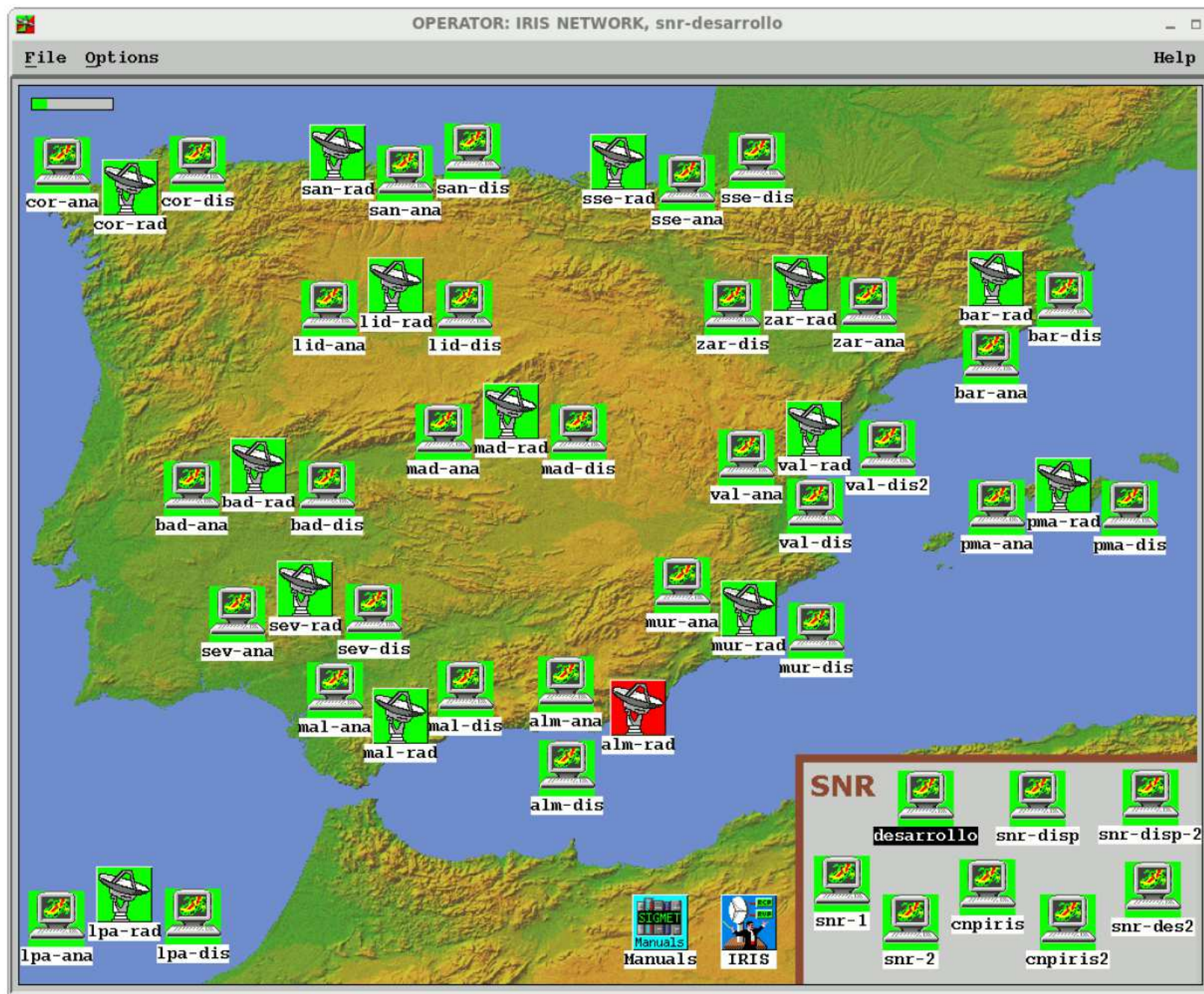
Rango corto: 1x1 km (240 km)
Rango corto: 0,5 x 0,5 km (120 km)
Modo doppler
Ciclo: 10'



Red de radares de AEMET. Composición de PPI de reflectividad.

Configuración del nuevo Sistema Regional Radar





IrisNet. Utilidad para control del sistema de radares.

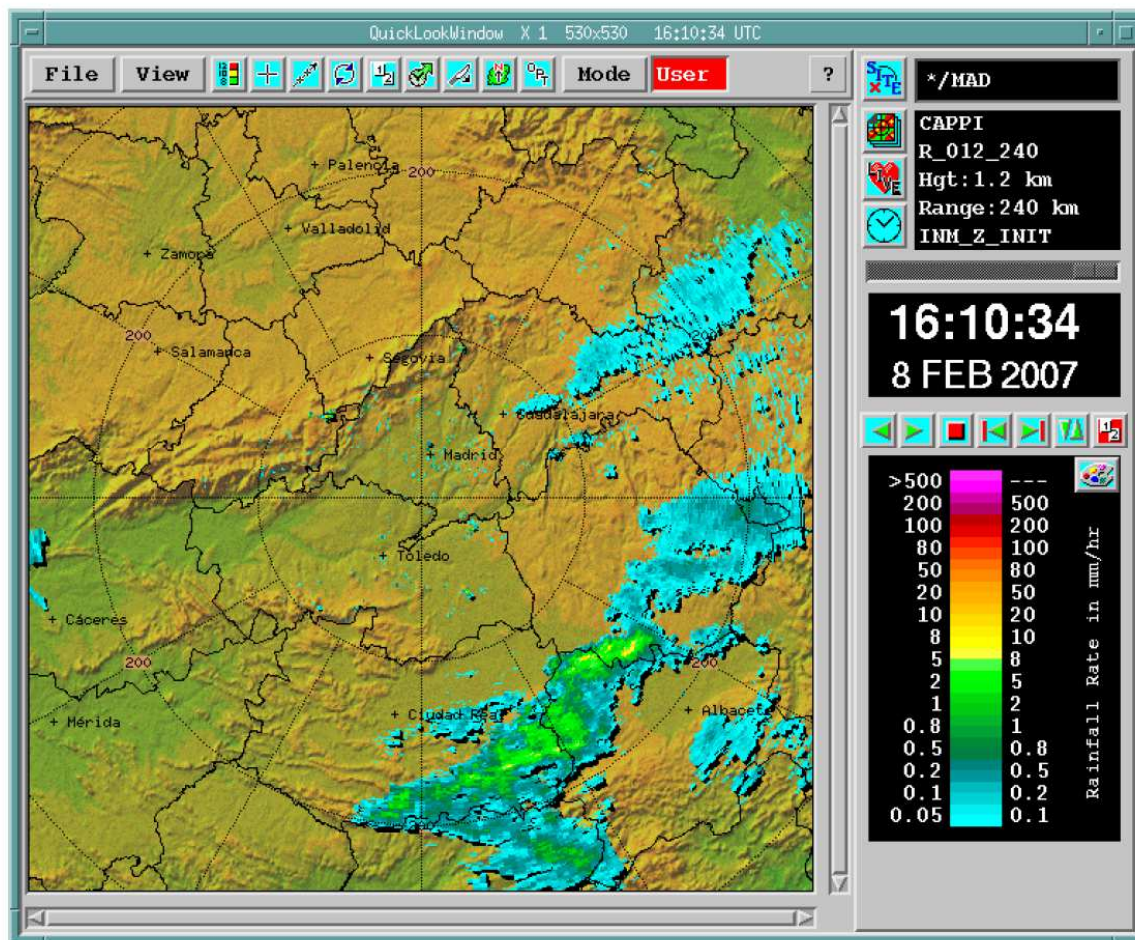
Máquinas IRIS en el Centro Regional Radar

- **IRIS_ANALYSIS**

- Controla y monitoriza remotamente el radar
- Permite visualizar las alarmas del radar y equipos anejos
- Visualiza el barrido radar en tiempo real
- Recibe los ficheros RAW de IRIS_RADAR
- Genera a partir de los RAW los productos programados
- Permite visualizar los productos
- Envía los productos programados a otros sistemas:
 - Máquina IRIS_DISPLAY
 - Sistema Nacional Radar (SNR)
 - Ingestor McIDAS

- **IRIS_DISPLAY**

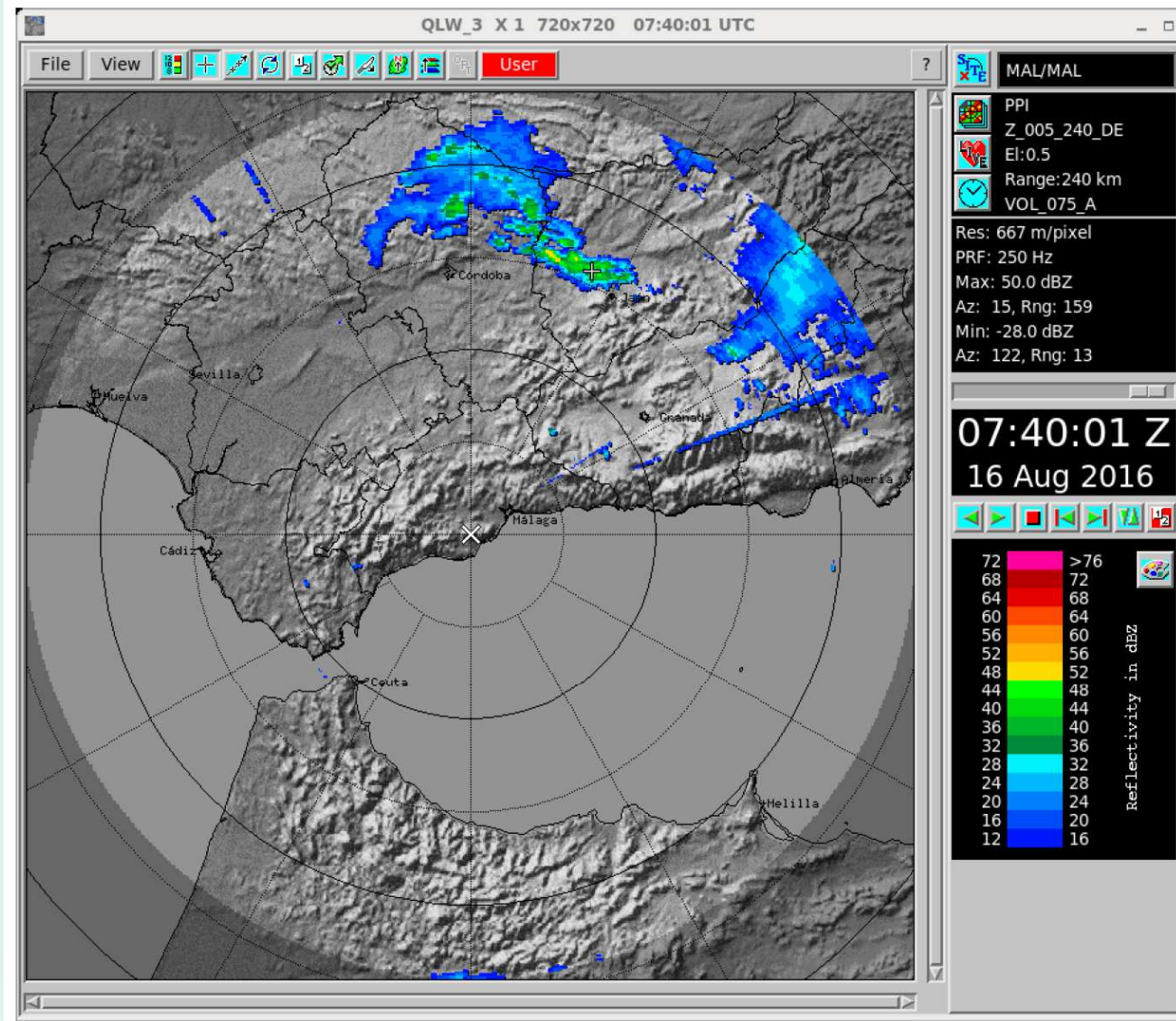
- Está instalada en el GPV para uso de los predictores
- Recibe los productos que le llegan de IRIS_ANALYSIS
- Si dispone de los RAW puede generar productos, hacer cortes, etc
- Usada también para reprocesar situaciones de archivo



Ventana Gráfica de Explotación de Productos Radar IRIS

Quick Look Window (QLW)

- Selección de radar y producto
- Animaciones
- Selección de fondos, rangos y escala de colores.
- Análisis de datos polares



Radar de Málaga

PPI

Reflectividad
Z (dBZ)

Elevación: 0.5°

DISPONIBILIDAD DE DATOS:

- 1. En cada uno de los Centros Regionales Radar.**
- 2. En el Centro Nacional Radar.**
- 3. En los terminales de trabajo operativos (McIDAS).**
- 4. En páginas web de la Intranet de la AEMet.**

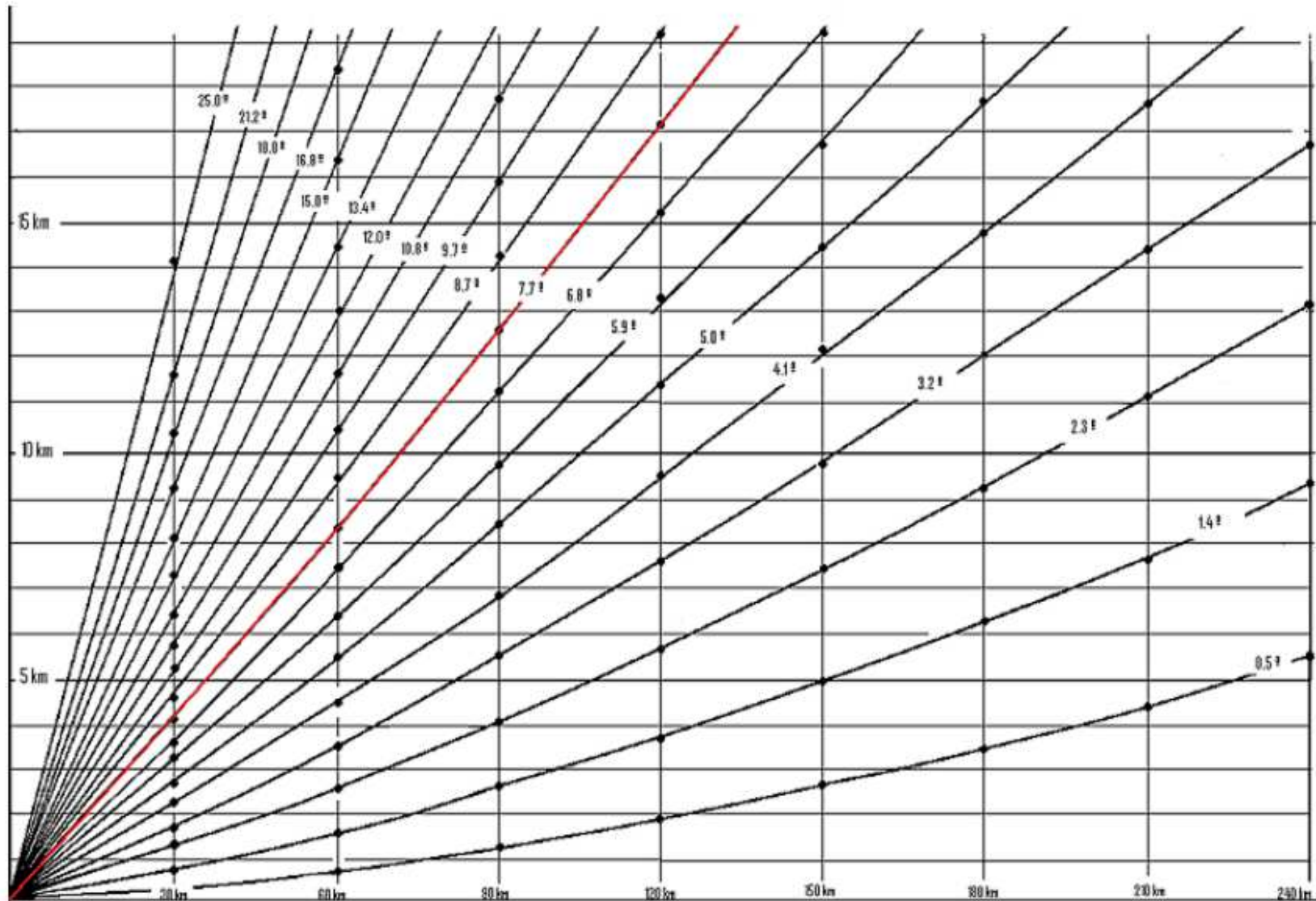
	RANGO LARGO	RANGO CORTO
PRF	250 (A, B) 900/1200 (C,D)	900/1200 (E)
ANCHO DEL PULSO	2,00 μ s (A,B) 0,56 μ s (C,D)	0,56 μ s (E)
A. LÓBULO PRINCIPAL	0.8 °	0,8 °
AMBIGÜEDAD DIST.	599,6 km (A, B) 125,0 km (C, D)	125,0 km (E)
AMBIGÜEDAD V.	\pm 3,3 m/s (A, B) \pm 48,0 m/s (C, D)	\pm 48,0 m/s (E)
RADIO COBERTURA	240 km (A, B) 120 km (C, D)	120 km (E)
EXPLORACIONES	3: 0,5°2,3° (A) 5: 3,2°6,8° (B) 6: 7,7°13,4° (C) 5: 15° ...25° (D)	2: 1,4° 0,5° (E)
EXPLORAC. MAS BAJA	0.5 °	0,5 °
EXP. MÁS ALTA	25,0 °	1,4 °
DURACIÓN DEL CICLO	10 min.	10 min.
DATOS	Z (A, B, C, D) VVP (C, D)	Z, V, T, VVP
RES. EN RANGO	1 km	1 km (0,5 km)
V. ROTACIÓN ANTENA	2 rpm (A) 4 rpm (B, C) 6 rpm (D)	2 rpm (E)

CARACTERÍSTICAS DE LA RED DE RADARES REGIONALES

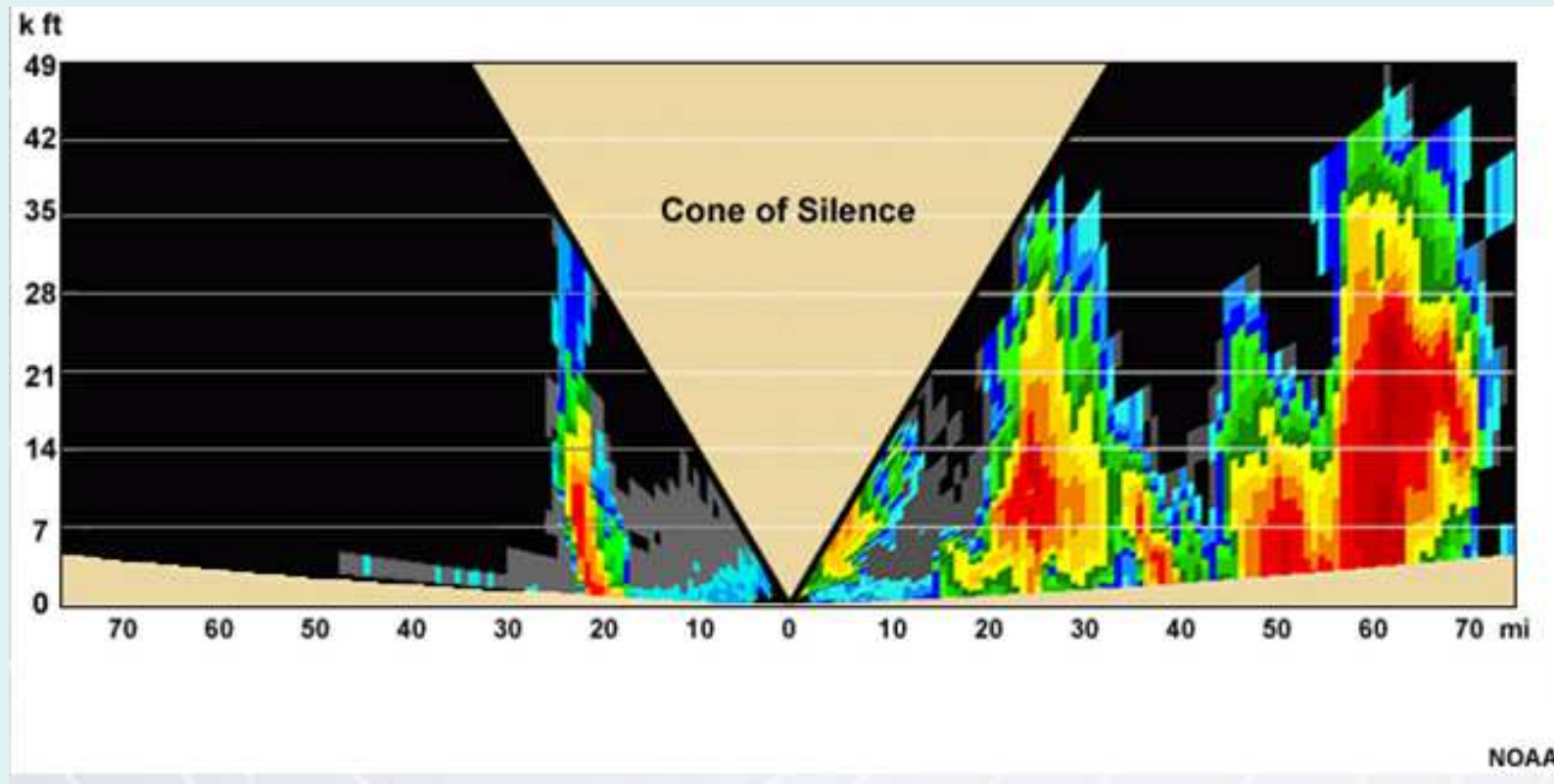
Toda la estrategia de exploración en MODO DOPPLER:

- Se generan productos de rango largo (240 km) y productos de rango corto (120 km).
- Exploraciones cada 10 min, resolución espacial de 1x1 km. Únicamente datos de Z (r. largo) y de Z, V y T (r. corto).
- Primera elevación (PPI) a 0.5°.
- Se genera un Volumen Polar (PPIs) con 21 elevaciones.
- A partir de este volumen se generan diversos productos derivados, en rango largo:
 - Echotop, ZMAX, CAPPI, VIL, ACC, etc
- Así como productos en rango corto:
 - PPIS de Z, V y T.
 - Producto VVP (antiguo VAD).

Distribución actual de elevaciones



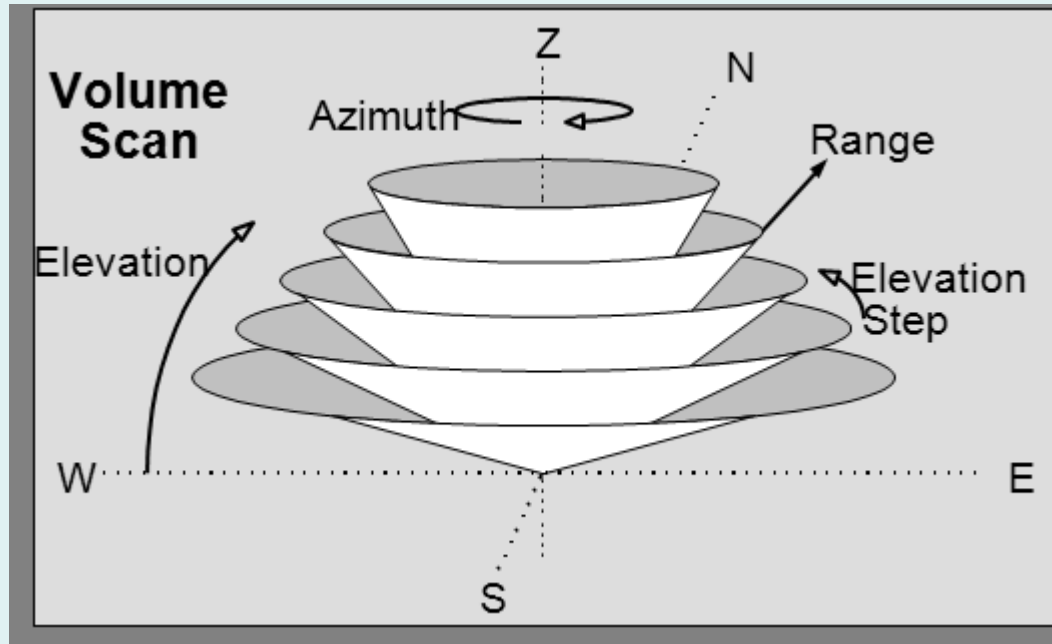
Cono de sombra sobre la vertical del radar



Corte vertical de ecos radar en un área tormentosa

4. - Volumen polar y Volumen cartesiano

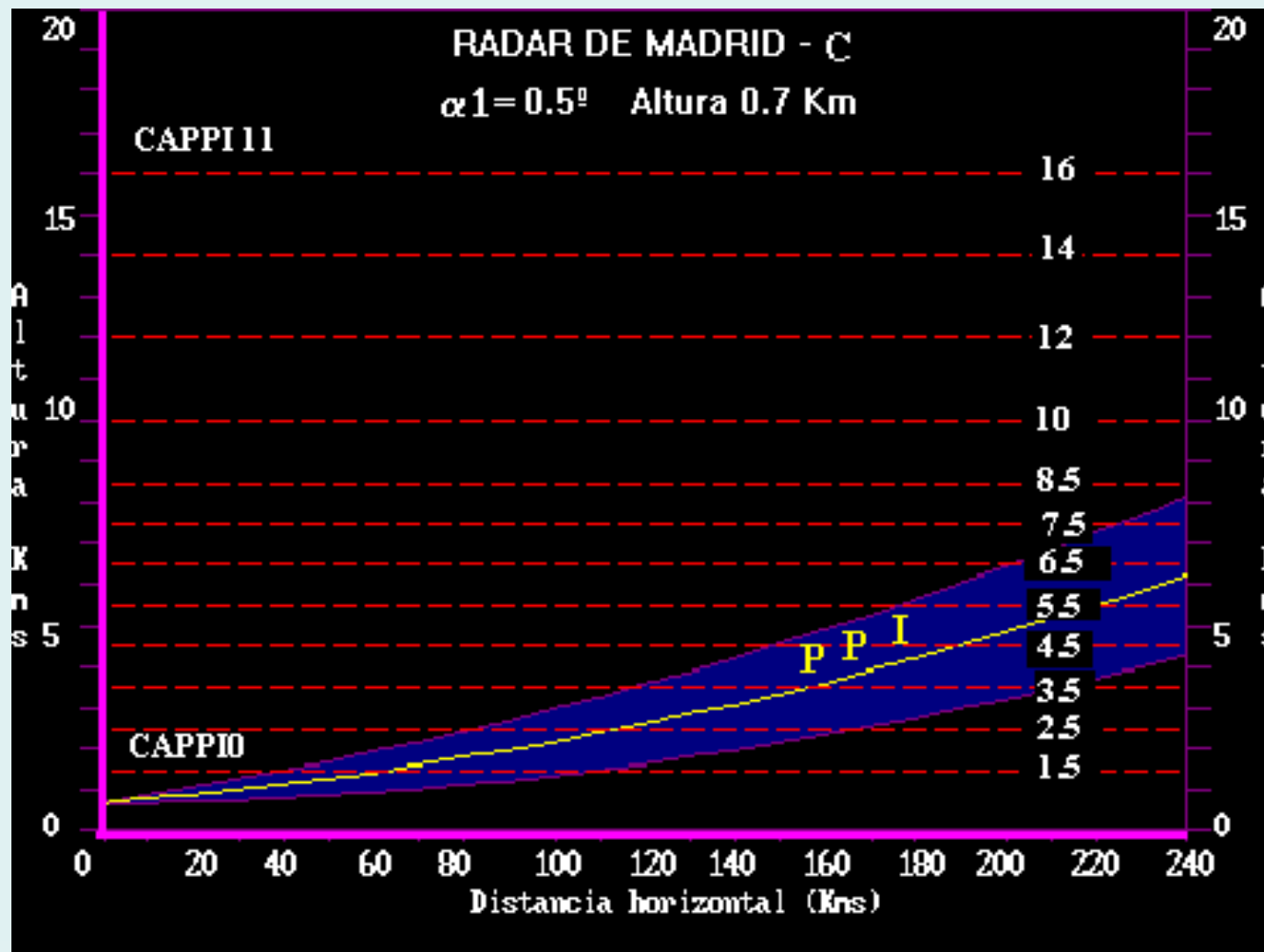
Volumen polar



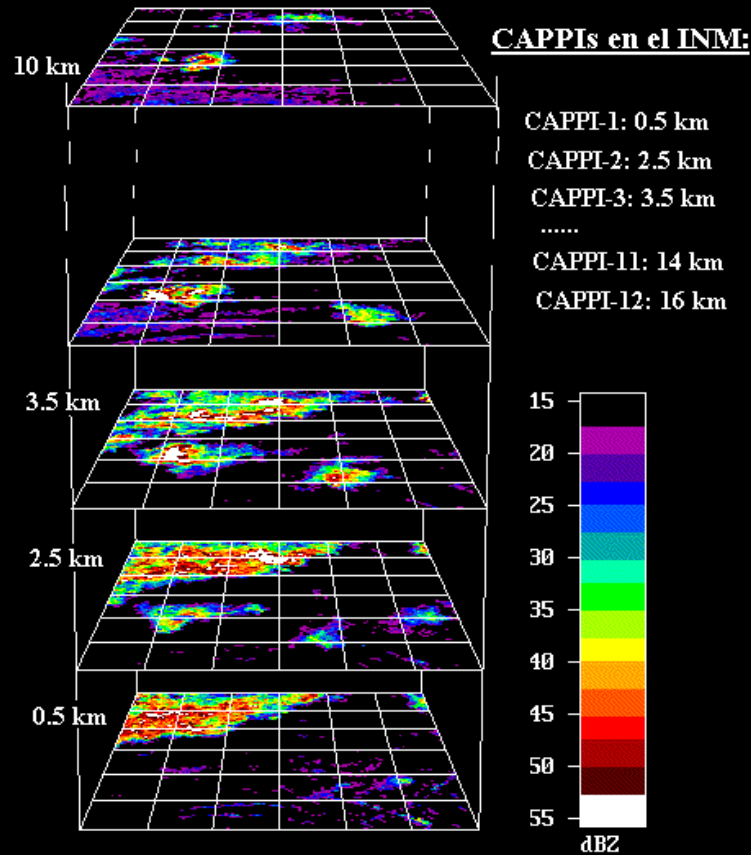
Por exploración se entiende un barrido de 360° en acimut para cada elevación. Cuántas más exploraciones se realicen mayor número de datos y mejor resolución espacial tendremos pero consumirá más tiempo de proceso.

Se suelen realizar en torno a 20 exploraciones que van desde la más baja con una elevación de $0,5^\circ$ hasta la más alta de $25,0^\circ$

El resultado del barrido volumétrico es un volumen de datos en coordenadas polares (radio: r , acimut: θ , elevación: α) que posteriormente se transforma a coordenadas cartesianas (x, y, z), mediante un método de interpolación.



VOLUMEN CARTESIANO



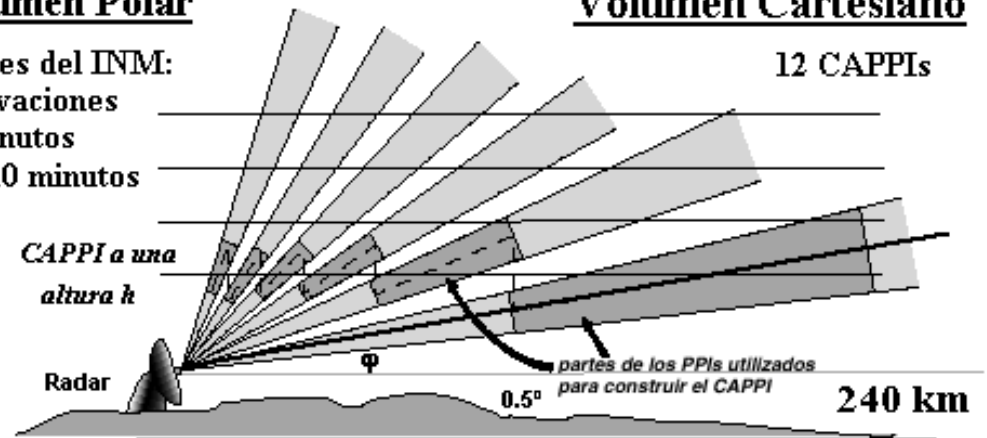
Volumen cartesiano

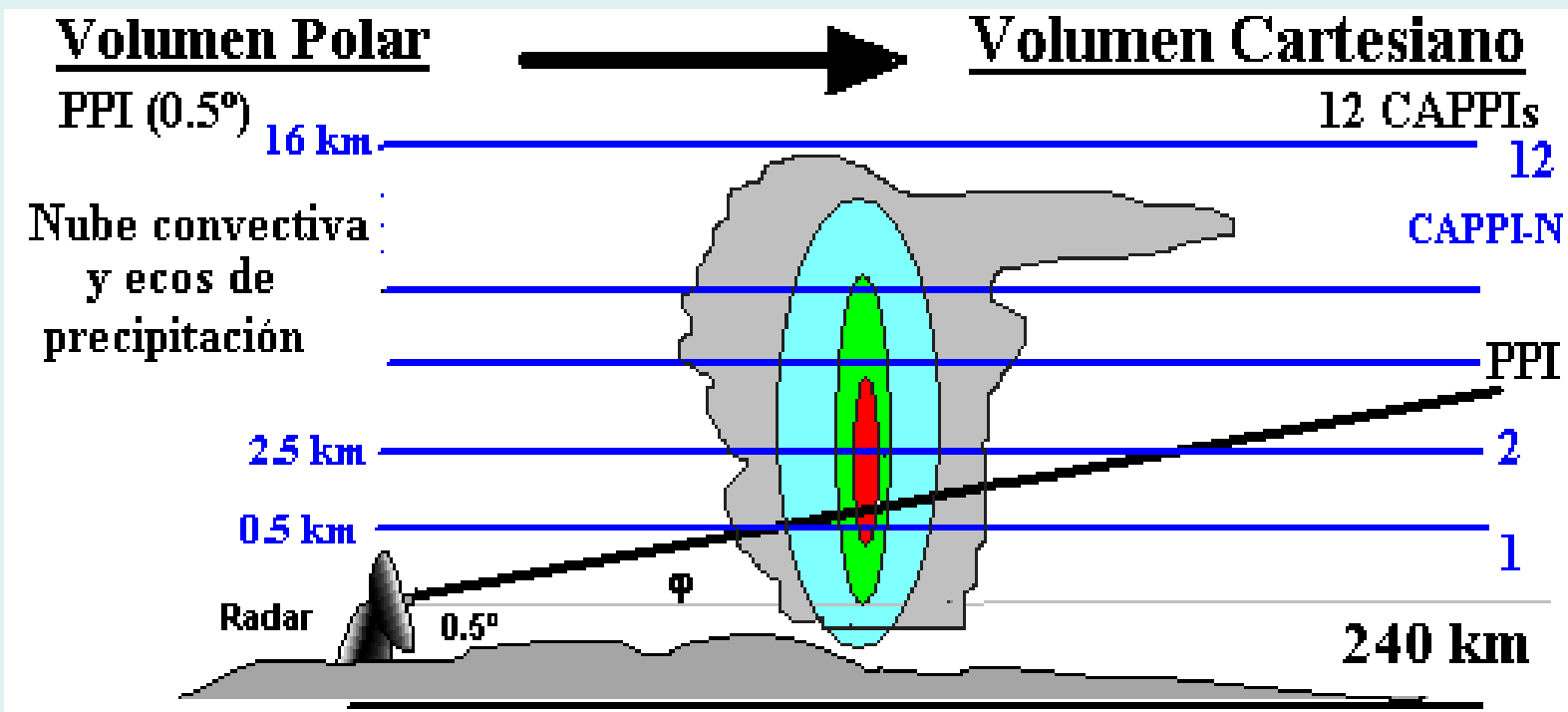
Volumen Polar

Radares del INM:
20 elevaciones
3-4 minutos
cada 10 minutos

Volumen Cartesiano

12 CAPPIs





BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES DE INFORMACIÓN:

- **Curso de radar de Juan Pablo Álvarez Alonso (AEMET)**
- **Radar Research and Development Dept. NSSL (EEUU)**
- **Rafael Sánchez-Diezma (Tesis, 2001) de la UPC**
- **Radar Dept. McGill University (Canada)**
- **Curso de radar de Francisco Martín León (AEMET)**
- **Curso de radar de Ismael San Ambrosio (AEMET)**
- **Módulos COMET (NCAR)**
- **NWS (USA)**
- **[http://ww2010.atmos.uiuc.edu/\(Gh\)/guides/mtr/home.rxml](http://ww2010.atmos.uiuc.edu/(Gh)/guides/mtr/home.rxml)**