



## SEMINARIO TEMA 4: PROCESADO DE SEÑAL RADAR

### EJERCICIO 1: Examen Extraordinario 2017/2018 (3 PUNTOS)

Se dispone de un radar de navegación básico sin compresión ni integración de pulsos con el que se pretenden realizar maniobras de adiestramiento. El radar dispone de un único modo de operación y el usuario no puede modificar ninguno de los parámetros del sistema. Las características del radar se resumen en la siguiente tabla:

CARACTERÍSTICAS GENERALES	
Frecuencia de trabajo	10 GHz
Potencia de pico del transmisor	0.5 kW
Potencia media transmitida	100 W
Altura de la antena	10 m
Ganancia de la antena	21 dB
Ancho de haz vertical de la antena *	30°
Velocidad de rotación de la antena	24 RPM
Figura de ruido del receptor	3 dB
Pérdidas internas del transmisor	3 dB
Pérdidas internas del receptor	2 dB
Probabilidad de falsa alarma	$10^{-5}$
Probabilidad de detección	0.9
Frecuencia de repetición de pulsos	10 KHz
Alcance máximo por escala radar	40 km
Velocidad de la luz (c)	$3 \cdot 10^8$ m/s
1 mn ≈ 1.8 km	
1 nudo ≈ 1.85 km/h	
$k \cdot T_0 = 4 \cdot 10^{-21}$ W/Hz	

\*Suponer que la antena tiene un diagrama de radiación como los estudiados en clase.

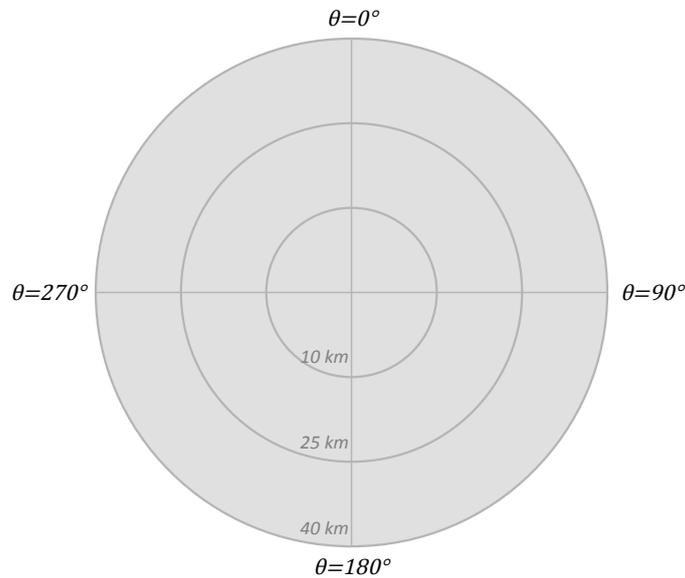
En la zona de maniobras, se encuentran los siguientes blancos, conocidos de antemano, con los que se pretende comprobar la habilidad del alumno a la hora de detectarlos con el radar de la forma más exacta posible, sin ningún tipo de ambigüedad:

BLANCO	RCS	DISTANCIA	DEMORA	ALTURA
Blanco 1	$\sigma_1 = 310 \text{ m}^2$	$R_1 = 15 \text{ km}$	$\theta = 315^\circ$	$h = 15 \text{ m}$
Blanco 2	$\sigma_2 = 150 \text{ m}^2$	$R_2 = 7 \text{ km}$	$\theta = 45^\circ$	$h = 7 \text{ m}$
Blanco 3	$\sigma_3 = 300 \text{ m}^2$	$R_4 = 8 \text{ km}$	$\theta = 137^\circ$	$h = 10 \text{ m}$
Blanco 4	$\sigma_3 = 250 \text{ m}^2$	$R_4 = 10 \text{ km}$	$\theta = 145^\circ$	$h = 30 \text{ m}$



Adicionalmente, el parte meteorológico indica que existe un temporal de lluvia intensa entre las demoras de  $20^\circ$  y  $60^\circ$ , con una atenuación estimada de  $0.75 \text{ dB/km}$ , y rachas de viento de  $100 \text{ km/h}$ , que hacen que los blancos en esa zona (si los hubiese) se visualicen como blancos fluctuantes.

A modo de ayuda, se proporciona una pantalla PPI (*Plan Position Indicator*) donde el alumno pueda situar los elementos que desee, para hacerse una idea más clara del escenario en el que se encuentra:



**1) (0.5 PUNTOS) ANÁLISIS DEL SISTEMA:** De forma previa a trabajar con cualquier radar, se debe hacer una estimación del funcionamiento general del sistema. Dado que los blancos comunes en la zona son embarcaciones de recreo que utilizan triedros reflectores estándar, se tomará de referencia la altura y RCS de los mismos,  $3 \text{ m}$  y  $10 \text{ m}^2$ , respectivamente.

Se pide rellenar la siguiente tabla:

	RESULTADOS
Resolución en distancia, $\Delta R$	
Resolución acimutal para $R_{\max}$	
Nº pulsos integrados, $N_p$ <sup>(1)</sup>	
Alcance máximo <sup>(2)</sup> , $R_{\max}$ (en km y mn)	
Distancia mínima detección <sup>(3)</sup> , $R_{\min}$ (en km y mn)	

<sup>(1)</sup> Explicar, de forma razonada, el redondeo aplicado al número de pulsos integrados.

<sup>(2)</sup> Se pide el resultado del estudio completo de la  $R_{\max}$ , para el caso del triedro reflector estándar, teniendo en cuenta que este sistema no detecta blancos que estén fuera de escala.

<sup>(3)</sup> Se pide el resultado del estudio completo de la  $R_{\min}$ .



## Sensores Navales

Centro Universitario de la Defensa – Escuela Naval Militar de Marín

- 2) **(1 PUNTO) DETECCIÓN DE BLANCOS:** Para cada uno de los blancos indicados en el enunciado, se deberá hacer un estudio conforme a si el radar será capaz (o no) de detectar cada uno de ellos sin ningún tipo de ambigüedad. Para ello, se pide rellenar la siguiente tabla, donde se deberán justificar los resultados mostrados en la misma en la parte inferior.

BLANCO	$R_{\max}$ detección	Ambiguo demora	Ambiguo distancia	DETECTABLE (sí/no)
Blanco 1 <b>(0.25 P)</b>				
Blanco 2 <b>(0.25 P)</b>				
Blanco 3 <b>(0.25 P)</b>				
Blanco 4 <b>(0.25 P)</b>				

**NOTA:**

**Sólo se puntuarán aquellos blancos cuyos resultados se encuentren correctamente justificados en la parte inferior. Rellenar la tabla sin justificación mediante texto y las cuentas oportunas se puntuará con un 0.**

- 3) **(1.5 PUNTOS) MEJORA DEL SISTEMA:** Se desea mejorar las prestaciones del sistema con alguno (o varios) de los módulos listados en la tabla inferior, de forma que se puedan detectar sin ambigüedad el 100% de los blancos y se obtenga una resolución del orden de los 5 m. Se pide realizar un diseño que permita la detección de todos los blancos anteriores, con el menor coste posible, para lo que se deberá:
- Justificar la selección de cada uno de los módulos adecuadamente mediante el texto y las cuentas que resulten oportunas.
  - Para cada módulo añadido, razonar qué blancos se están intentando detectar.
  - Realizar el cálculo del coste total del sistema final.
  - Razonar si las mejoras implementadas podrían empeorar o mejorar la probabilidad de detección del sistema.

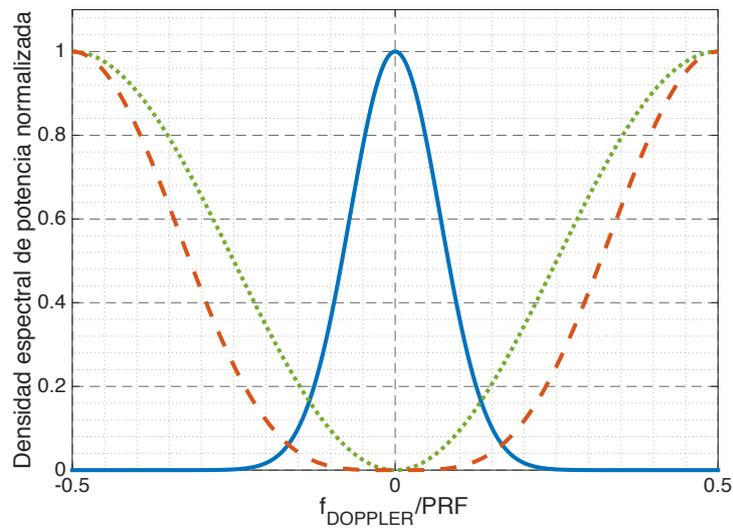
Únicamente se pueden añadir los elementos presentes en esta tabla. El resto de parámetros del radar (antena, potencia,...) deben permanecer inalterados.

	<b>COSTE</b>
Integración de pulsos no coherente (eficiencia del 50%, máximo 20 pulsos)	1.000 €
Integración de pulsos coherente (eficiencia del 90%, máximo 20 pulsos)	1.100 €
Compresión de pulsos en frecuencia (máximo 40 MHz de ancho de banda)	3.000 €
Compresión de pulsos en fase (máximo 40 chips)	1.000 €
PRF <i>Staggering</i> (saltos entre 1000, 1500 y 2000 Hz)	2.500 €

**Nota: En caso de no haber hecho el apartado de detección de blancos, realizar el diseño en base a las especificaciones iniciales del sistema. En ese caso, este apartado puntuará la mitad.**



## EJERCICIO 2: Examen Ordinario 2014/2015 (2.5 PUNTOS)



Se pide:

- 1) (0.2 PUNTOS)** Calcular (aproximadamente) cuál es la velocidad mínima detectable (en m/s) a la que se debe mover el blanco para que nuestro radar pueda detectarlo, en caso de utilizar el filtro MTI DLC de un retardo.
- 2) (0.2 PUNTOS)** Calcular (aproximadamente) cuál es la velocidad mínima detectable (en m/s) a la que se debe mover el blanco para que nuestro radar pueda detectarlo, en caso de utilizar el filtro MTI DLC de dos retardos.
- 3) (0.1 PUNTOS)** Calcular la primera velocidad ciega distinta de cero para ambos filtros.