



Sistemas de Comunicaciones

Radar

Proceso Transmisión/Recepción

Universidad Nacional de Tucumán

Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología

Mayo 2022

Diseño de Sistemas de Radar - 2022





Temario

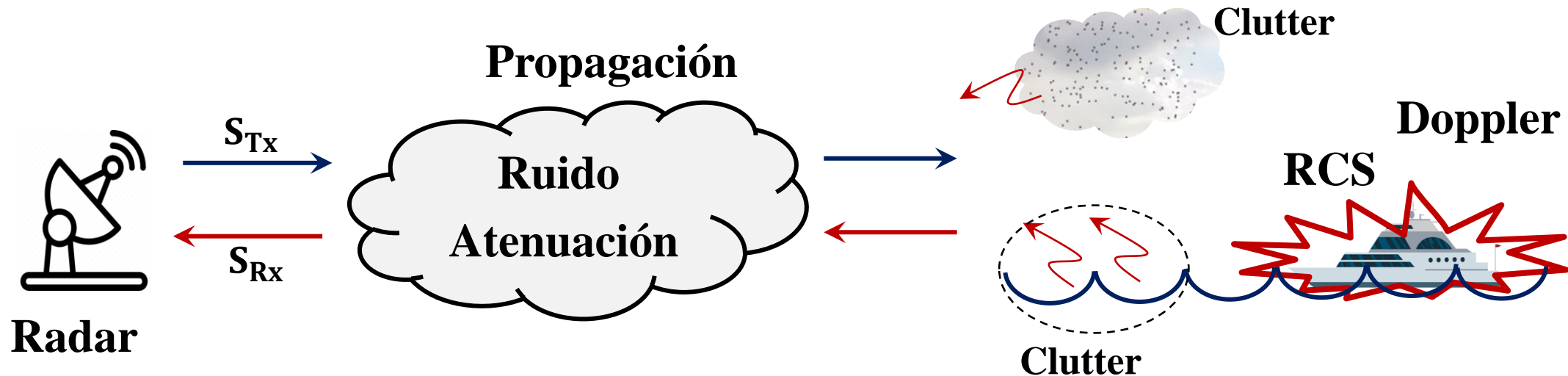
Clase 2: Transmisión – Recepción

- Proceso Transmisión- Recepción
- Señal Transmitida
- Bloques
 - Transmisión
 - Propagación
 - Atenuación
 - RCS
 - Clutter
 - Ruido
- Señal Recibida



Proceso Transmisión - Recepción

Es el proceso mediante el cual la señal transmitida, se transforma en la señal recibida.



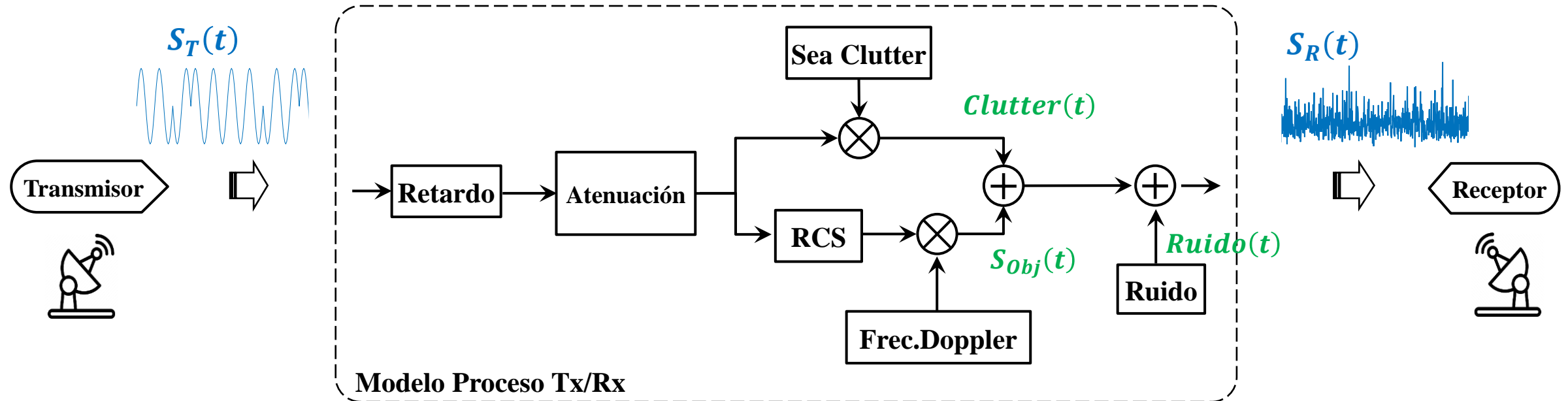
En un sistema de radar, la O.E transmitida utiliza como medio de propagación a la atmosfera terrestre para alcanzar diversos objetivos.

A causa de la interacción con el medio y por otro lado con objetivo y con el medio que rodea a este, la onda electromagnética sufre una serie de modificaciones en sus diferentes parámetros: amplitud, frecuencia y fase, además la misma es contaminada con señales no deseadas.



Proceso Transmisión - Recepción

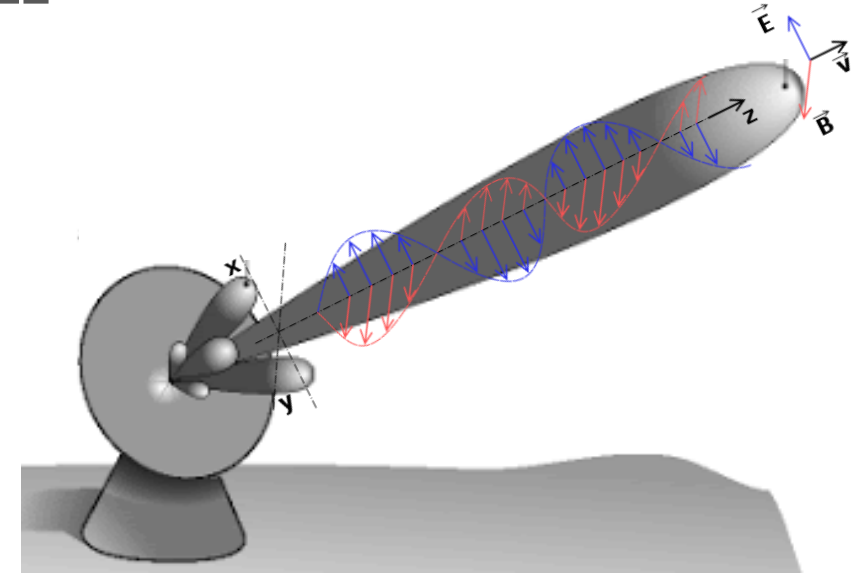
Modelo matemático del proceso transmisión y recepción.



Transmisión

En esta se determinan los parámetros:

- Potencia de señal
- Frecuencia de onda
- Tipo de modulación
- Polarización
- Barrido (dirección de áng. de elevación y acimut)



Señal Transmitida

$$S_T(t) = u(t) \cdot m(t) \cdot e^{j\omega_c t + \varphi}$$



En donde $u(t)$ es la función pulso rectangular que define las ventanas de transmisión y recepción, $m(t)$ representa la amplitud (forma y tipo modulación), ω_c y φ son la frecuencia y fase de la señal, la exponencial representa un seno o coseno complejo.

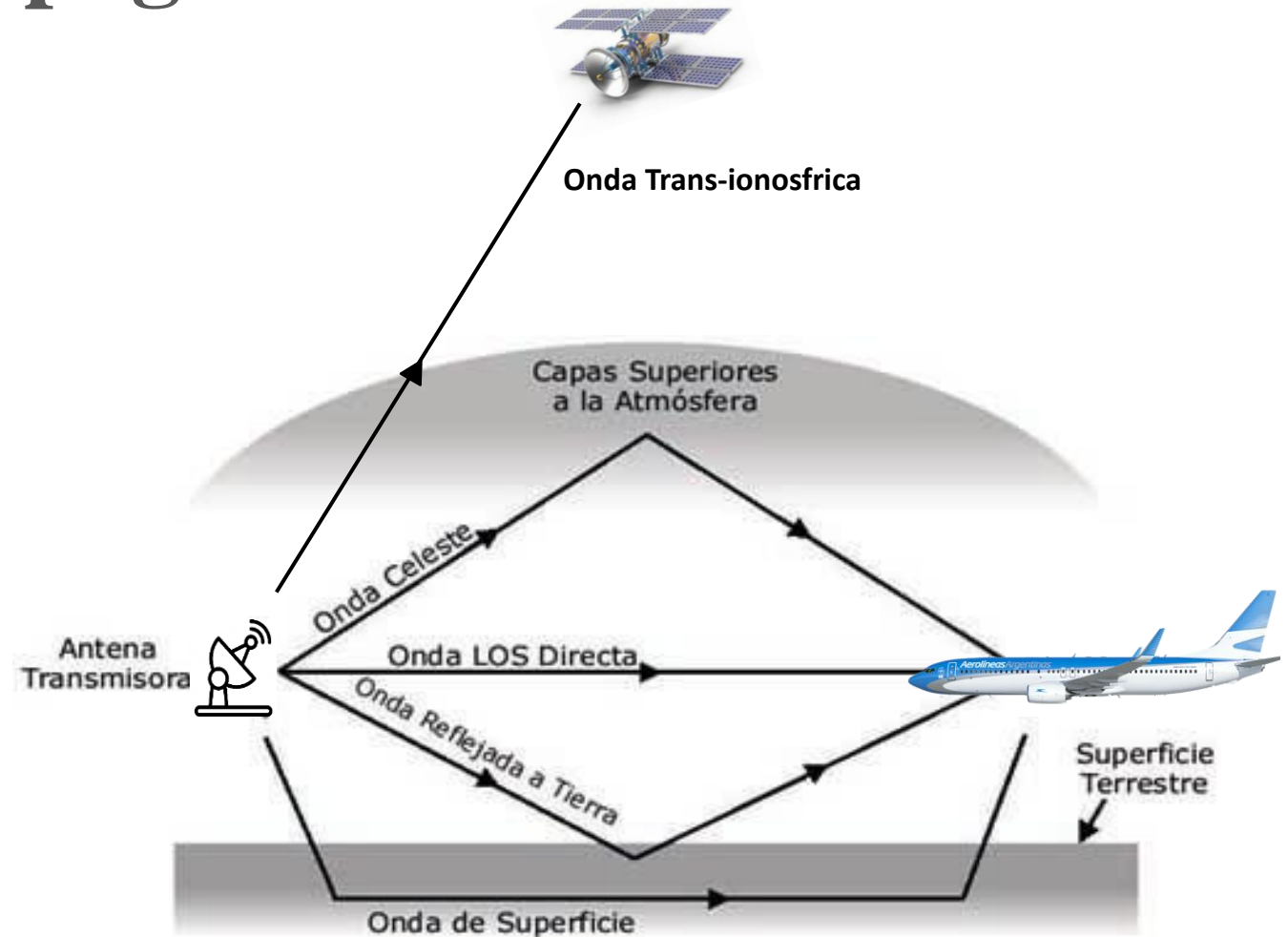
Propagación

Tipos de propagación:

- Trans- Ionosferica
- Sub Ionosferica

Línea de vista
Por superficie
Por onda celeste

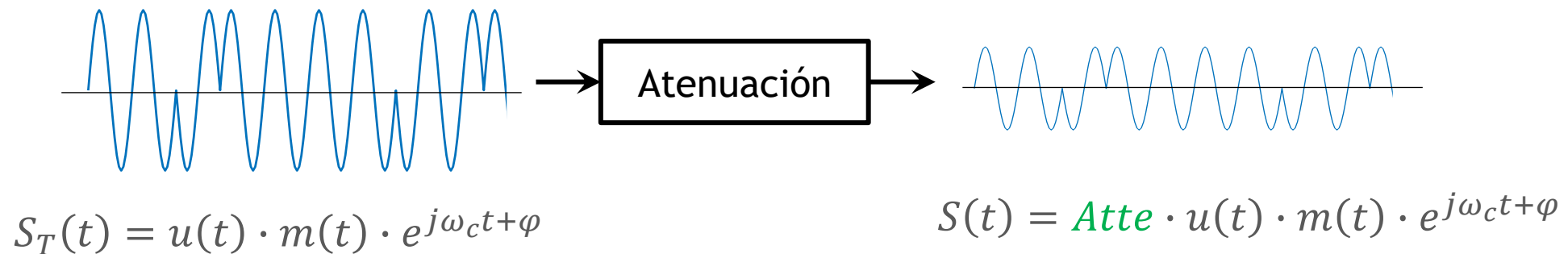
Una de las técnicas mas utilizadas para determinar el camino de propagación seguido por una O:E en un medio, es el **Trazado de Rayos (Ray Tracing)**



Atenuación

Se manifiesta como la disminución de la intensidad de una onda, como consecuencia de diversos fenómenos. El nivel de atenuación (o pérdida) total presente durante la propagación, tiene gran impacto sobre el rendimiento del radar. A continuación, se listan las atenuaciones presentes durante la propagación de la onda electromagnética.

- Atenuación geométrica L_g
- Atenuación con desviación L_d y sin desviación L_{n_d}
- Atenuación del sistema L_s
- Atenuación por despolarización L_p



$$\text{Atte} < 1$$



Atenuación

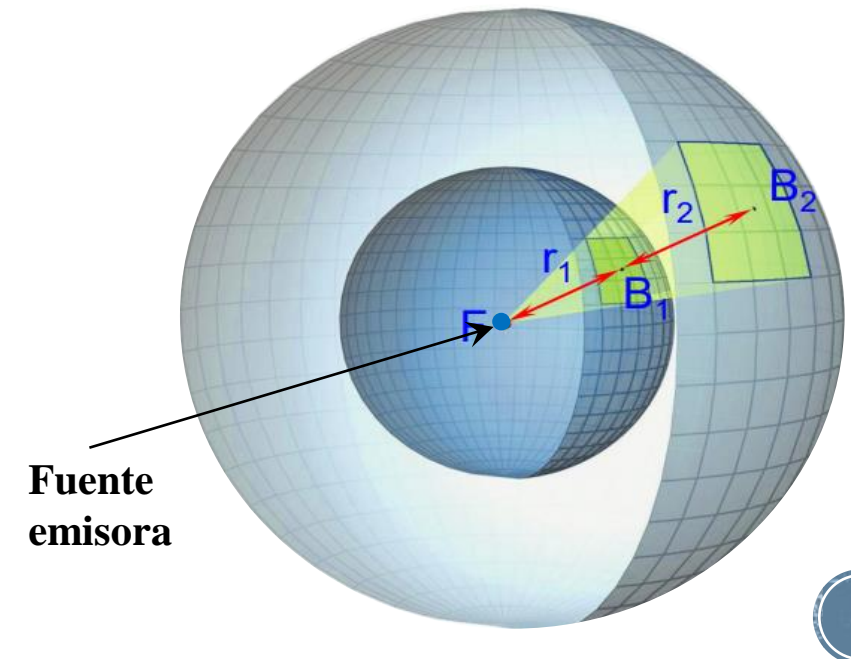
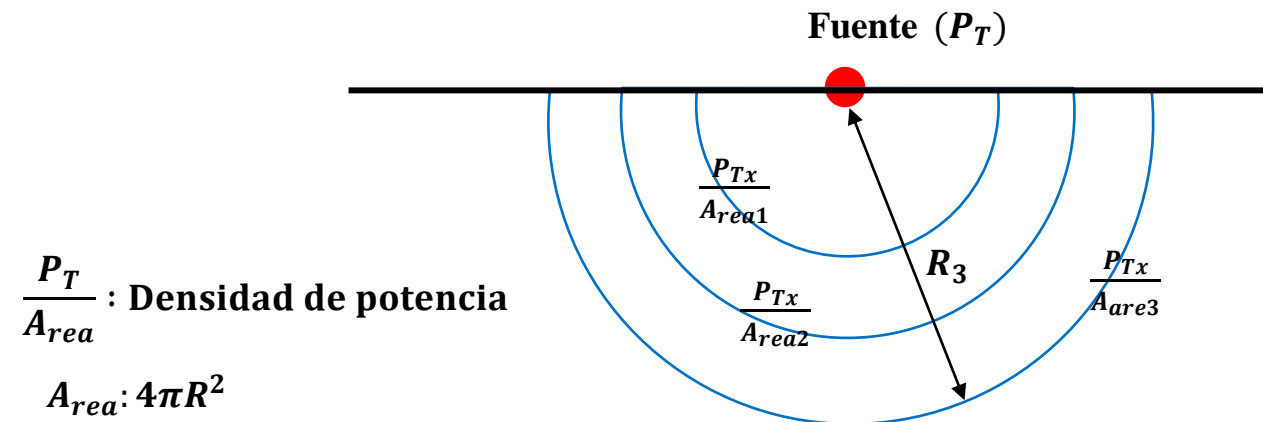
Atenuación geométrica L_g

Es la disminución de la intensidad de una onda al distribuir su energía en frentes de ondas cada vez más amplios. Esta atenuación se debe exclusivamente a una cuestión geométrica. Aún en el vacío, una onda de radio pierde energía (de acuerdo con los principios de Huygens), por radiación en distintas direcciones. La intensidad de una onda radiada desde una pequeña fuente, disminuye con el cuadrado de la distancia y la frecuencia de la onda.

$$L_g = 32,45 + 20 \log(R) + 20 \log(f)$$

R : es la distancia entre las posiciones del blanco y el radar [km].

f : es la frecuencia de trabajo. [MHz]

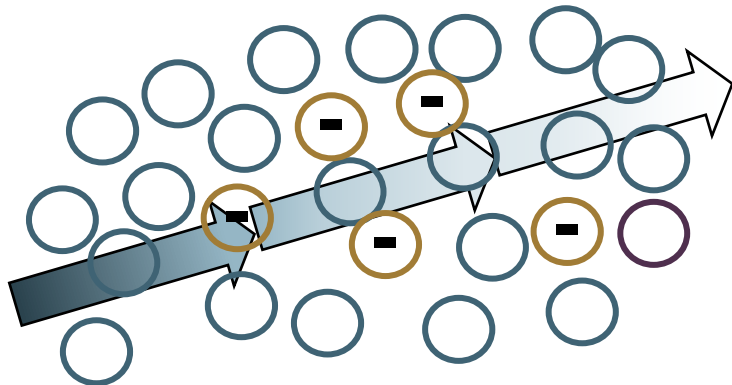


Atenuación

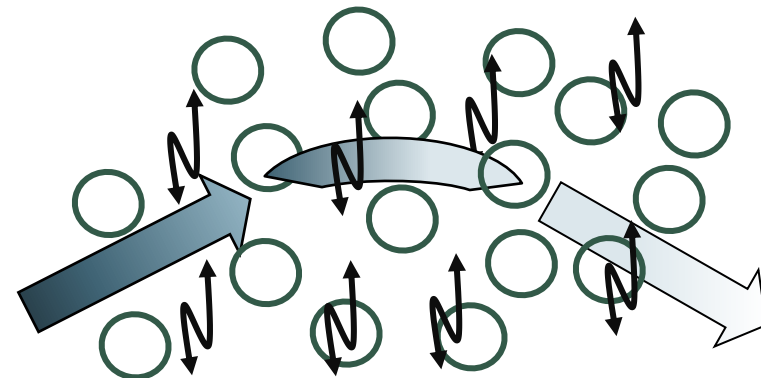
Atenuación con desviación L_d y sin desviación L_{n_d}

Ocurre a causa de interacciones entre la onda electromagnética y el medio de propagación, estas pueden ser choques o la interacción entre los campos eléctricos de ambos.

Sin Desviación: Las colisiones con los electrones y otras partículas causan que la amplitud de la señal disminuya debido a una pérdida de energía, en su viaje a través del medio.



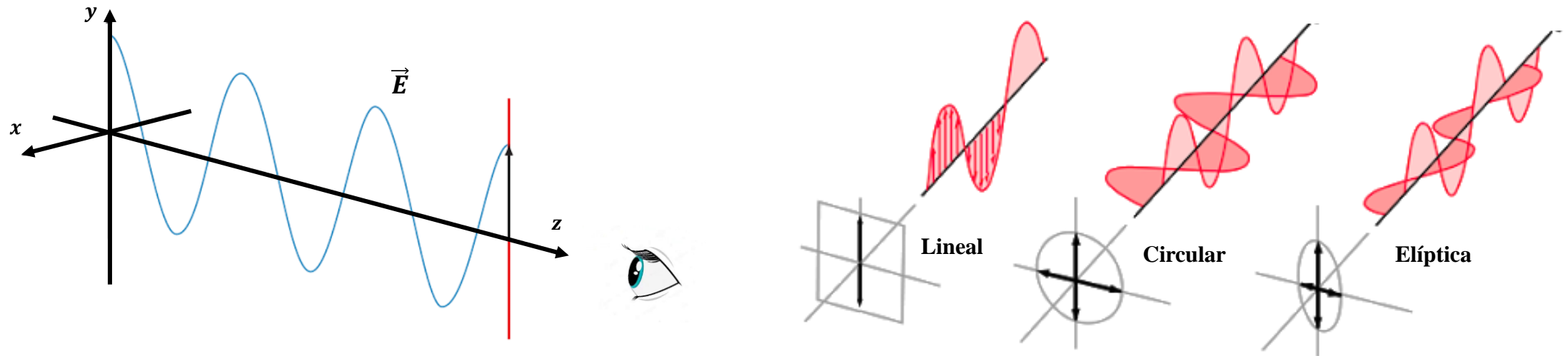
Con Desviación: Los electrones del medio son alterados en presencia del campo eléctrico de la onda y estos responden a esta variación re-irradiando su energía hacia la onda y también hacia el medio, con la finalidad de volver al equilibrio previo.



Atenuación por desadaptación de polarización L_p

Polarización de una O. Electromagnética

Se encuentra definida por la figura geométrica descrita por la dirección de oscilación del extremo del campo eléctrico \vec{E} de la onda.



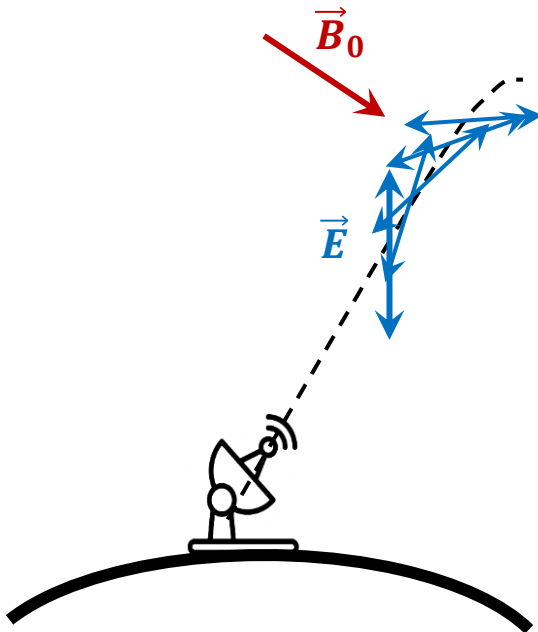
Las **Antenas** determinan la polarización de las ondas transmitidas.

Atenuación

Atenuación por desadaptación de polarización L_p

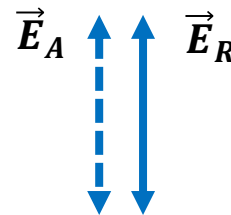
Se produce cuando ocurre una diferencia entre la polarización de la onda recibida y la polarización de la antena de recepción.

La principal causa del cambio de polarización de la onda es la presencia de un campo magnético externo.

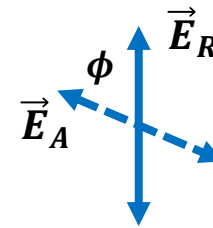


\vec{E}_R : Campo eléctrico Onda Recibida

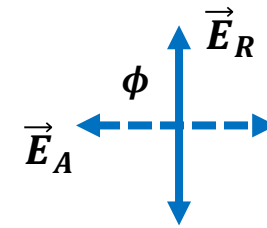
\vec{E}_A : Campo eléctrico esperado



Alineado



Desalineado



Ortogonal

Atenuación del sistema L_S

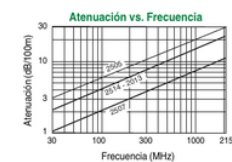
Este tipo de atenuación pueden deberse a diversos factores, los cuales en su mayoría se encuentran relacionados con el hardware del sistema, siendo los principales, la desadaptación de impedancias, perdida en conectores y la perdida en cables debido de su longitud.



► CABLES COAXIALES Y CONECTORES

Cables Coaxiales

(cont.)



Cables de Línea y Distribución CATV

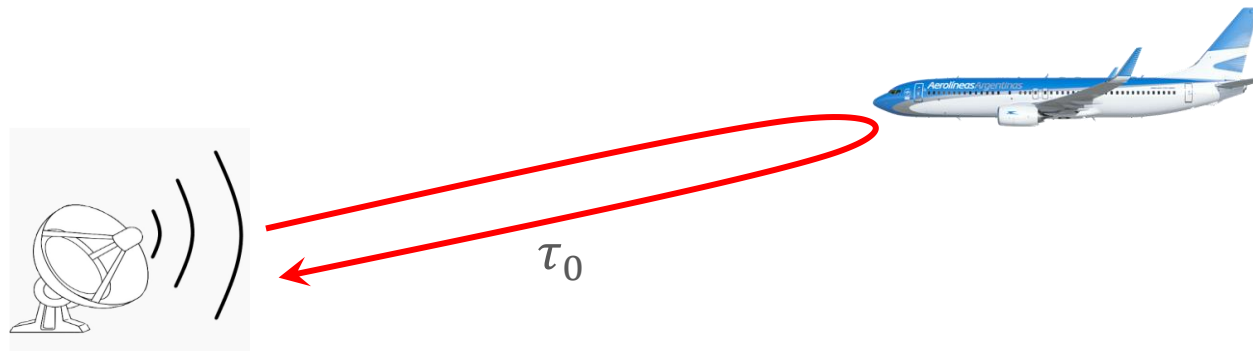
Modelo		CCT-171	CCT-125	CCTB125	CCT-650
Referencia		2505	2514	2013	2507
Conductor interno - Diámetro	mm	Cu 1,10	Cu 1,65		Alum. cobreado 3,15
Dielectrico - Diámetro	mm	PE celular 5	PE celular 7,1		PE celular 13
Conductor externo - Diámetro	mm	Al (lám.) + Al (trenza) 6,3	Al (lámina) + Cu/Sn (trenza) 7,8		Al (tubo) 13,7
Cubierta exterior (color negro) - Diámetro	mm	PE 7	PE 10,2		PE 15,4
Impedancia característica	Ω	75 \pm 3	75 \pm 3		75 \pm 2
Atenuación máxima a 20° C ^(*)					
f = 100 MHz		6,0	4,6		2,1
200		8,2	6,2		3,0
500		13,4	10,1		4,9
600		14,4	11,0		5,4
750		16,6	12,3		6,1
862		18,0	13,1		6,5
950		19,5	15,2		7,5
1750		27,0	20,5		10,2
2150		29,8	23,0		11,5
Resistencia DC de:					
- conductor interno	$\Omega/100m$	1,72	0,9		0,33
- conductor externo		1,14	1,2		0,19
Velocidad relativa de propagación	%	77	77		88
Capacidad nominal	pF/m	55	55		50
Temperatura de utilización	°C	-20 ... +50	-20 ... +50		-20 ... +50
Radio mínimo de curvatura	cm	7	8	8	13
Resistencia a la tracción	daN	40	60	60	100
Peso	kg/100m	4,2	8,6	8,6	20
Unidad de suministro		(6x) bobina 100m	(1x) bobina 500m	(1x) bobina 200m	

^(*) Coeficiente de atenuación: $2 \cdot 10^{-3} / ^\circ C$

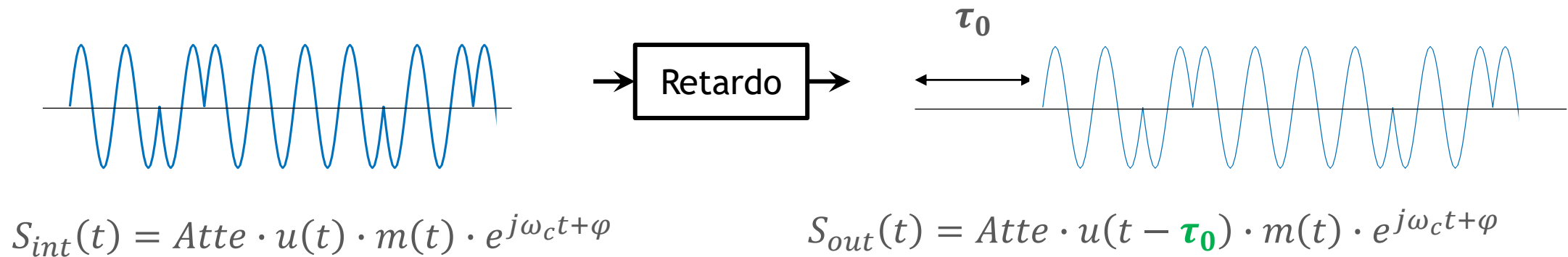


Señal útil

El eco es la señal de interés o útil, recibida por el radar en su etapa de recepción, para su posterior detección de objetivos. La misma tiene origen luego de producirse la dispersión en el objetivo de interés, al ser alcanzado por una onda electromagnética.



La señal de Eco, es quien tendrá la información del **Retardo** entre el camino de ida y de vuelta.



Señal útil: Sección Eficaz del Radar

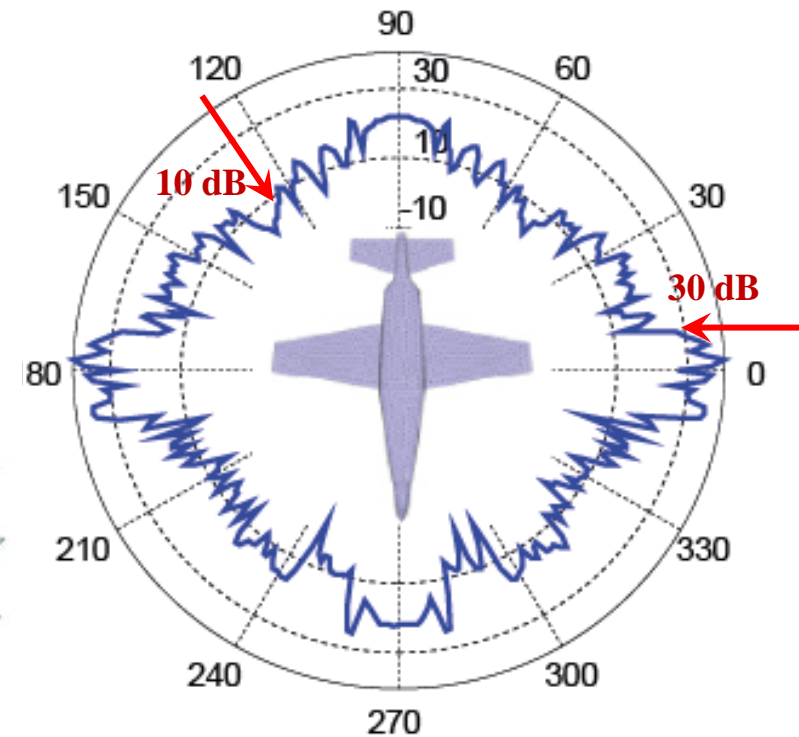
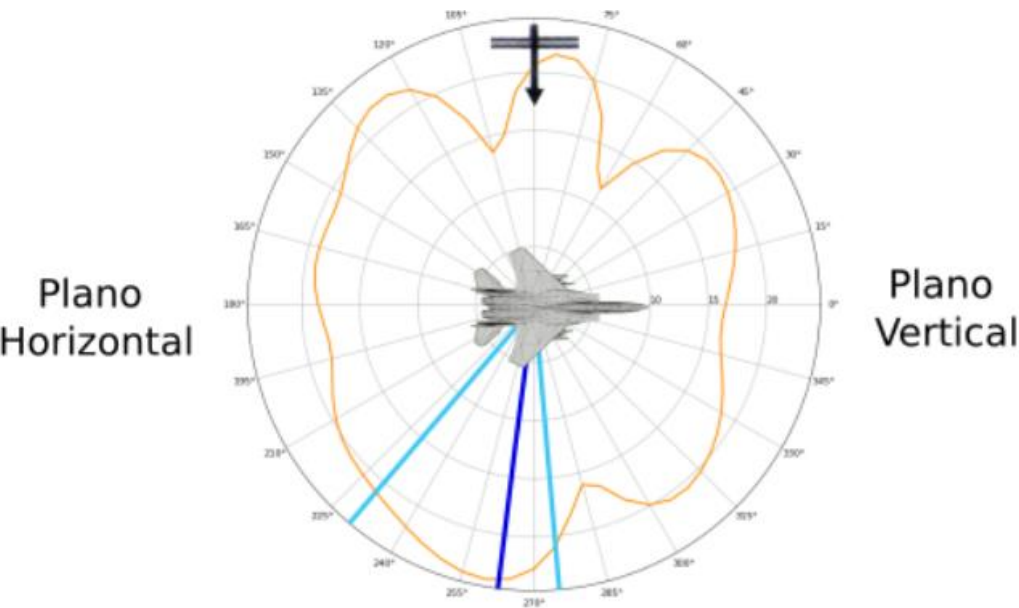
Sección Transversal de Radar (RCS).

Representa el área efectiva con la cual, el blanco puede reemitir las O. electromagnéticas.

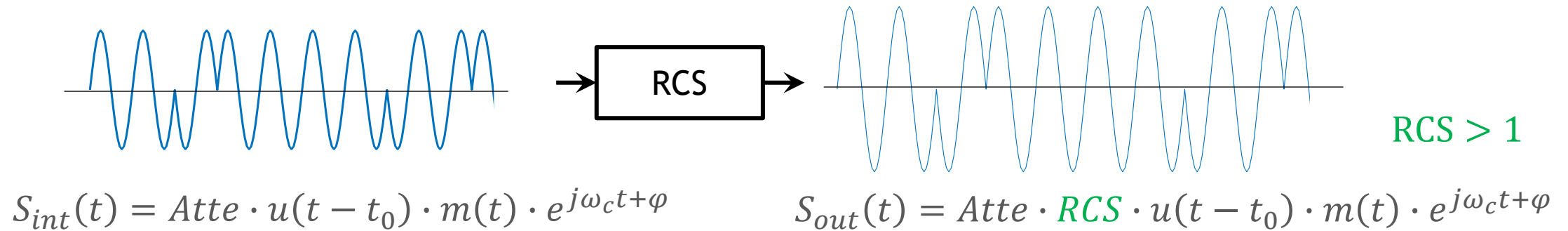
$$RCS = \sigma_0 \cdot A$$

- σ_0 : Coeficiente de reflexión (adimensional), es capacidad del blanco de poder re emitir las O.E.
- A: Área del objeto [m²]

La RCS de un objetivo es la representación grafica de la RCS, representa las características de **reflexión** del objeto, en función de la dirección (coordenadas en azimut y elevación)



Señal útil: Sección Eficaz del Radar

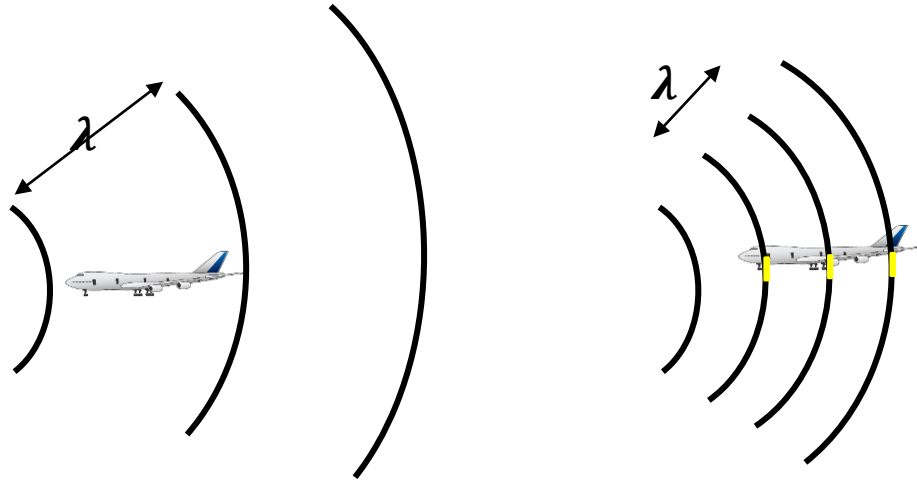


Factores que modifican la RCS.

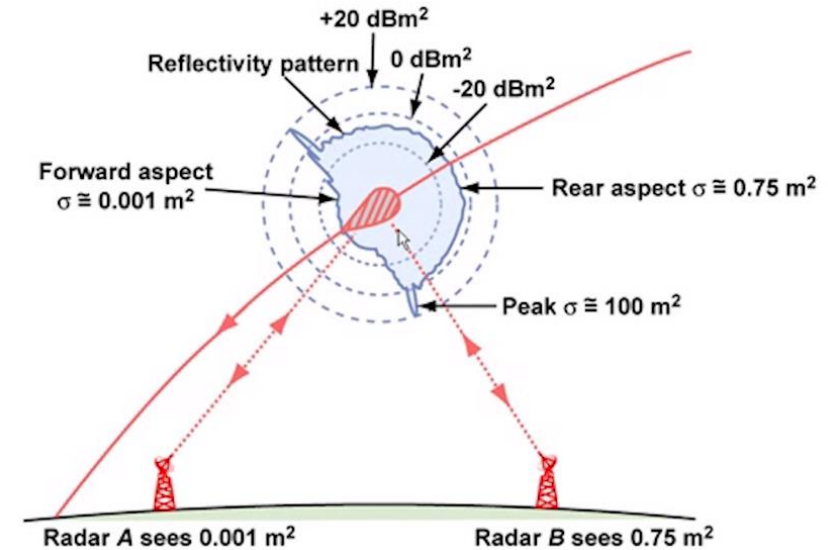
- El material del cual está fabricado, geometría.
- Las relativas posiciones del transmisor y receptor con respecto al objetivo.
- Angulo de incidencia de la onda sobre el objetivo.
- El tamaño relativo del objetivo con respecto a la longitud de onda de la señal Tx.
- Polarización de la onda.

Sección Eficaz del Radar

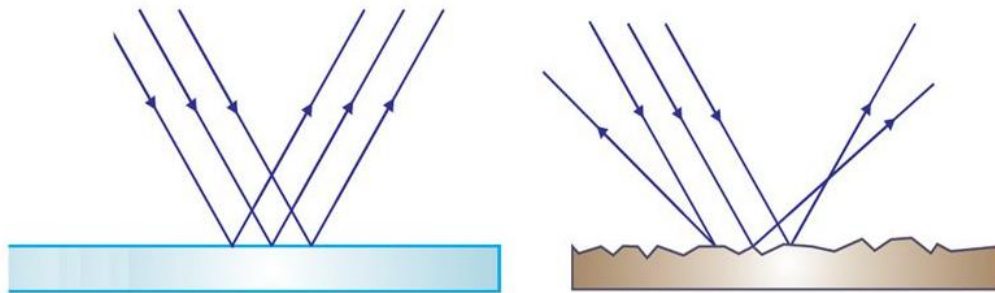
Relacion en λ y tamaño físico del objetivo



Dirección de arribo de Onda



Estado de la superficie



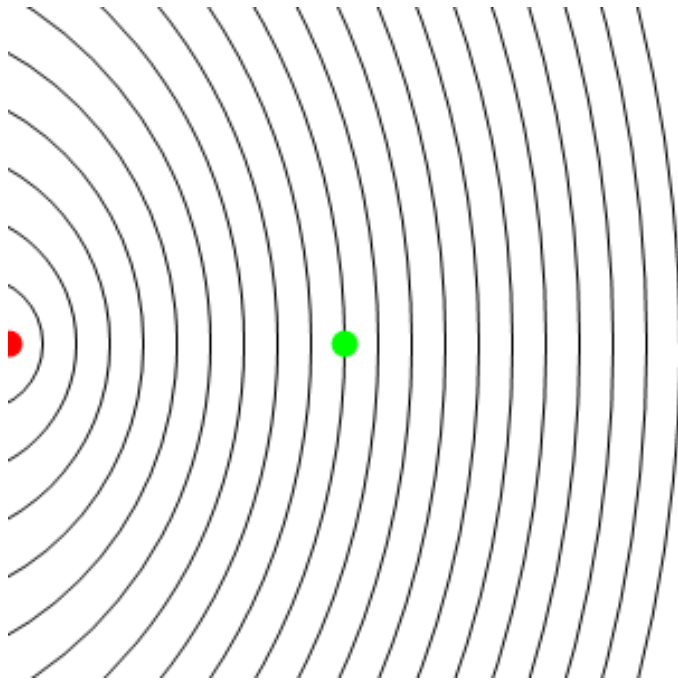
Avión Furtivo



Señal útil: Velocidad Radial

Efecto Doppler

Permite determinar el cambio en la frecuencia percibida por un observador, como consecuencia del movimiento relativo entre el observador y la fuente de emisión de la onda.



$$f_R = f_T \frac{1 + \frac{v}{c}}{1 - \frac{v}{c}}$$

f_R : frecuencia recibida

f_T : frecuencia transmitida

v : velocidad radial del objetivo

c : velocidad de la luz

Frecuencia Doppler:

$$f_D = f_R - f_T$$

$$f_D = \frac{2vf_T}{c - v} \cong \frac{2vf_T}{c}$$

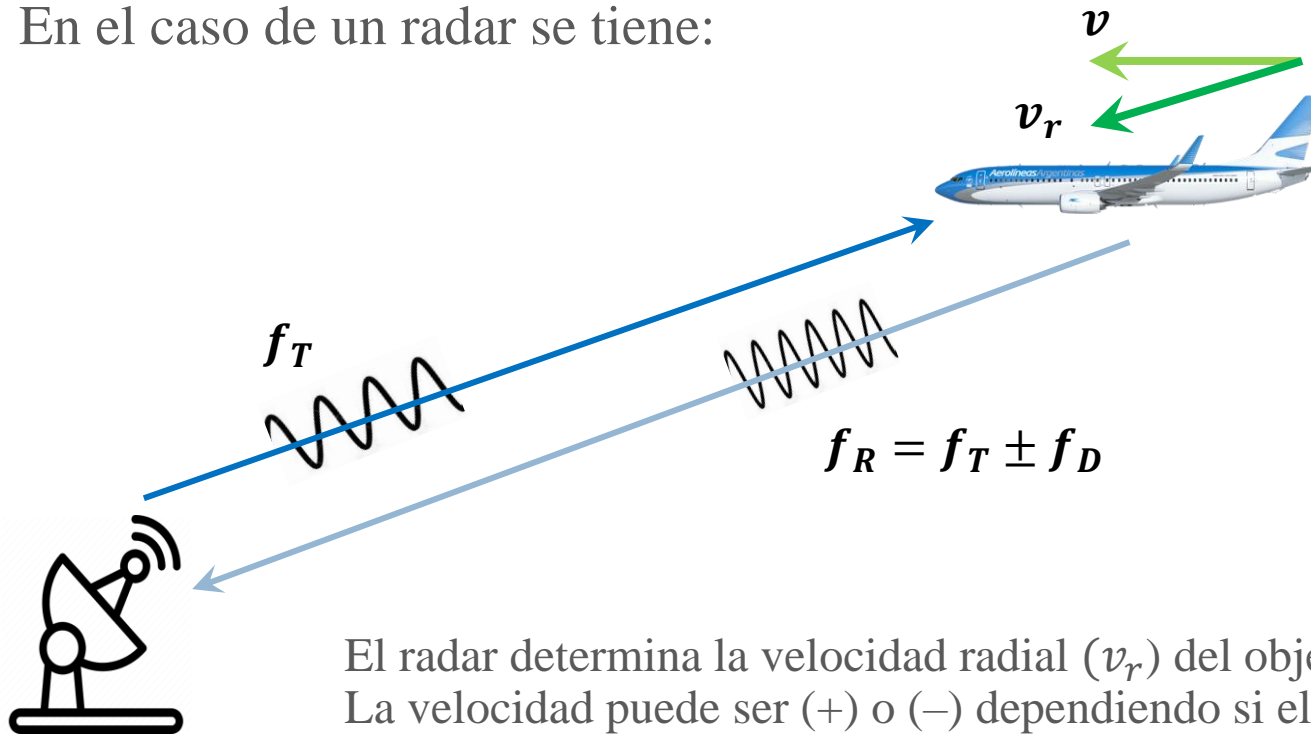


$$v = \frac{c f_D}{2 f_T}$$



Señal útil: Velocidad Radial

En el caso de un radar se tiene:

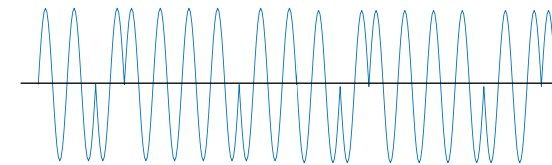
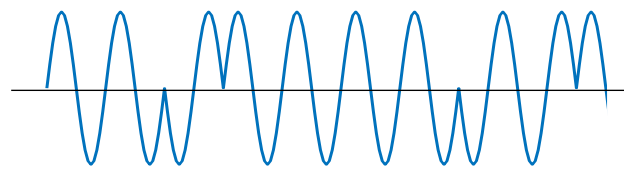


Para determinar la velocidad radial que posee el objetivo en el cual se produce la reflexión, el radar debe determinar la f_D .

$$f_D = f_T - f_R$$

f_R : Frecuencia Recibida
 f_T : Frecuencia Transmitida
 f_D : Frecuencia Doppler

El radar determina la velocidad radial (v_r) del objetivo.
 La velocidad puede ser (+) o (−) dependiendo si el objetivo se acerca o se aleja del radar.



$$S_{int}(t) = Atte \cdot RCS \cdot u(t_0) \cdot m(t) \cdot e^{j\omega_c t + \varphi}$$

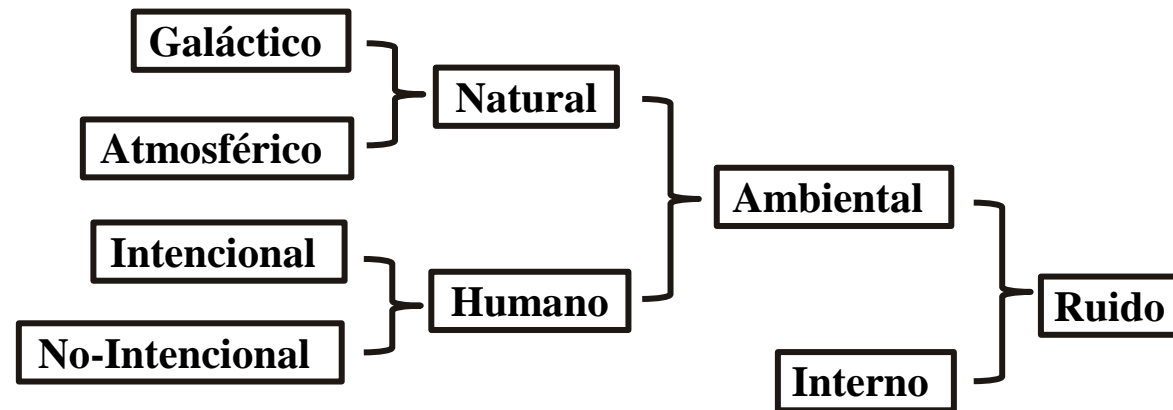
$$S_{out}(t) = Atte \cdot RCS \cdot u(t) \cdot m(t_0) \cdot e^{j\omega_c t \pm j\omega_D t + \varphi}$$



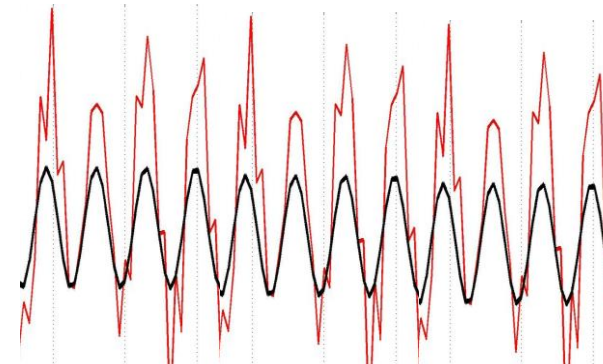
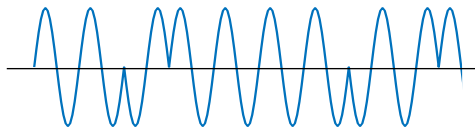
Señal no deseada: Ruido

Es energía electromagnética con parámetros aleatorios. El ruido establece el piso inferior, de la intensidad necesaria del eco, para ser detectado por un radar.

Es el resultado de diversos tipos de perturbaciones que tiende a **enmascarar** la información cuando se presenta en la banda de frecuencias del espectro de la señal.



$$S_{int}(t) = A_{te} \cdot RCS \cdot u(t - t_0) \cdot m(t) \cdot e^{j\omega_c t \pm \omega_D t + \varphi}$$

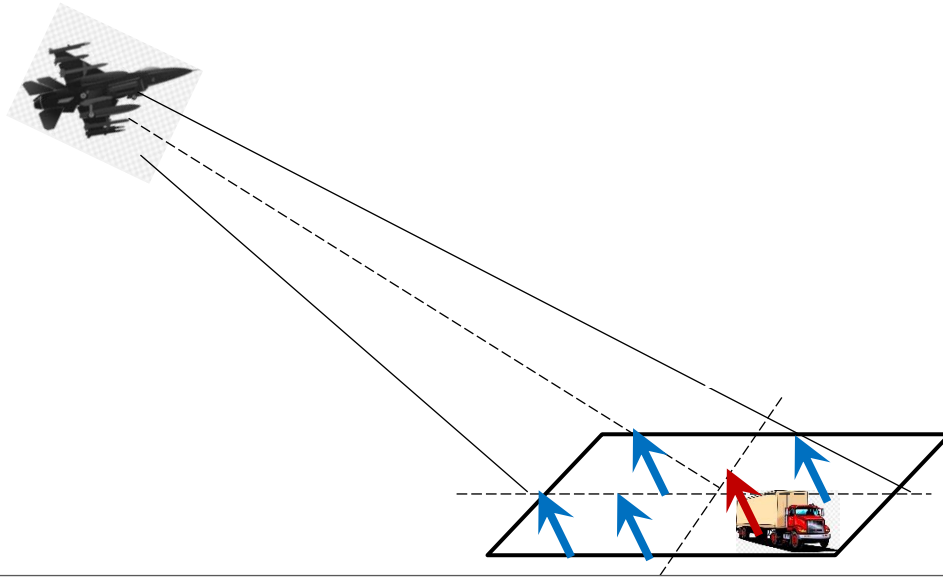


$$S_{out}(t) = A_{te} \cdot RCS \cdot u(t - t_0) \cdot m(t) \cdot e^{j\omega_c t \pm j\omega_D t + \varphi} + \text{Ruido}(t)$$

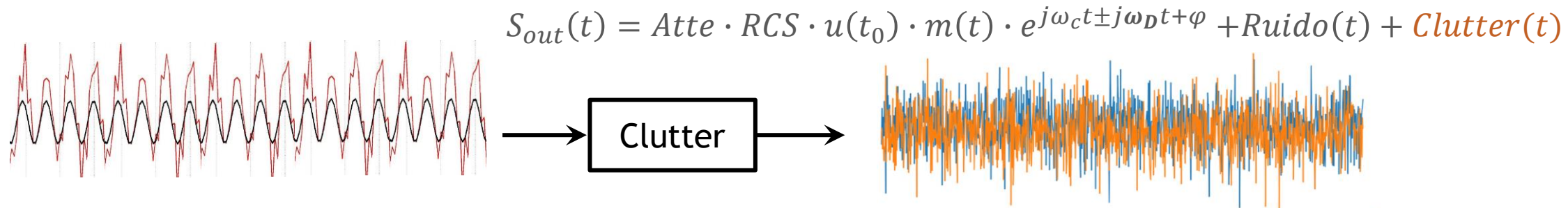
Señal no Deseada: Clutter

Se entiende como clutter a toda señal que es captada por la antena receptora del radar, que no sea la señal de interés (eco proveniente del objetivo).

En muchas situaciones el nivel de clutter es mucho mayor que el nivel de ruido, para poder poder medir esta relación se define la Relación Señal Clutter (SCR) en lugar de la Relación Señal Ruido (SNR).



No es lo mismo Ruido y Clutter.



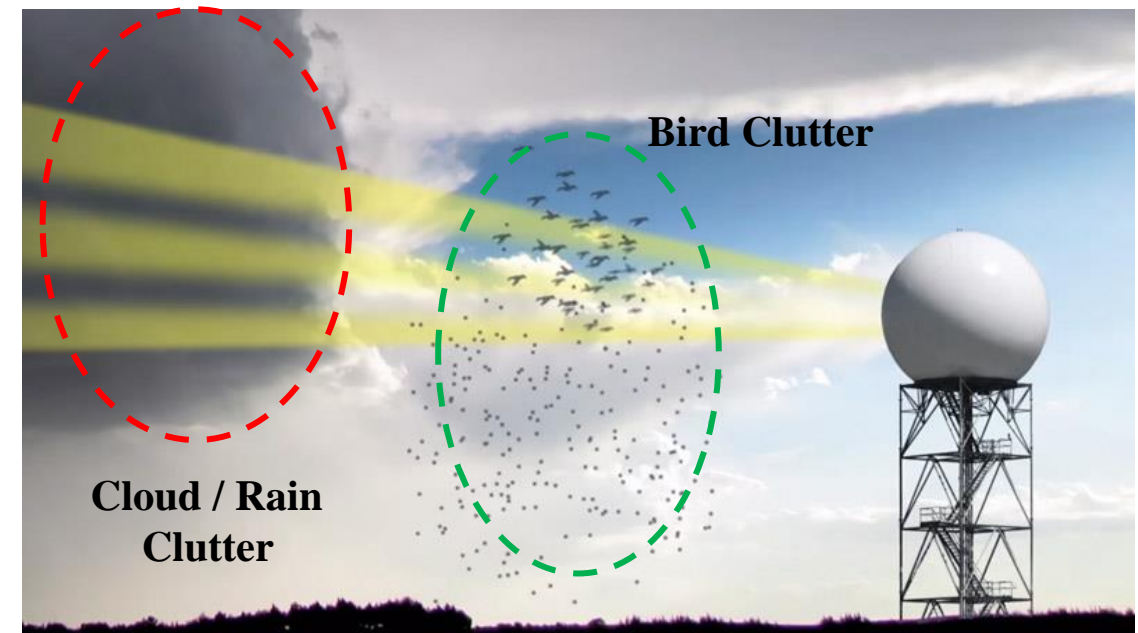
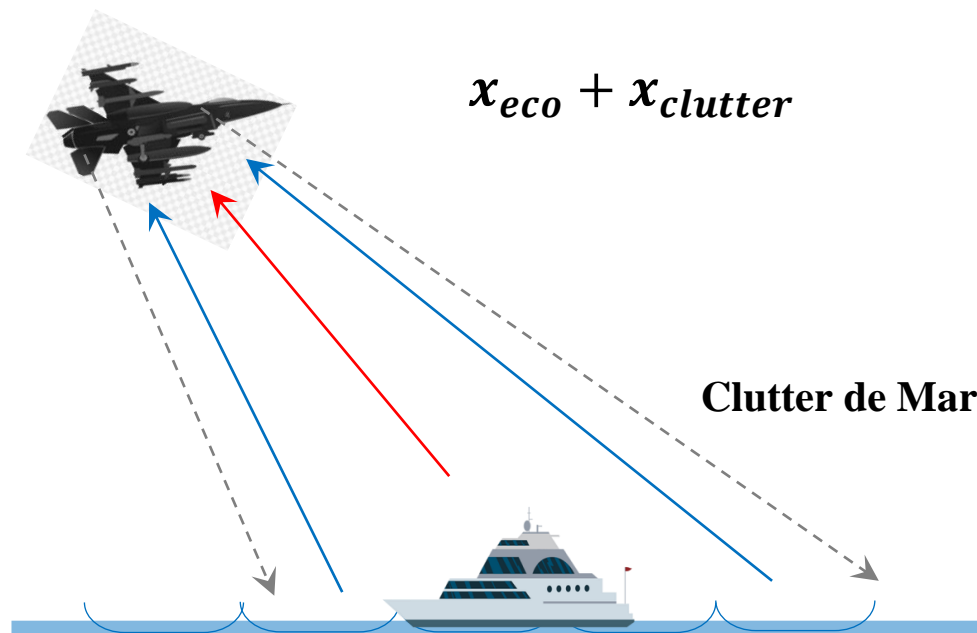
$$S_{int}(t) = Atte \cdot RCS \cdot u(t_0) \cdot mt \cdot e^{j\omega_c + \omega_D + \varphi} + Ruido(t)$$



Señal no Deseada: Clutter

Clasificación de Clutter.

- Superficie: se encuentra conformado por la vegetación, estructuras de origen humano y los clutter de tierra, mar e ionosferico.
- Volumen: es principalmente de gran tamaño, por ejemplo: lluvia, pájaros, insectos, entre otros.

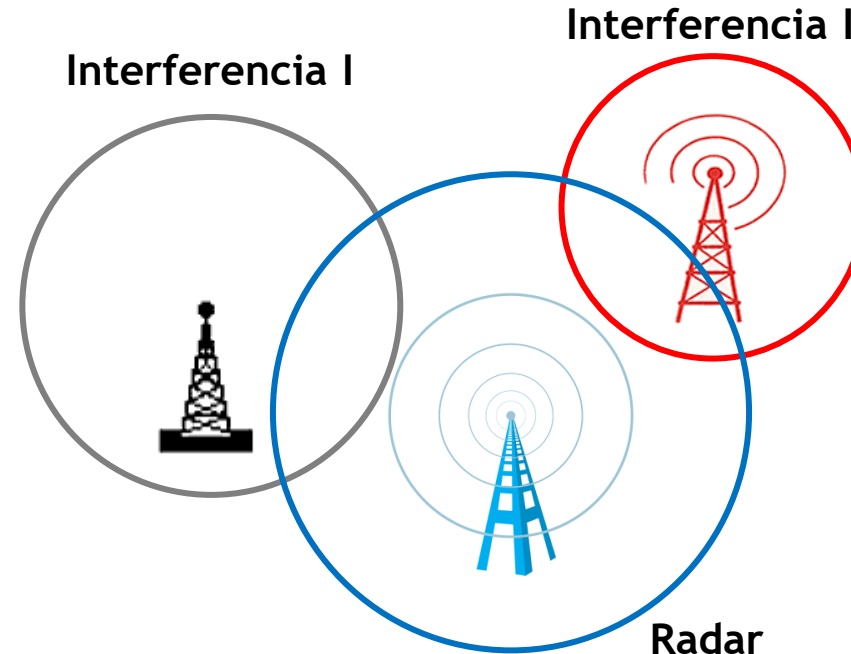


Señal no deseada: Interferencia

Ruido Intencional (Interferencia/Jamming)

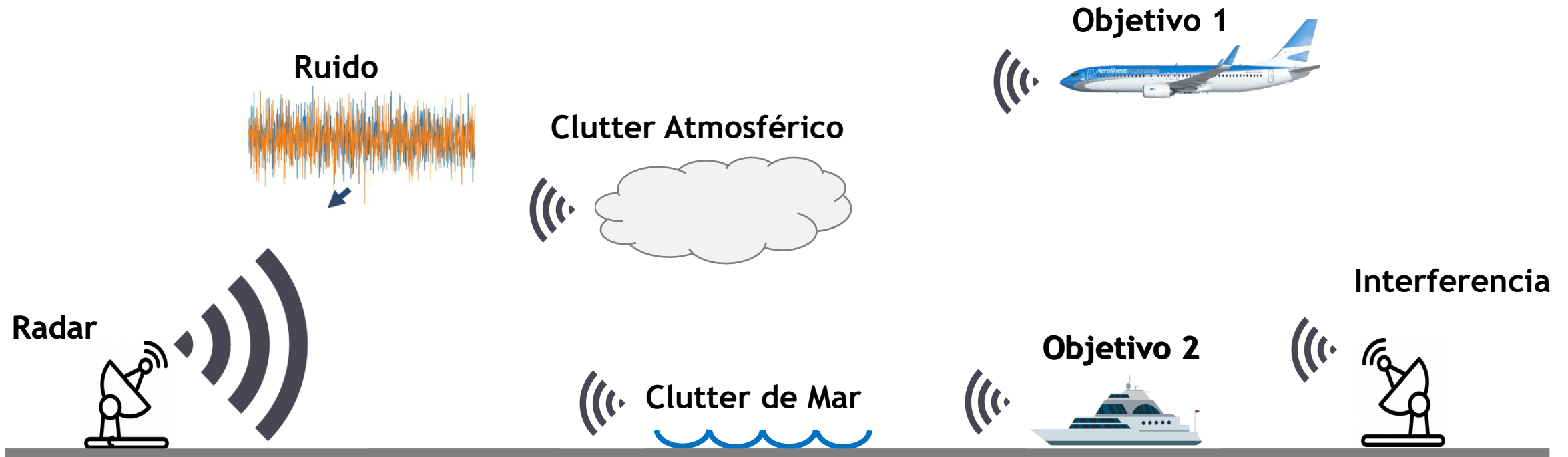
Son señales que contienen información útil, desde usuarios autorizados del espectro. Las aplicaciones más comunes son, las comunicaciones punto a punto, comunicaciones móviles (entre plataformas terrestres, marítimas y aeronáuticas) y también la radiodifusión de onda corta.

Estas interferencias surgen como resultado del diseño inadecuado del receptor o de la antena, variaciones en la frecuencia de la portadora en el transmisor, transmisiones de larga distancia, modulación cruzada entre canales en radioenlaces e interferencia causada por propagación multicamino.



Señal Recibida

Las señales presentes en la búsqueda de un radar.



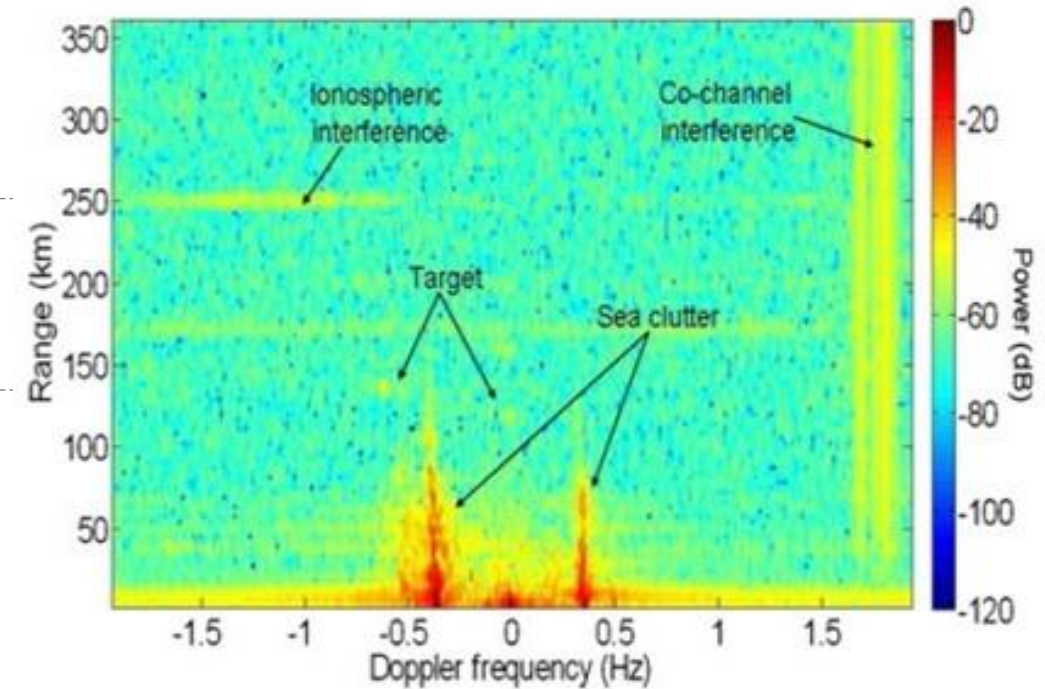
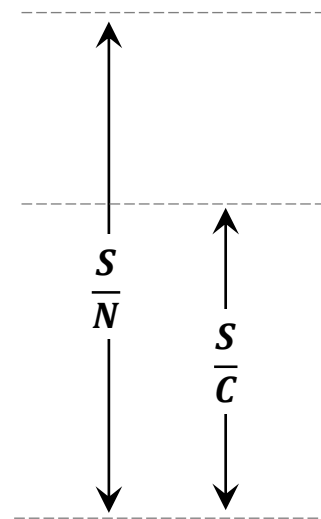
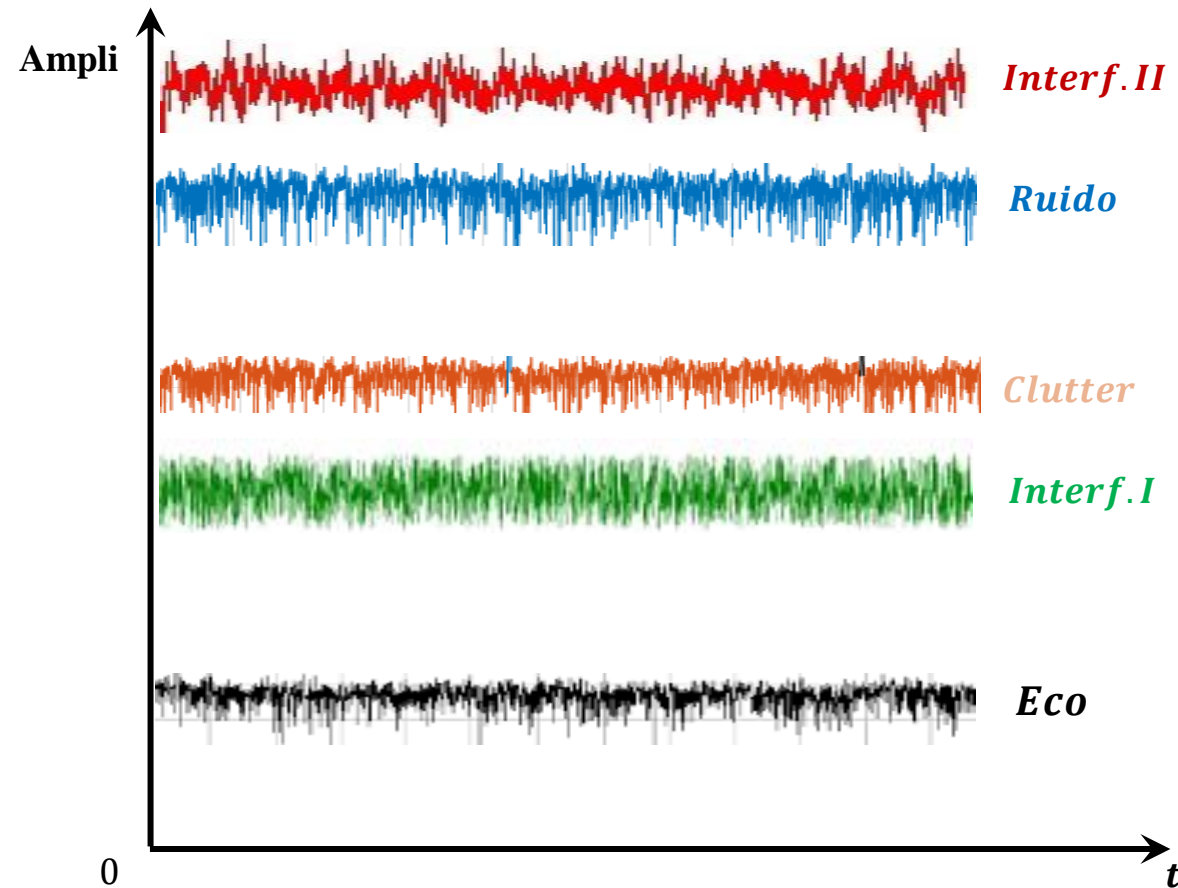
$$Eco(t) = Atte \cdot RCS \cdot u(t) \cdot m(t) \cdot e^{j\omega_c t \pm j\omega_D t + \varphi}$$

$$S_R(t) = Eco(t) + Clutter(t) + Ruido(t) + Interferencia(t)$$



Señal Recibida

$$S_R(t) = E_{co}(t) + Clutter(t) + Ruido(t) + Interferencia(t)$$





Fin de la clase

