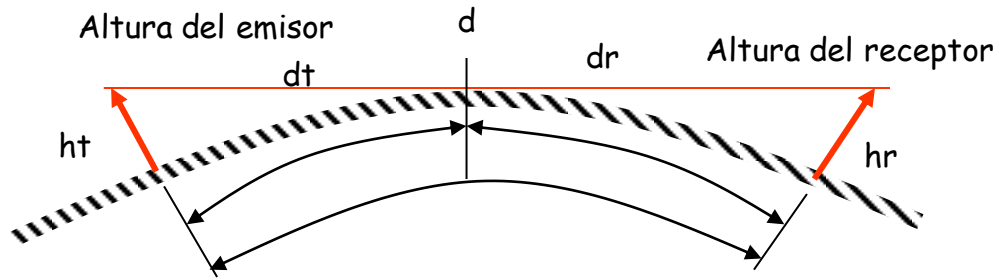


PROPAGACIÓN DE LAS ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS

Propagación de las ondas electromagnéticas



$$d = dt + dr = \sqrt{2 \cdot ht \cdot R} + \sqrt{2 \cdot hr \cdot R}$$

$R =$ radio terrestre (6.400 Km)

$$d = 1.9267 \cdot (\sqrt{ht} + \sqrt{hr})$$

Propagación de las ondas electromagnéticas

Características eléctricas de mar y tierra



Las ondas de superficie siguen la curvatura de la tierra.

Su alcance depende de la naturaleza del suelo, de la frecuencia y de la potencia de emisión.

Parte de la energía es absorbida por el suelo (provoca corrientes inducidas).

La absorción es mayor con polarización horizontal (mejor usar polarización vertical).

Dato para el mar:

La conductividad de la superficie es un factor muy importante (a mayor conductividad mayor alcance)

Conductividad de un terreno boscoso = $8 \cdot 10^{-3}$ S/m

Conductividad de un suelo urbano = $1 \cdot 10^{-3}$ S/m

Conductividad del agua salada = 5 S/m

S = Siemens = Ω^{-1}

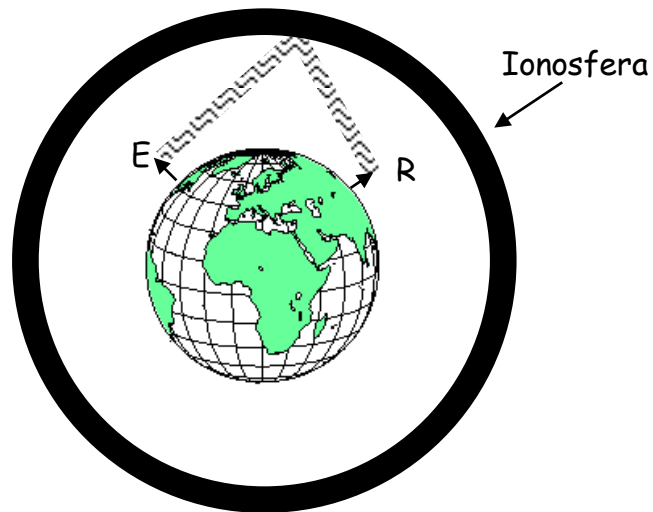
Propagación de las ondas electromagnéticas

Características eléctricas en el espacio

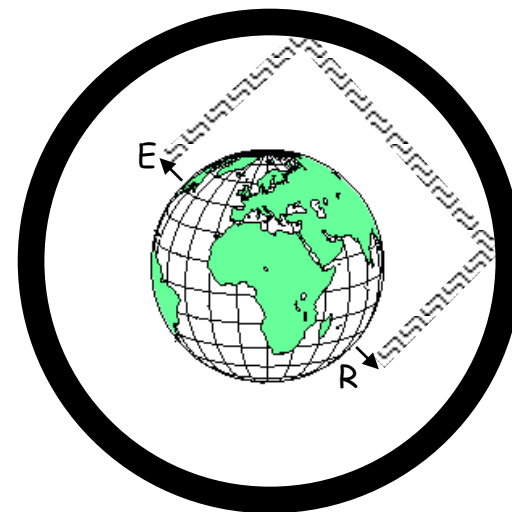
En principio el aire es un medio transparente a las oem

Determinados fenómenos pueden producir la ionización del aire y hacer que se comporte como un medio opaco a las oem

IONOSFERA: Capa ionizada de la atmósfera, capaz de reflejar oem (se encuentra a 60 - 400 Km) de altitud



Reflexión simple



Reflexión doble

Propagación de las ondas electromagnéticas

Capas de la ionosfera

Capa D (69-90 Km) Su ionización varía en función del ángulo cenital del sol. Solo existe durante el día. Refleja frecuencias bajas. Atenúa las frecuencias medias y altas

Capa E (90-130 Km) Es muy regular en su comportamiento y formación. Permite la propagación de ondas HF a distancias de hasta 1600 Km durante el día y superiores durante la noche.

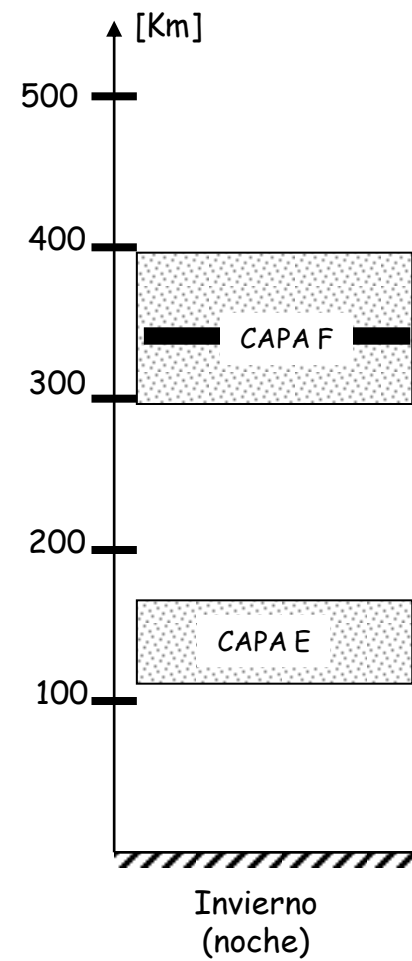
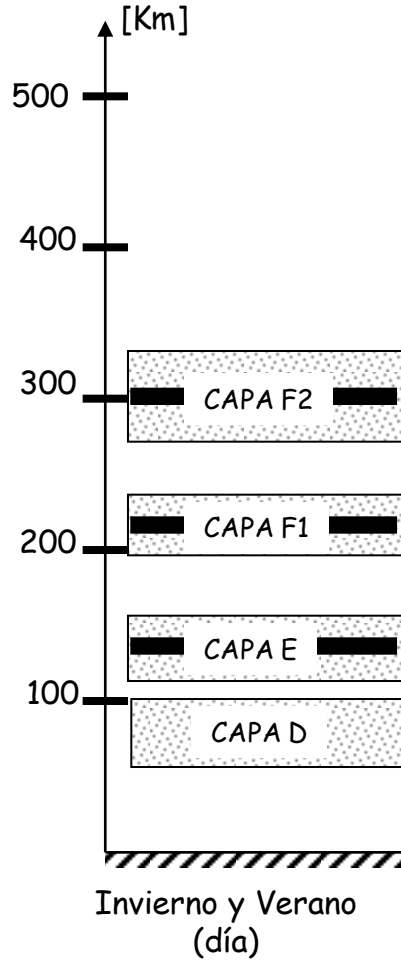
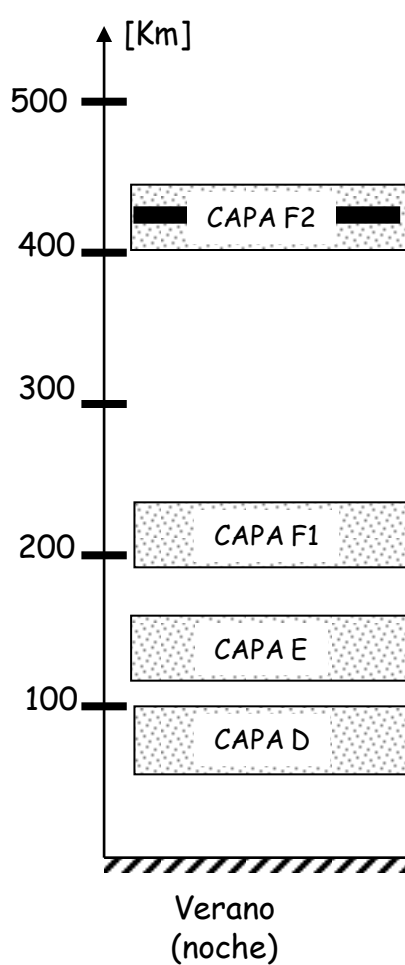
Capa F (150 - 450 Km) Se subdivide en dos.

Capa F1 (150 - 250 Km) existe principalmente durante el día. A veces puede reflejar ondas HF. Lo más habitual es que las ondas que penetran en la capa E, atraviesen también la F1 (atenuación por absorción) y se reflejen en la F2.

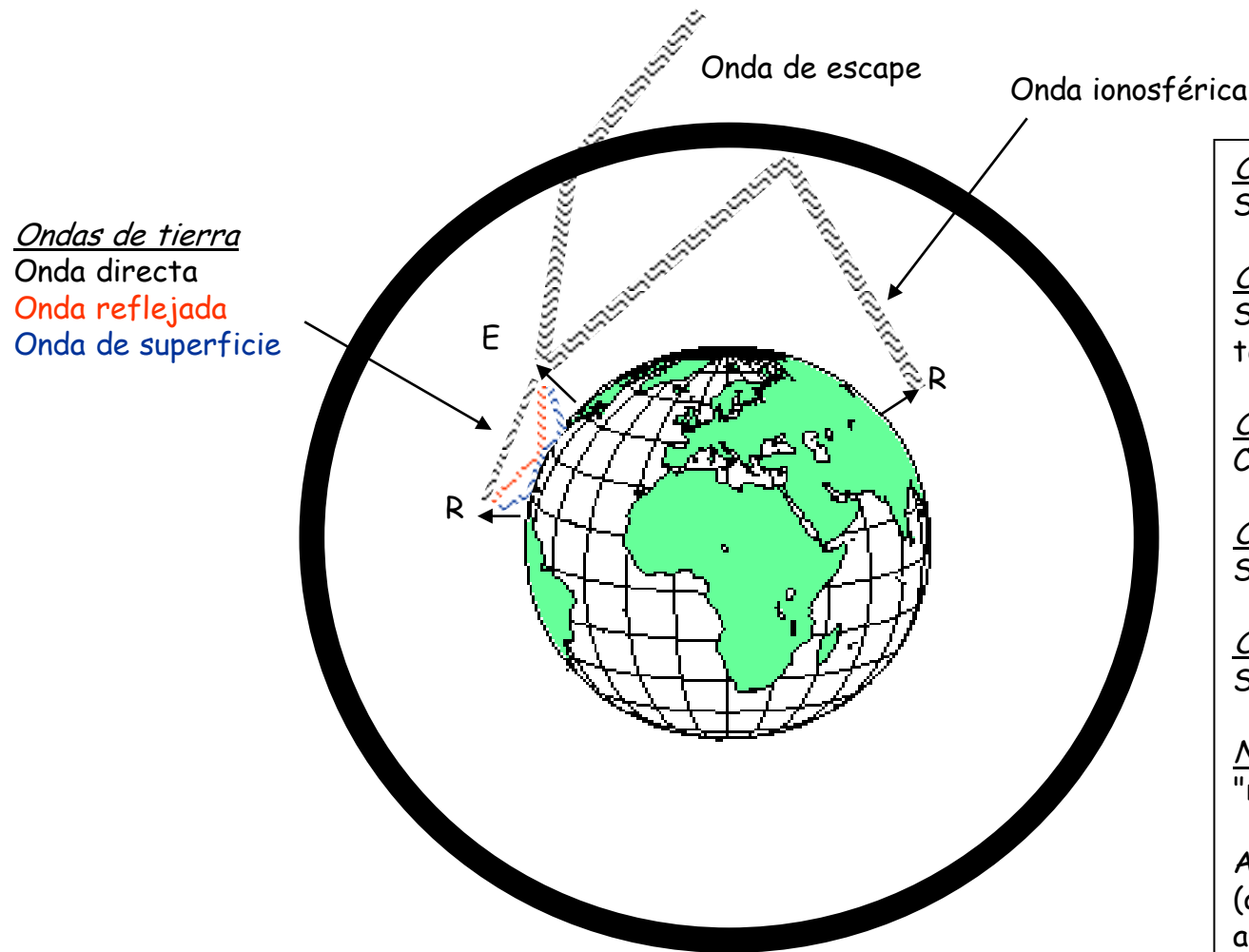
Capa F2 (300 - 450 Km) Es la principal capa reflectora para comunicaciones HF de larga distancia. Conserva su ionización durante la noche. Durante la noche las capas F1 y F2 se funden en una sola capa a unos 300 - 400 Km de altura.

Propagación de las ondas electromagnéticas

Capas de la ionosfera



Trayectorias de las ondas electromagnéticas



Onda de superficie

Se propaga paralelamente al suelo

Onda reflejada

Se refleja en la superficie terrestre

Onda directa

Camino directo

Onda ionosférica

Se refleja en la ionosfera

Onda de escape

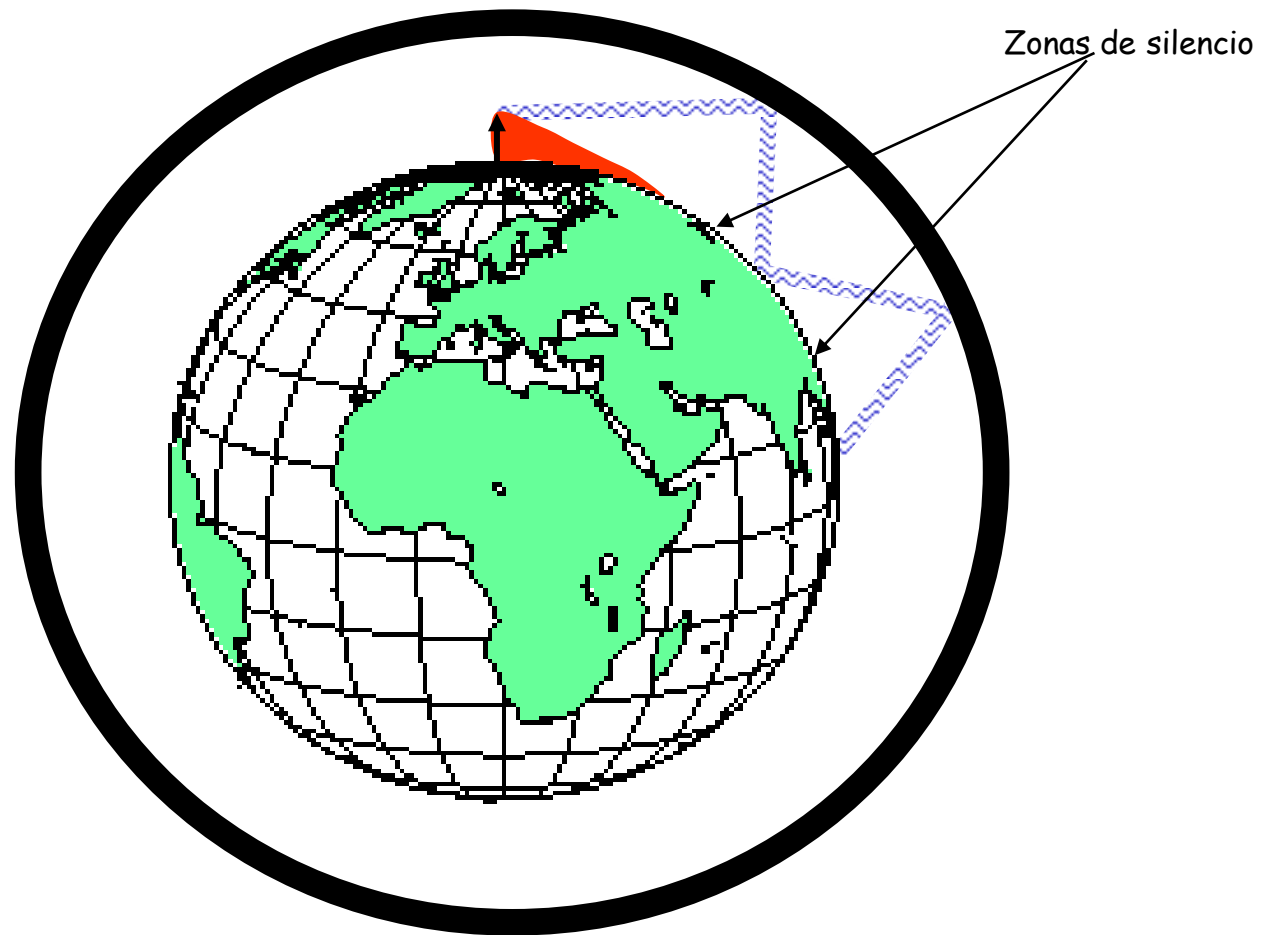
Se pierde en el espacio.

Nota. Alguna veces se usa el "rebote lunar".

A partir de una frecuencia crítica (aprox. 30 MHz) la onda es capaz de atravesar la ionosfera. Depende del ángulo de incidencia (ángulo crítico para cada frecuencia).

Trayectorias de las ondas electromagnéticas

En las zonas de silencio no llegan ni las ondas de superficie ni las ionosféricas.



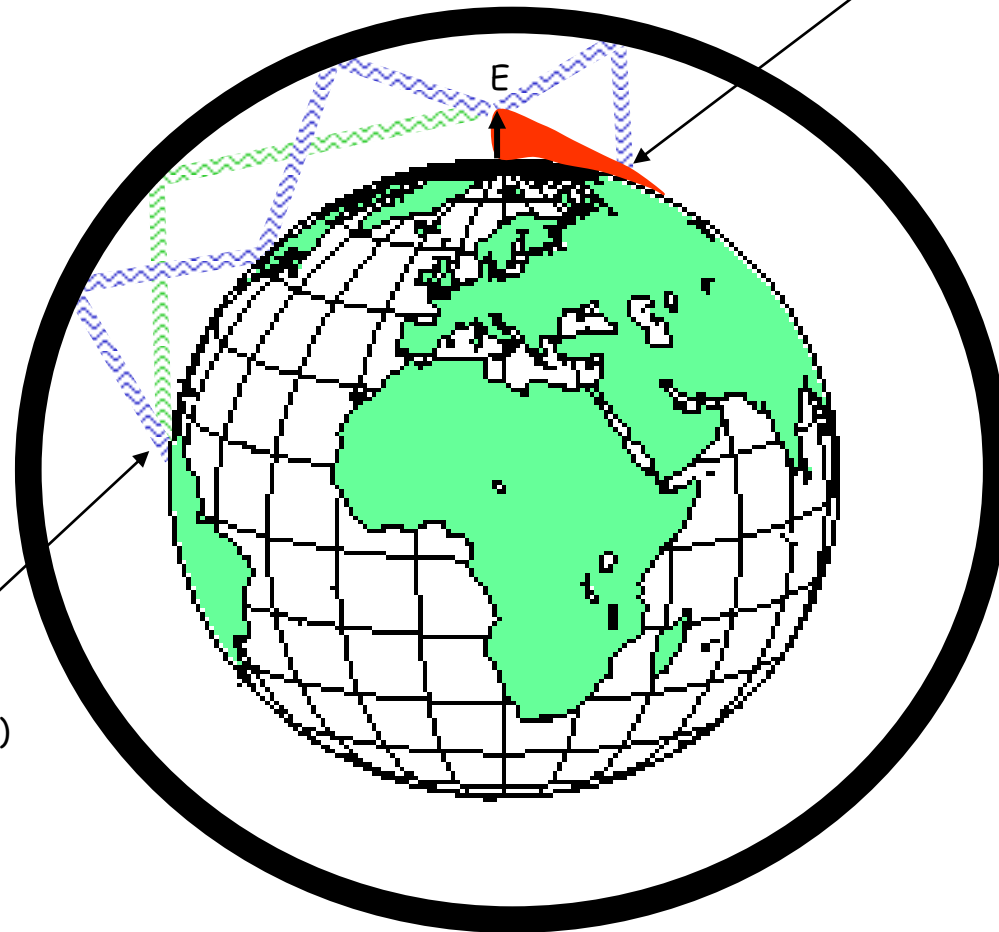
Trayectorias de las ondas electromagnéticas

Desvanecimiento o "Fading":

Debido a que las ondas pueden seguir distintos caminos y pueden llegar desfasadas (p.e. una positiva y otra negativa) la señal puede desaparecer en determinados puntos de teórica cobertura.

Puede producirse entre dos ondas reflejadas o entre una onda de superficie y otra reflejada.

Desvanecimiento o "Fading"
(entre una onda de superficie y otra reflejada)



Desvanecimiento o "Fading"
(entre dos ondas reflejadas)