

Estimacion de parametros Ionosfericos usando tecnicas de Radar

Luis Condori

Radio Observatorio de Jicamarca

(<http://jro.igp.gob.pe>)

Los Fenómenos que suceden en el espacio cercano a la Tierra (Atmosfera) dependen fuertemente de los eventos que ocurren en el Sol

Técnicas de sensoramiento usados en investigación del espacio cercano a la tierra:

In-Situ

- Cohetes
- Satélites

Remoto

- Radar



Investigación espacial desde Tierra usando tecnicas de radar

Es el **Radar de Dispersión Incoherente(Incoherent Scatter Radar-ISR)** mas grande del mundo y el de mayor importancia por su ubicación geográfica, cerca no al ecuador magnético.



Otros Radares IS en el mundo



Los radares de dispersión incoherente constituyen las herramientas más poderosas hoy en día para estudiar el espacio cercano a la Tierra (la ionosfera y la alta atmósfera)



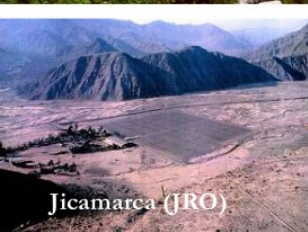
Millstone Hill (MH)



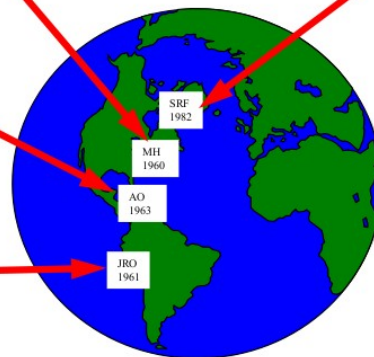
Sondrestrom (SRF)



Arecibo (AO)



Jicamarca (JRO)



Atmosfera terrestre (Ionosfera)

Ionización:

$O, N_2, O_2 + \text{luz solar} \rightarrow e + \dots$

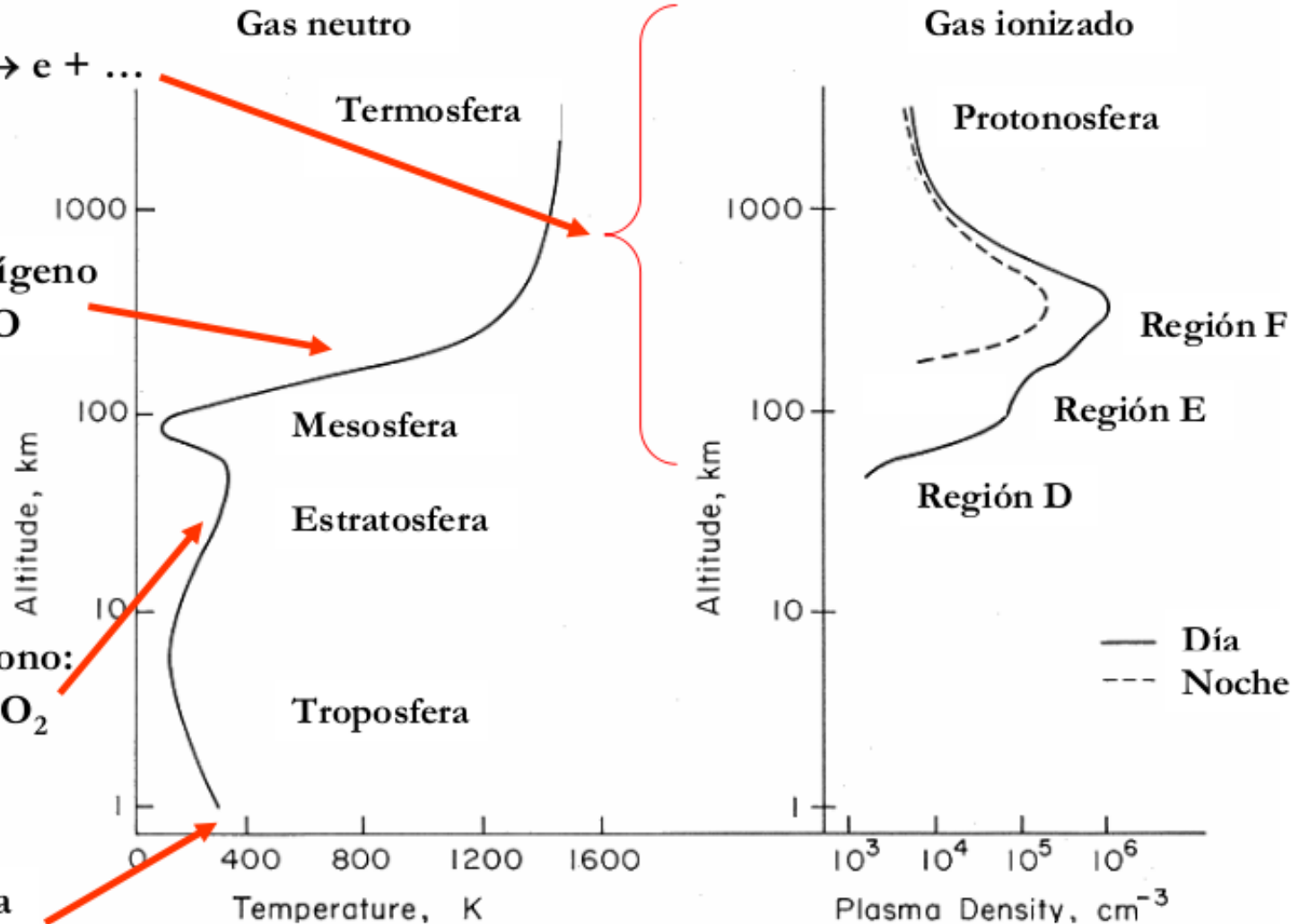
Calentamiento por Oxígeno

$O_2 + \text{luz solar} \rightarrow O + O$

Calentamiento por Ozono:

$O_3 + \text{luz solar} \rightarrow O + O_2$

Calentamiento de la Superficie



Algunas Mediciones realizadas en Jicamarca (Ionosfera 100-2000km)

- Velocidad de las Derivas (“Plasma Drift” Verticales y Horizontales) y Campo Eléctrico

Jicamarca proporciona estas medidas con mucha precisión (orden de 0.5 m/s) debido a que el “beam” de la antena apuntando perpendicular a las líneas de campo magnético proporciona **espectros de frecuencia** bien definidos (efecto doppler), el Drift Vertical está relacionado con el campo eléctrico.

- Densidad de Electrones

Medidas absolutas son conseguidas usando el efecto de rotación Faraday (diferencia de fases de 2 señales polarizadas circularmente).

- Temperaturas de Iones y Electrones, y composición iónica

Obtenidas usando la técnica de doble pulso que generan funciones de auto-correlación (ACF) y técnicas de Pulso Largo (codificados y no codificados)

- Radar pulsado, frecuencia de operación de 50MHz(VHF).
- Antena modular (64 módulos independientes de dipolos ortogonales)
- Actualmente con **3 Transmisores de gran potencia** (1.5 MW pico)
- Sistema de recepción basados en receptores digitales(Comerciales y **construidos en Jicamarca**)
- Controlador de radar basado en FPGA**
- Computadores en red para **adquisición y procesamiento**

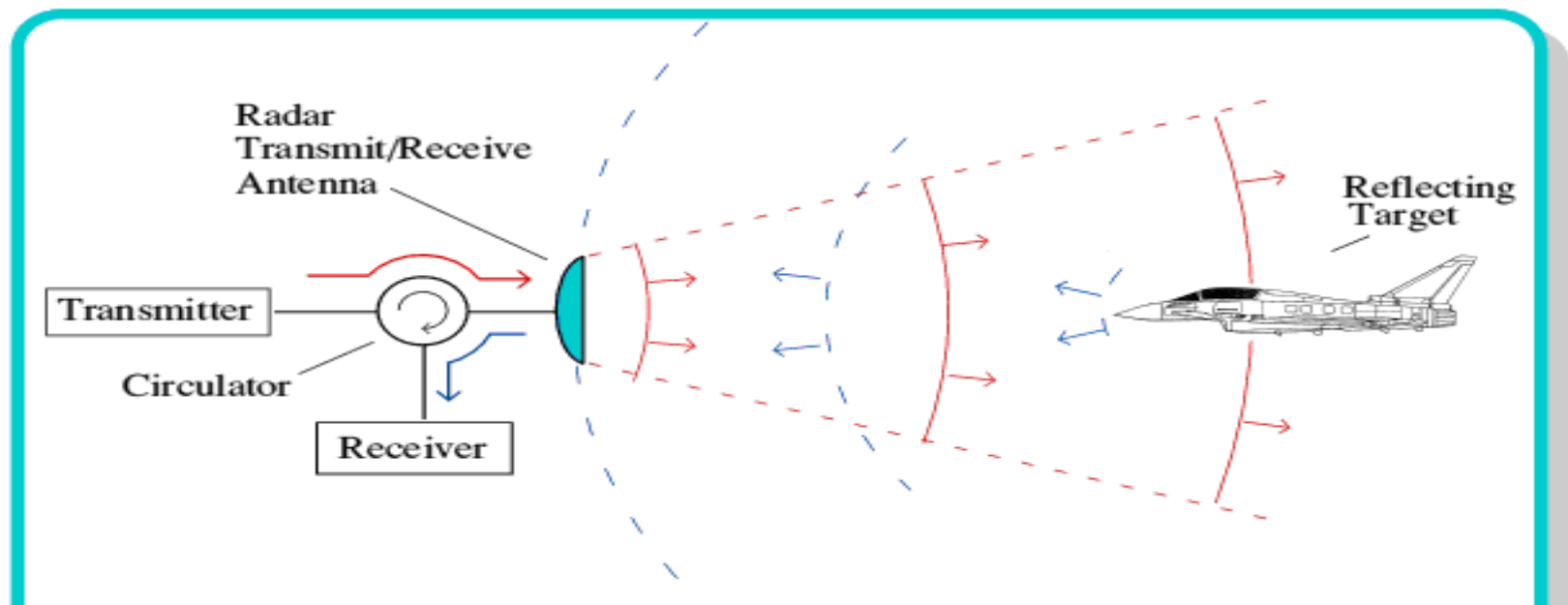
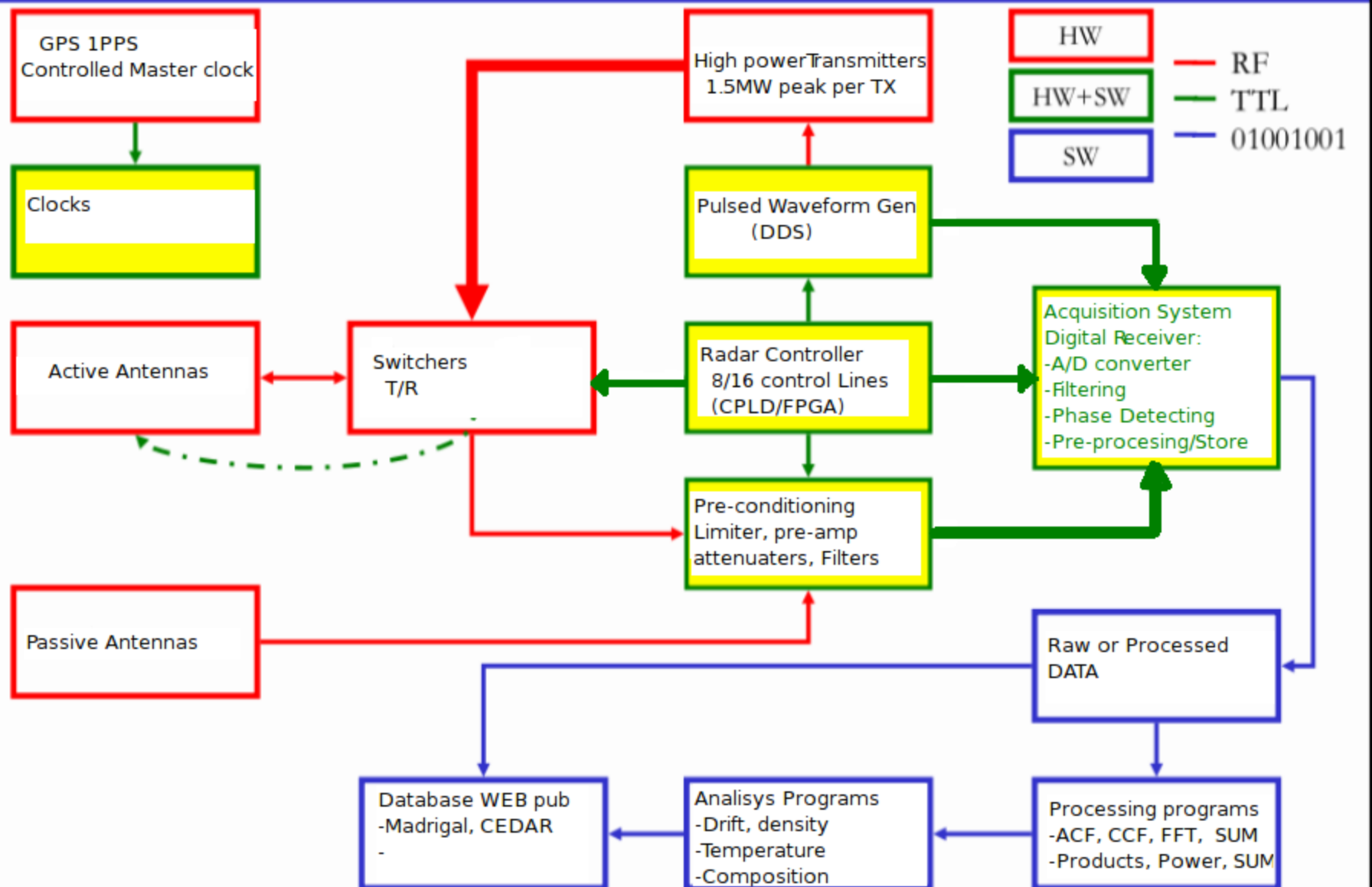
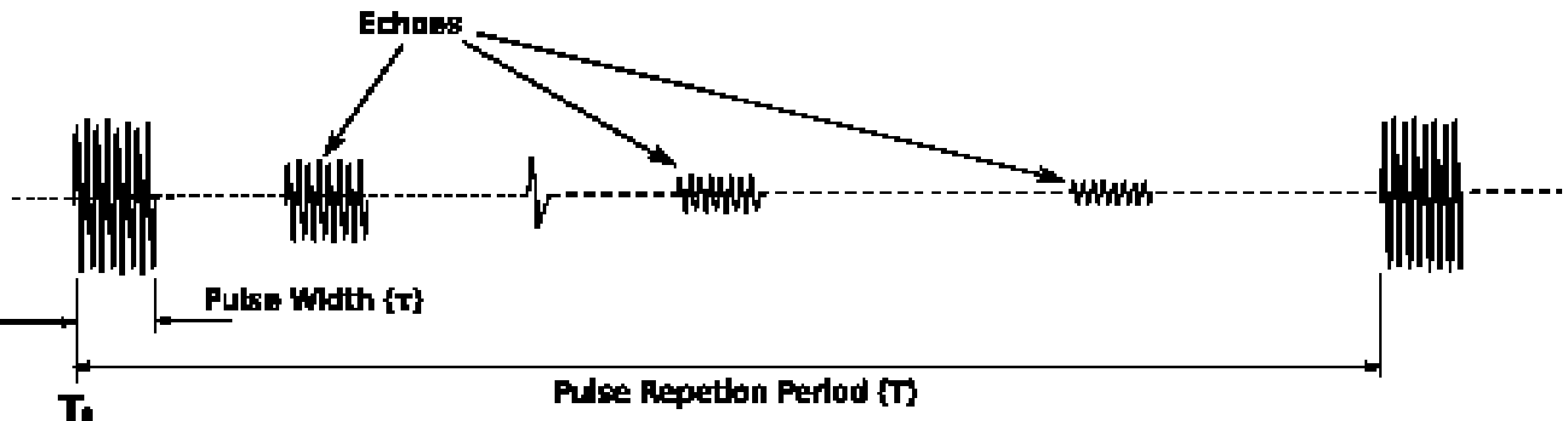


Diagrama de bloques del Radar



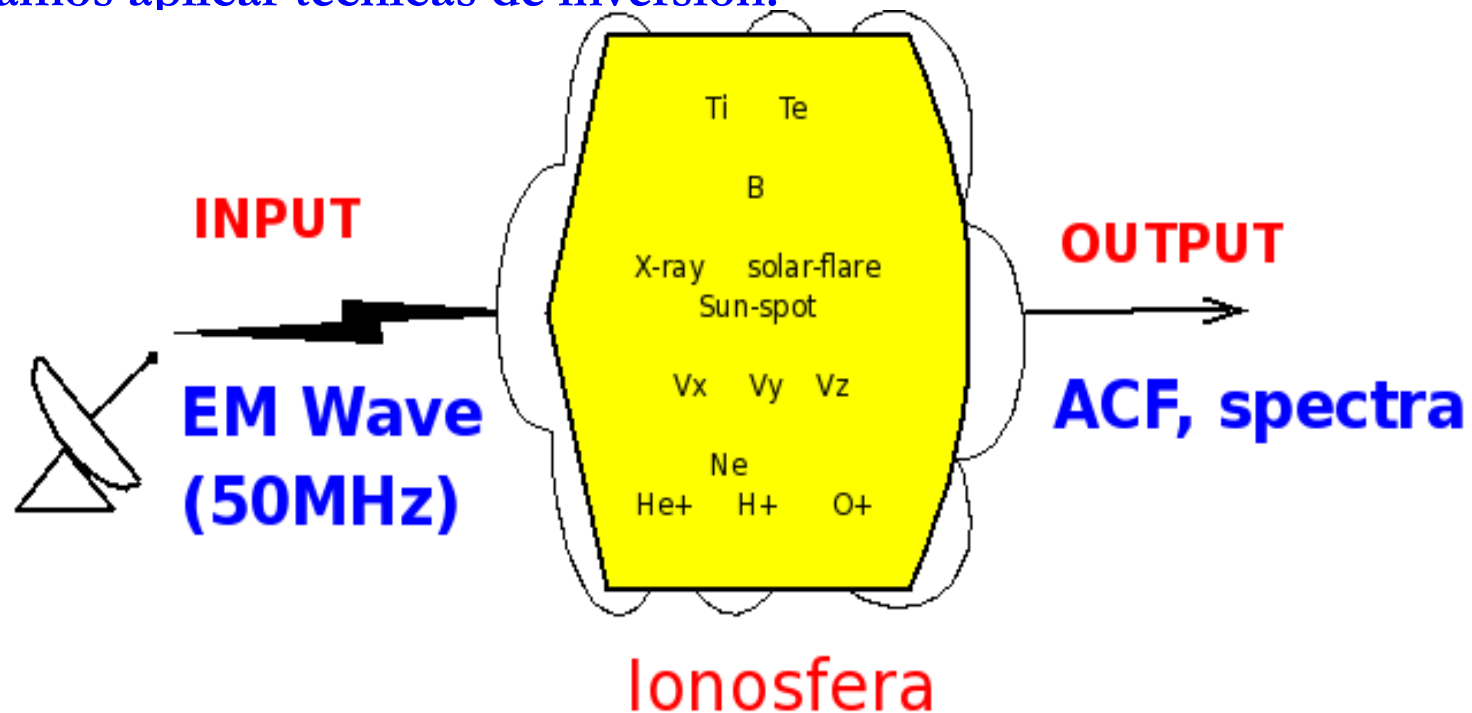
- La onda electromagnética transmitida(RF) se propaga por el espacio
- Ecos de retorno debido a la dispersión producido por cambios en el medio de propagación
- Ecos(dispersión) coherentes e incoherentes
- Jicamarca: Radar de dispersión incoherente (ISR)



- **Receptores**: pre-amplificadores, limitadores, atenuadores, filtros, detectores de fase, ADC(**voltajes discretos en el dominio del tiempo**)
 - $V(t)$
- **Remoción de interferencias y errores sistemáticos** (clutter, DC, RF, Satélites, debris, etc)
- **Transformacion de dominios**, Transformada de Fourier(TF o FT) y Funciones de cross y auto-correlación (CCF y ACF):
 - $V(t) \rightarrow F(w) \text{ o } \rho(\tau)$
- **Análisis**: Teoría de dispersión incoherente, inversión del problema para encontrar los parámetros ionosféricos que mejor se ajustan a las señales del espectro o ACF proporcionado por el Radar:
 - $F(w) \text{ o } \rho(\tau) = f(B, Ne, Te, Ti, v, He^+, H^+, O^+, \dots)$

La **ionosfera** es iluminada por un potente haz de radiación electromagnetica, el cual lo dispersa en todas direcciones (**Dispersion Incoherente**), una pequeña cantidad retorna hacia tierra (eco), trayendo informacion del medio con el cual ha interactuado (Amplitud, frecuencia y fase)

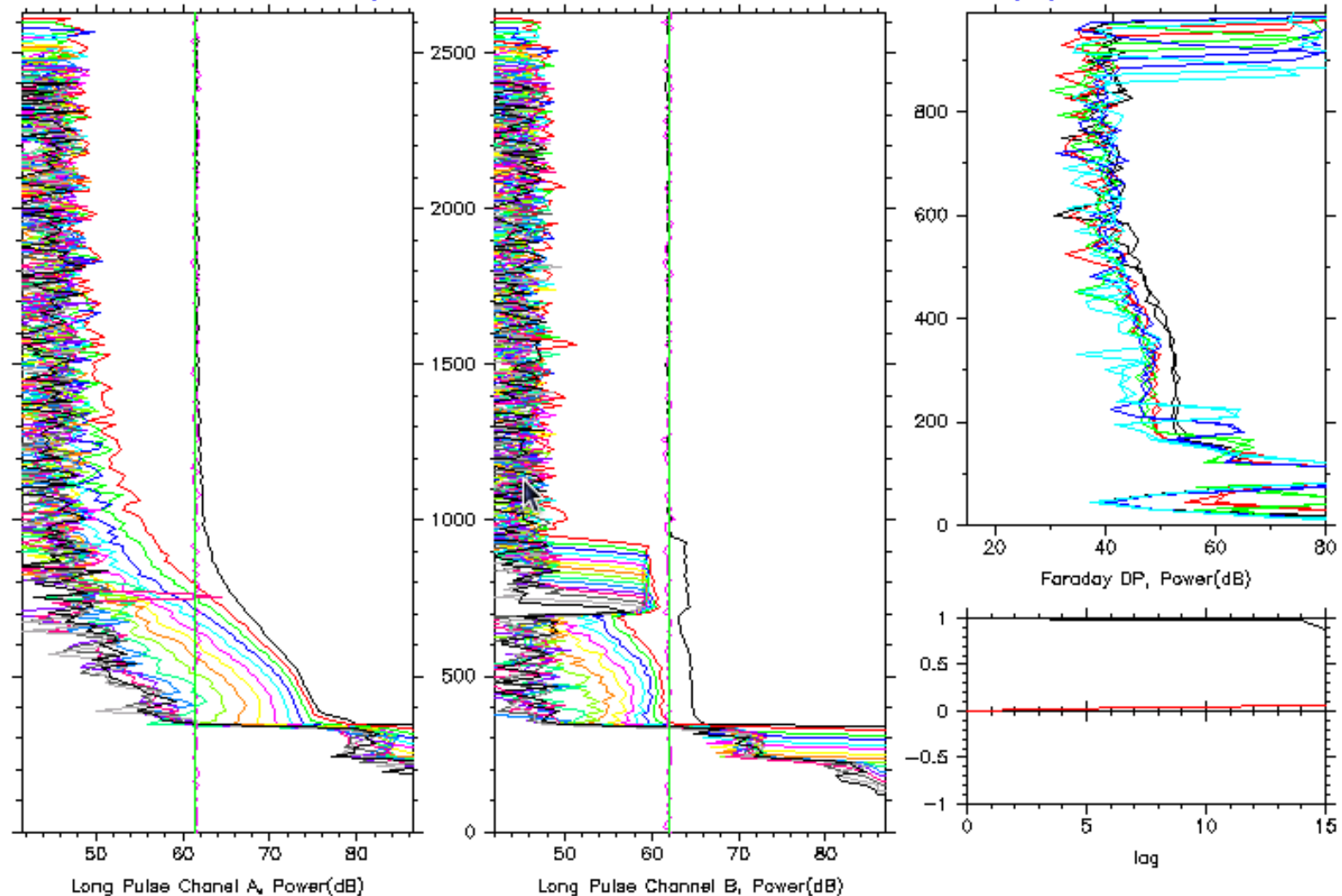
Inverse Problem, La señal que retorna es procesada obteniendo Spectra o Funciones de Autocorrelacion (ACF), para obtener los parametros Ionosfericos necesitamos aplicar tecnicas de inversion.



Señal de Radar: ACF

PGPLOT Window 6

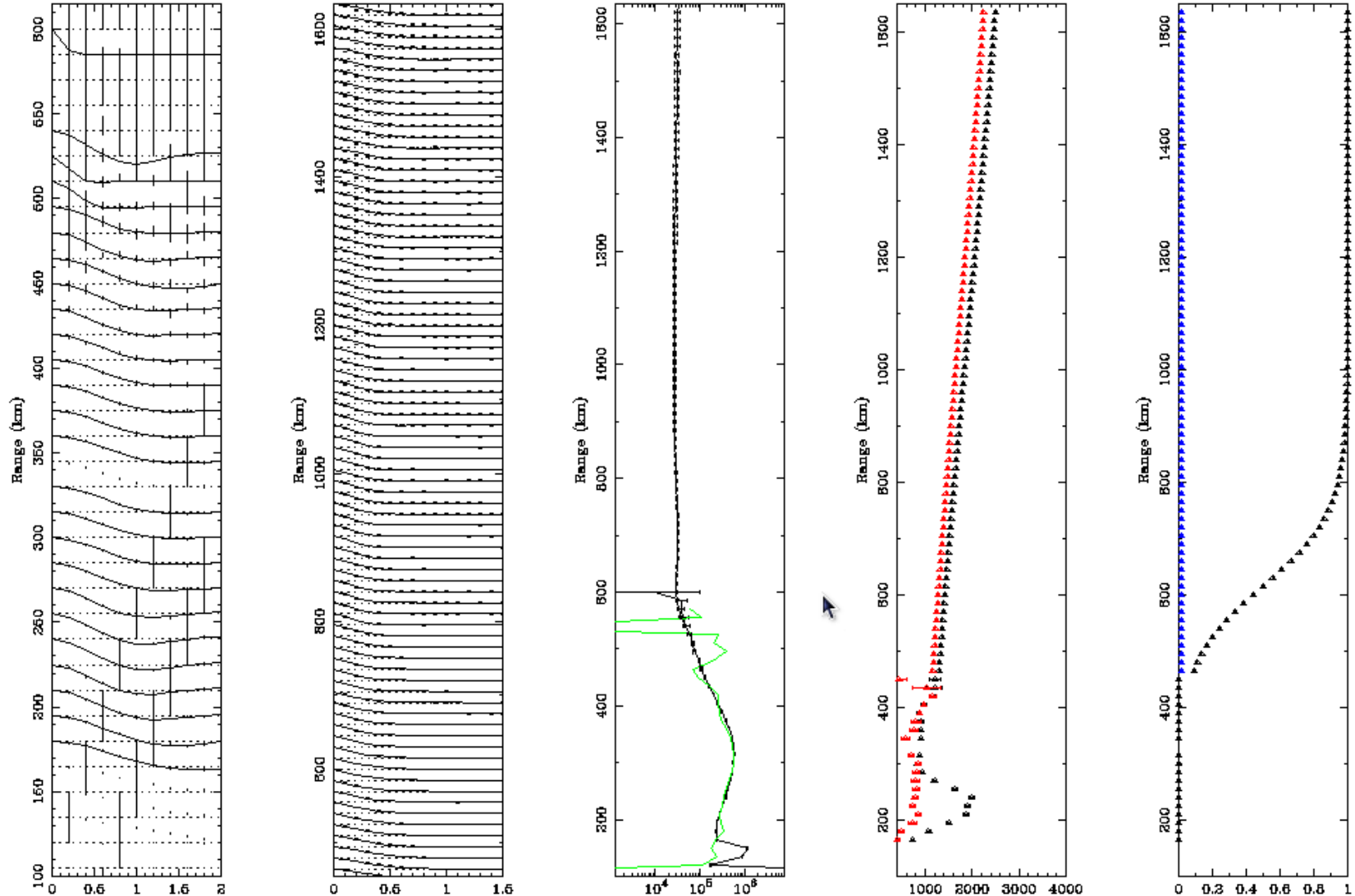
JRO Hybrid 2, Wed Dec 9 13:50:29–13:51:59 2009(LT)



Parámetros ionosféricos

PGPLOT Window 2

JRO Full Profile: Wed Dec 9 10:08:11 2009--Wed Dec 9 10:14:23 2009(LT)



Parametros ionosfericos

