

M. Urco¹, J. Chau¹, D. Hysell²

1: Radio Observatorio de Jicamarca

2: Cornell University

OBTENCION DE IMAGENES DE "SREAD F" USANDO MULTIPROCESAMIENTO

TEMARIO

1. ESF: EQUATORIAL SPREAD F
 1. Comportamiento
 2. Instrumentos utilizados
 3. Origen?
2. JICAMARCA Y ESF
 1. JULIA-EW
 2. Radar interferometer
3. RADAR IMAGING
 1. Imaging en Jicamarca
 2. Consumo computacional
 3. Multiprocesamiento
4. RESULTADOS

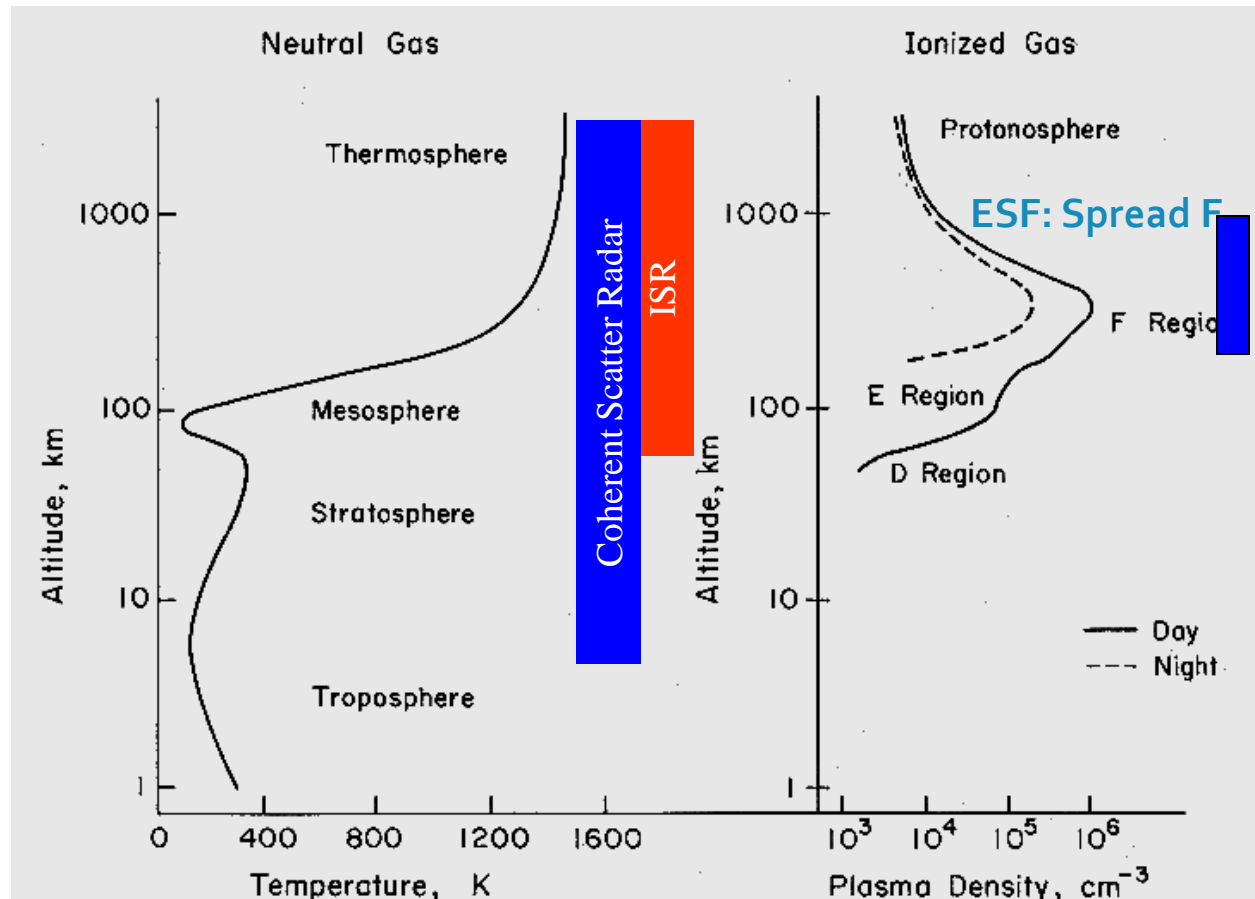


Fig. 1: Composición de la atmosfera sobre Jicamarca

ESF: EQUATORIAL SPREAD F

- Irregularidades ionosféricas en la región F.
- Variabilidad día a día
- Esto afecta la calidad de la señal usada en aplicaciones satelitales: Navegación, comunicaciones, predicción atmosférica, etc.

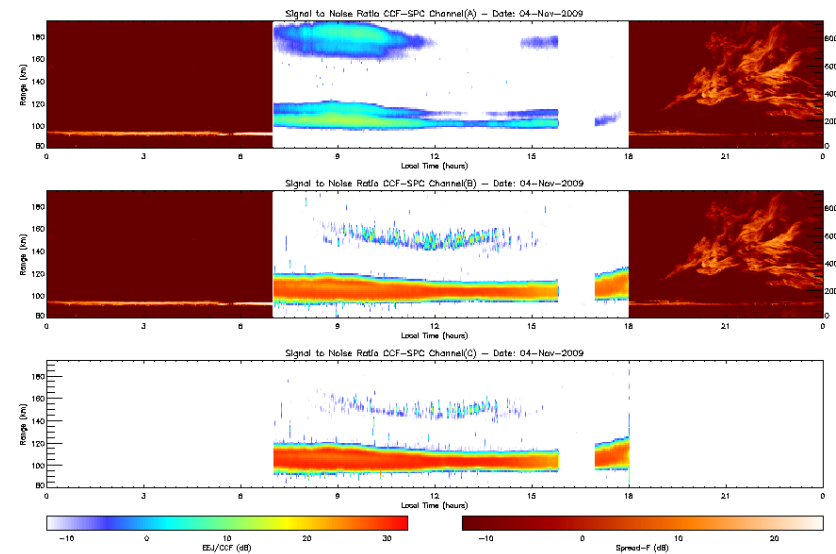
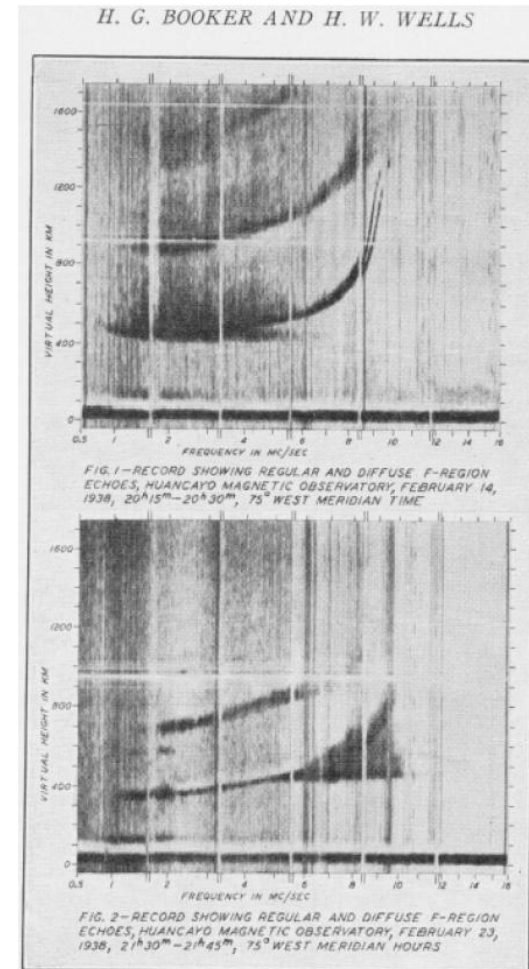


Fig. 2: Datos del radar en modo JULIA-EW

ESF: EQUATORIAL SPREAD F

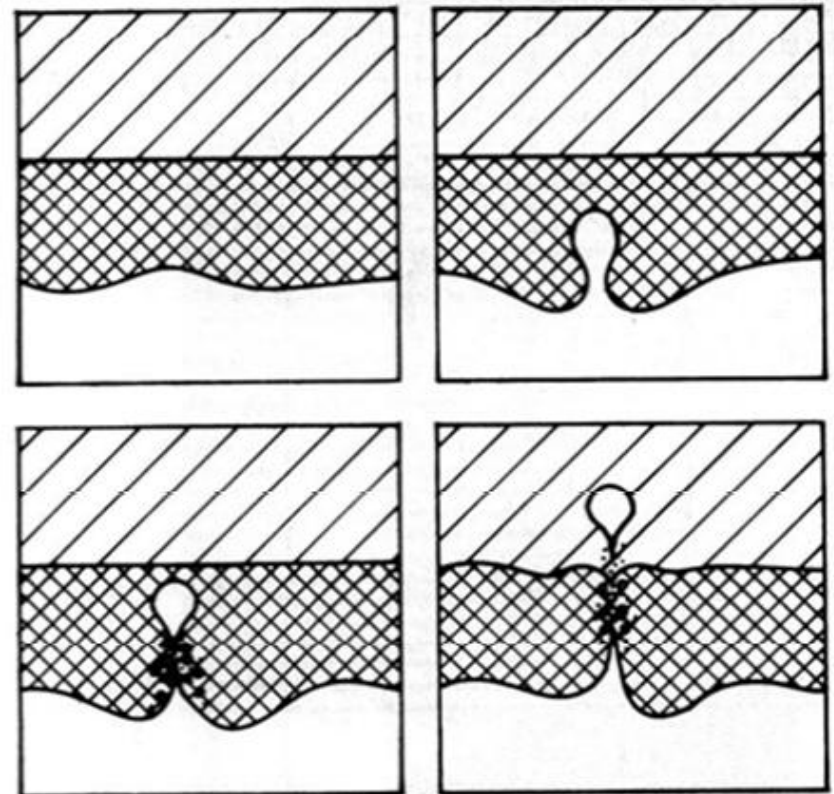
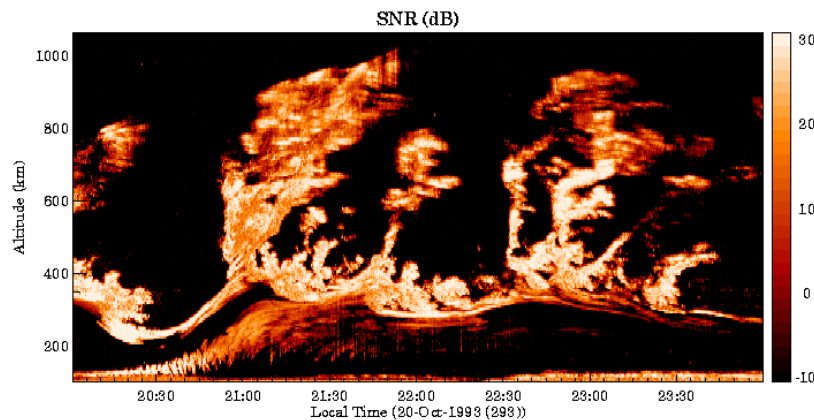
- Primeras observaciones realizadas hace 70 años (Booker and Wells, 1938)
- Instrumentos utilizados en el estudio de Spread F:
 - Radio start scintillations
 - Trans-equatorial radio propagation
 - Satellite scintillations
 - *Radar backscatter, etc*
 - *Radar Imaging*



[Booker and Wells, 1938]

ESF: EQUATORIAL SPREAD F

- Origen??:
 - Ondas de Gravedad
 - Inestabilidad de Rayleigh Taylor
- Necesidad de mayor conocimiento



[Woodman and La Hoz, 1976]

JICAMARCA Y ESF

- Aportes de Jicamarca en la comprensión del Spread F (Farley et al. 1970)
- "Radar Interferometry" (Farley et al. 1981)
- JULIA-EW: Jicamarca Unattended Long-term Investigations of the Ionosphere and Atmosphere.

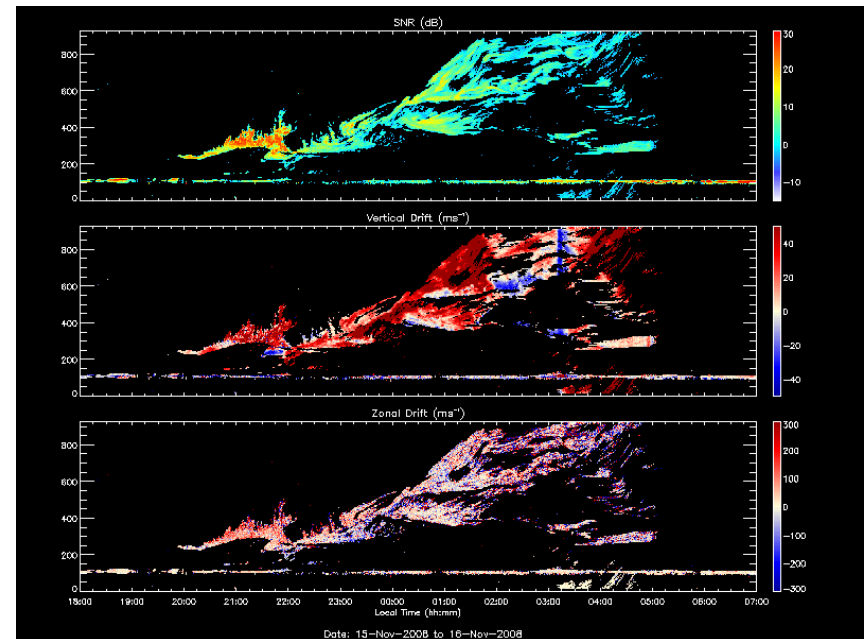
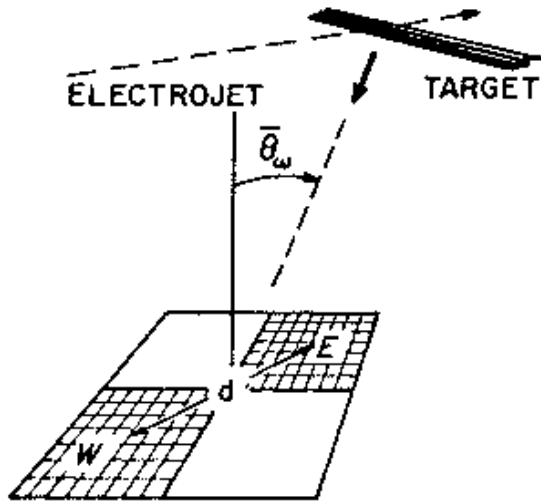
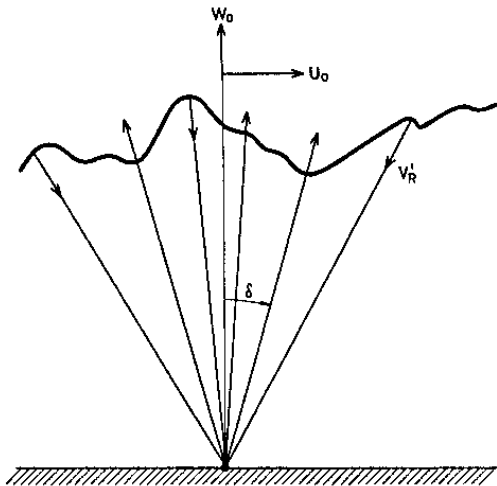


Fig. 6: Drifts obtenidos en el modo JULIA-EW

JICAMARCA Y ESF: Interferómetro



[from Farley et al., 1981]



The voltages at the two antennas after FT

$$V_E(\omega) = \sum_i A_i(\omega) e^{j\phi_i}; \quad V_W(\omega) = g \sum_i A_i(\omega) e^{j\phi_i - jk_0 \xi \sin \theta_i}$$

where g represents a possible gain difference between receivers. Since ϕ_i are independent of each other and uniformly distributed over $[0, 2\pi]$ taking ensemble averages (equivalent to temporal or spatial averages) leads to the following results

$$\langle e^{j\phi_i} \rangle = 0$$

$$\langle V_E(\omega) V_W^*(\omega) \rangle = (g \sum_i A_i^2) \langle e^{jk_0 \xi \sin \theta_i} \rangle$$

Finally, defining the complex normalized cross spectrum, also called coherence by

$$S_{EW}(\omega) = \frac{\langle V_E(\omega) V_W^*(\omega) \rangle}{\sqrt{\langle |V_E(\omega)|^2 \rangle \langle |V_W(\omega)|^2 \rangle}}$$

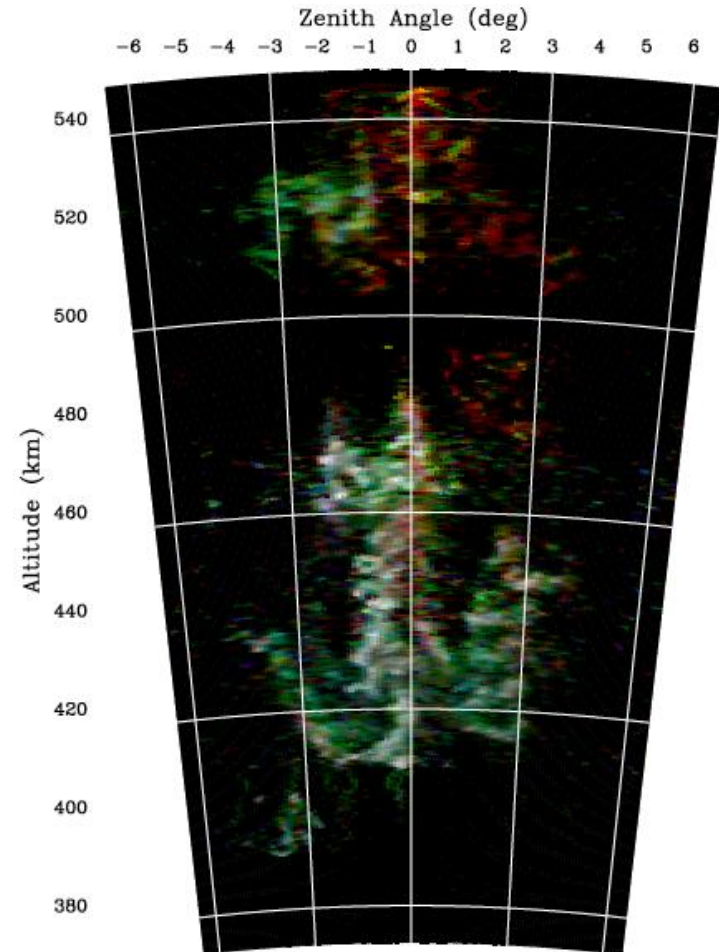
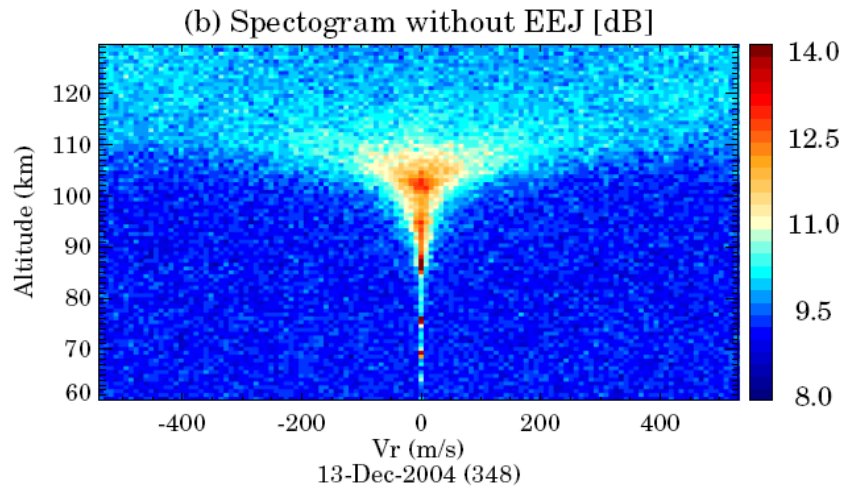
$$\text{we obtain } S_{EW}(\omega) = \langle e^{jk_0 \xi \sin \theta_i} \rangle$$

Given our previous assumption about the Gaussian PDF of the clump of scatterers

$$S_{EW}(\omega) = e^{jk_0 \xi \sin \bar{\theta}} e^{-\frac{1}{2} k_0^2 \xi^2 \sin^2 \sigma_\theta} \quad \text{or for small angles } S_{EW}(\omega) = e^{jk_0 \xi \bar{\theta}} e^{-\frac{1}{2} k_0^2 \xi^2 \sigma_\theta^2}$$

$$S_{EW}(\omega) = e^{jk_0 \xi \bar{\theta}} e^{-\frac{1}{2} k_0^2 \xi^2 \sigma_\theta^2}$$

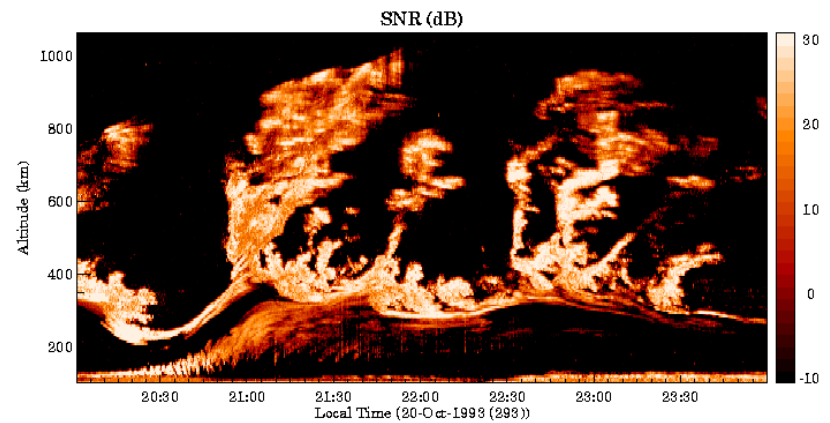
RADAR IMAGING: Ventajas



RADAR IMAGING: "Slit camera"



used with permission ©Tom Dahlin



RADAR IMAGING: Ecuación a resolver

Given:

$$V(k\mathbf{d}) = \int_{4\pi} A_N(\sigma)B(\sigma)e^{jk\mathbf{d}\cdot\sigma} d\Omega$$

$$V(kd_x, kd_y, kd_z) = \int \frac{B_{\text{eff}}(\eta, \xi)}{\sqrt{1 - \eta^2 - \xi^2}} e^{jk(d_x\eta + d_y\xi + d_z\sqrt{1 - \eta^2 - \xi^2})} d\eta d\xi$$

y:

$$V(kd_j) = \frac{\langle v_1 v_2^* \rangle}{\sqrt{\langle |v_1|^2 \rangle - N_1} \sqrt{\langle |v_2|^2 \rangle - N_2}}$$

Estimar:

$$B(\eta, \xi)$$

$V(k\mathbf{d})$: Visibilidad

$A_N(\sigma)$: Área efectiva de la antena

$B(\sigma)$: Brillantez

$B_{\text{eff}}(\sigma) = AN^*B(\sigma)$ [Hysell and Chau, 2006]

- Métodos no paramétricos.
 - Basado en Fourier
 - “Capon or Linear Constraint Minimum variance beam forming”
- Métodos paramétricos. Uso de información a priori.
 - **Maximum Entropy** [e.g., Hysell and Woodman, 1997; Hysell and Chau, 2006]
 - Model fitting. [e.g., Chau and Woodman, 2001]
 - SVD - Single value decomposition
 - MUSIC - Multiple Signal Classification
- *Necesidad de recursos computacionales altos*

RADAR IMAGING:

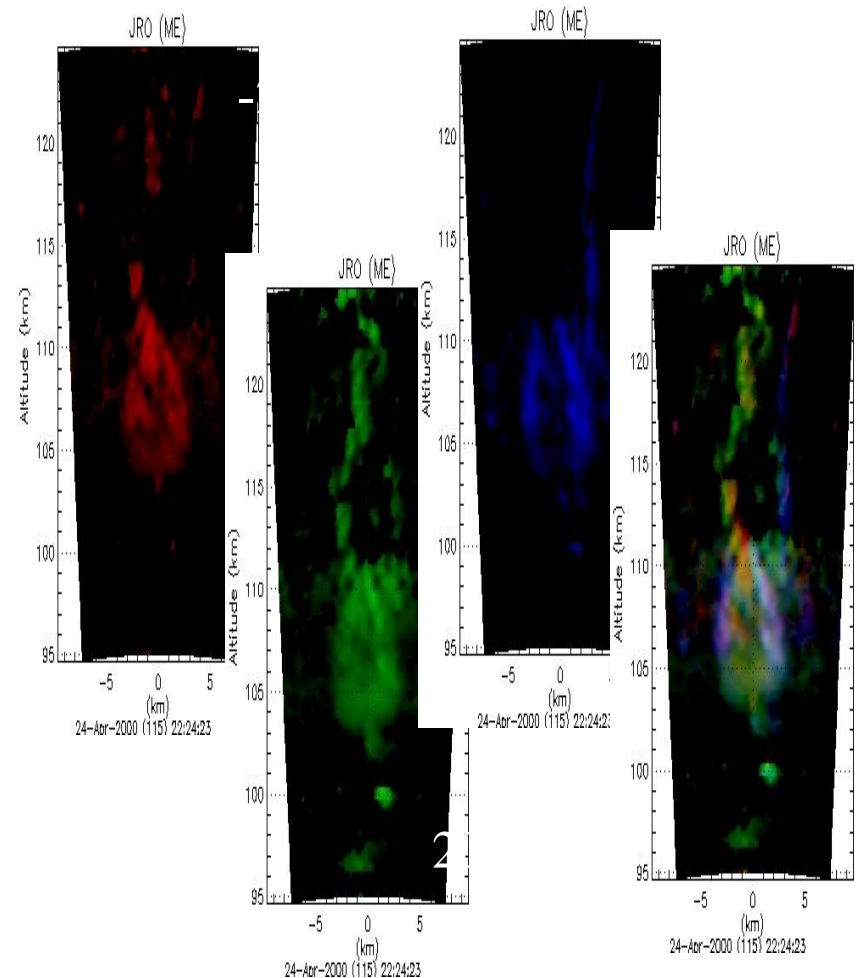
Recursos necesarios

- 2 cuartos de antena usados como Tx.
- 8 canales digitales de recepción para "Imaging".
- Calibración automatizada usando un beacon en la parte alta del cerro.
- Calibración absoluta mediante Hydra.



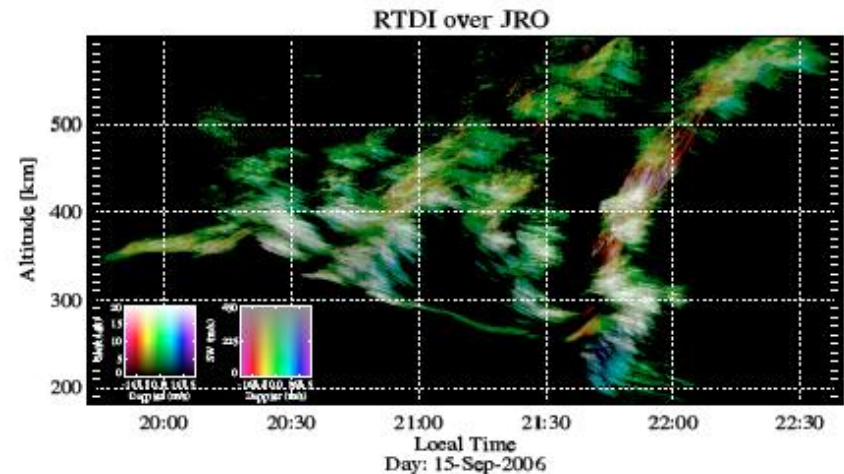
RADAR IMAGING: Recursos necesarios

- 16 "colors" (puntos de FFT)
- Imágenes de ESF obtenidas cada 6s y 300m con una resolución angular de $\sim 0.1-0.2^\circ$
- Generación en tiempo real de las imágenes y videos.



RADAR IMAGING: Necesidad de optimización

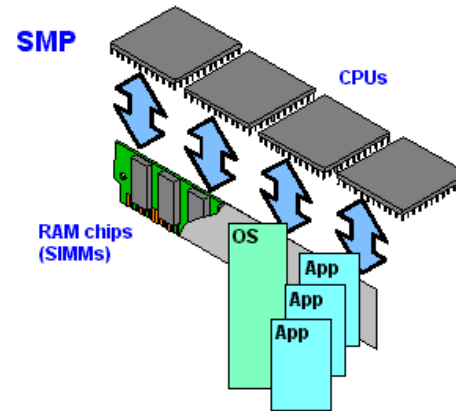
- Tiempo necesario para procesar 6s de datos ~4.5min
- Cantidad de datos procesados generados por día ~ 9GB
- Verificación y validación de los datos.
- Toma de decisiones en el momento.
- Recursos instalados dentro de Jicamarca.
Computadores con 4 y 8 CPUs



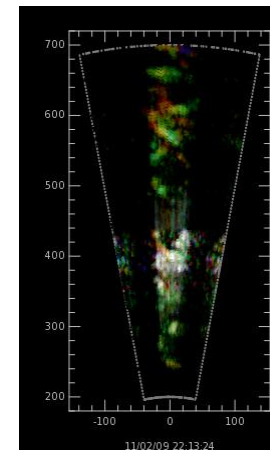
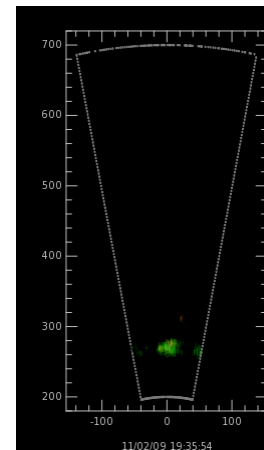
RADAR IMAGING: Optimización y multiprocesamiento

- Gestionar el uso de CPUs disponibles en una PC.
- Estimar la carga de trabajo total.
- Repartir una carga de trabajo similar a cada CPU.
- Utilizar librerías de alto desempeño para operaciones con gran cantidad de datos (matriciales)

From Computer Desktop Encyclopedia
© 1998 The Computer Language Co., Inc.



Recursos instalados dentro de una PC

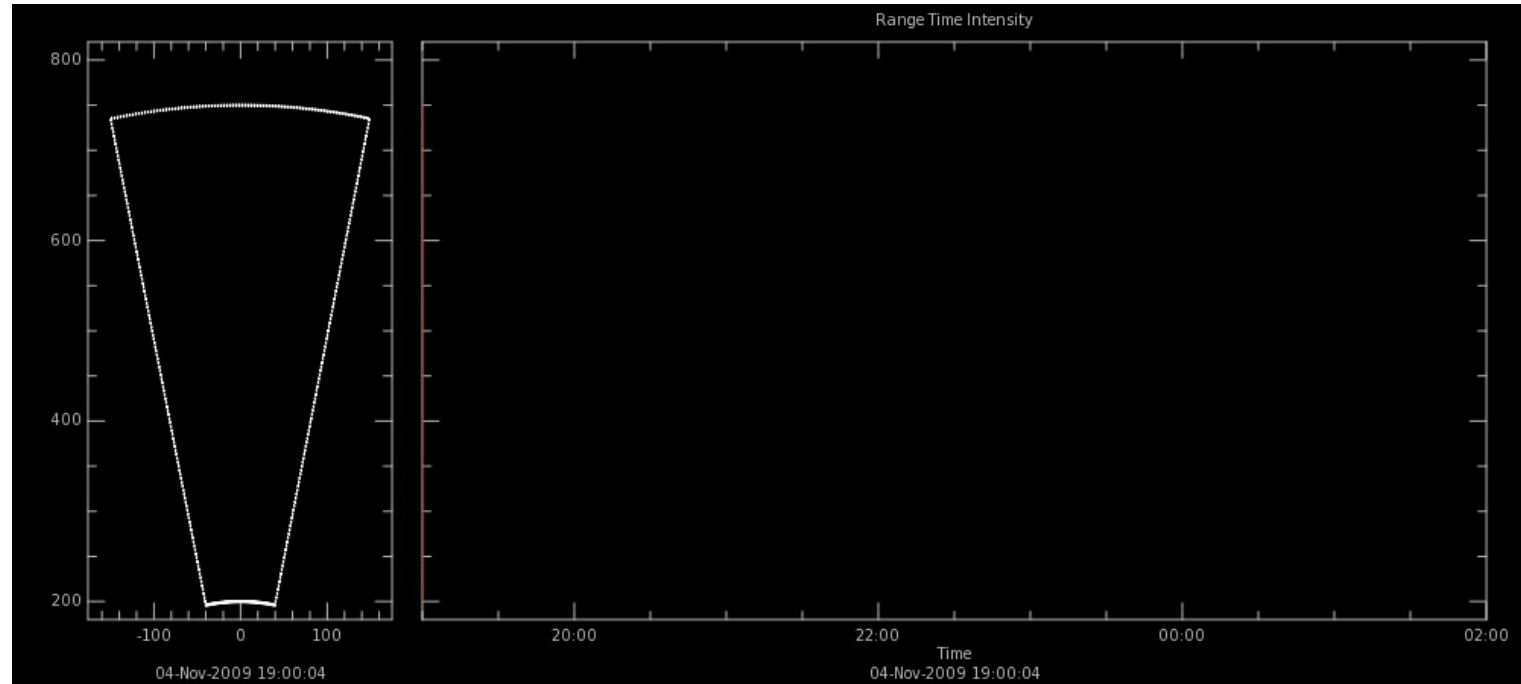


Carga computacional distinta por cada espectro

RADAR IMAGING:

Resultados

- Estimación de la carga de trabajo para cada CPU de forma equitativa.
- Reducción del tiempo de procesamiento en 40 veces
- Visualización de las imágenes en línea.
- Utilización de software libre para el desarrollo.
- Creación de librerías reutilizables y modulares.



RADAR IMAGING: Trabajos futuros

- Instalación de un clúster dentro de Jicamarca para el procesamiento de datos.
- Posibilidad de utilizar mas de 4 u 8 CPUs (Limitación actual)
- Implementación de algoritmos mas complejos y de mayor resolución.

