

Estimados de energía cinética turbulenta (TKE) y factor de disipación obtenidos con un perfilador de vientos virtual y verificados a través de simulaciones de remolinos grandes (LES)

D. Scipion^{1,2}, E. Fedorovich³, R. Palmer^{1,3}, P. Chilson^{1,3}, and A. Botnick²

¹Atmospheric Radar Research Center (ARRC), University of Oklahoma, USA

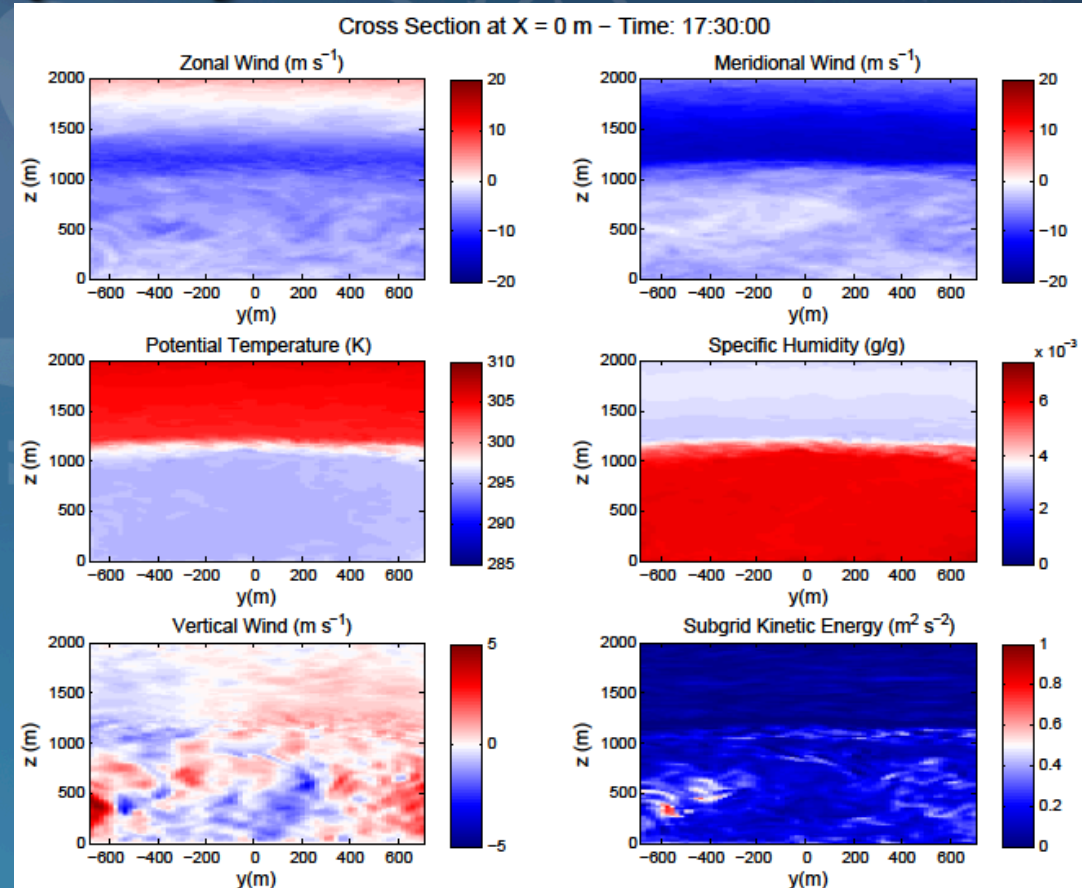
²School of Electrical & Computer Engineering, University of Oklahoma, USA

³School of Meteorology, University of Oklahoma, USA



Simulaciones de Remolinos Grandes (LES)

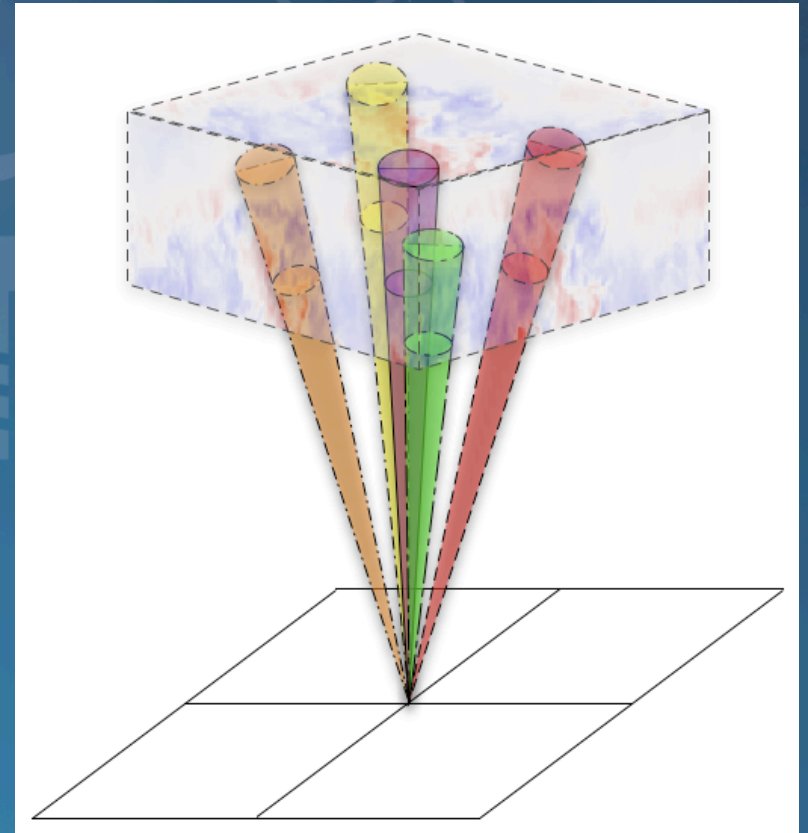
- Variables:
 - Viento Zonal
 - Viento Meridional
 - Humedad Específica
 - Viento Vertical
 - Energía cinética de la sub-grilla
- Sub-dominio LES:
 - $1400 \times 1400 \times 2000 \text{ m}^3$
 - Resolución espacial: 20 m
 - Resolución en tiempo: 1 s



Inicializados con una radiosonda lanzada a las 11:29 UTC del 8 Jun, 2007 en the Southern Great Plains Atmospheric Radiation Measurement Climate Research Facility (SGF-ACRF) en Lamont, OK, USA

Doppler Beam Swinging (DBS): Configuración del Experimento

- Basado en Scipión et al. (2008)
- BLR virtual está localizado en el centro del sub-dominio del LES con 5 haces
- $\Delta r = 60$ m
- $BW = 9^\circ$
- Inclinação de 15.5°
- Ruido blanco aditivo Gaussiano para obtener un SNR máximo de 35 dB



Qué es lo que el radar realmente estima?

Efecto Cortante

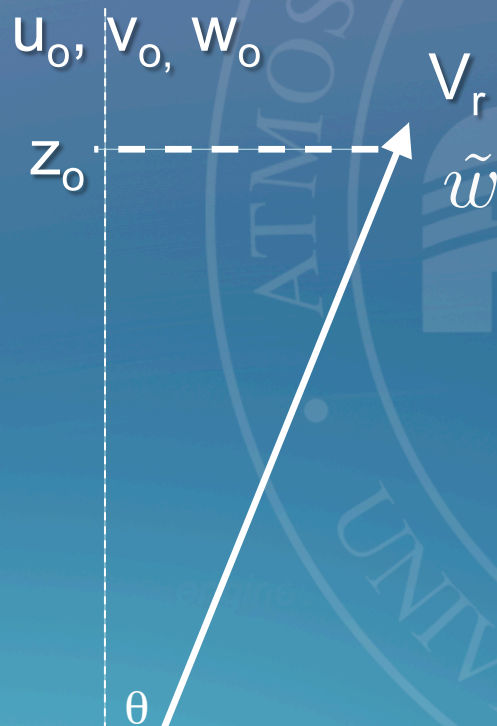
Scipión et al. (2009):

$$V_r = u_o \sin \theta \sin \phi + v_o \sin \theta \cos \phi + \tilde{w} \cos \theta$$

$$\tilde{w} = w_o + s_u z_o \tan \theta \sin \phi + s_v z_o \tan \theta \cos \phi$$

$$s_u = \frac{\tilde{w} - w_o}{z_o \tan \theta}, \phi = 90^\circ$$

$$s_v = \frac{\tilde{w} - w_o}{z_o \tan \theta}, \phi = 0^\circ$$



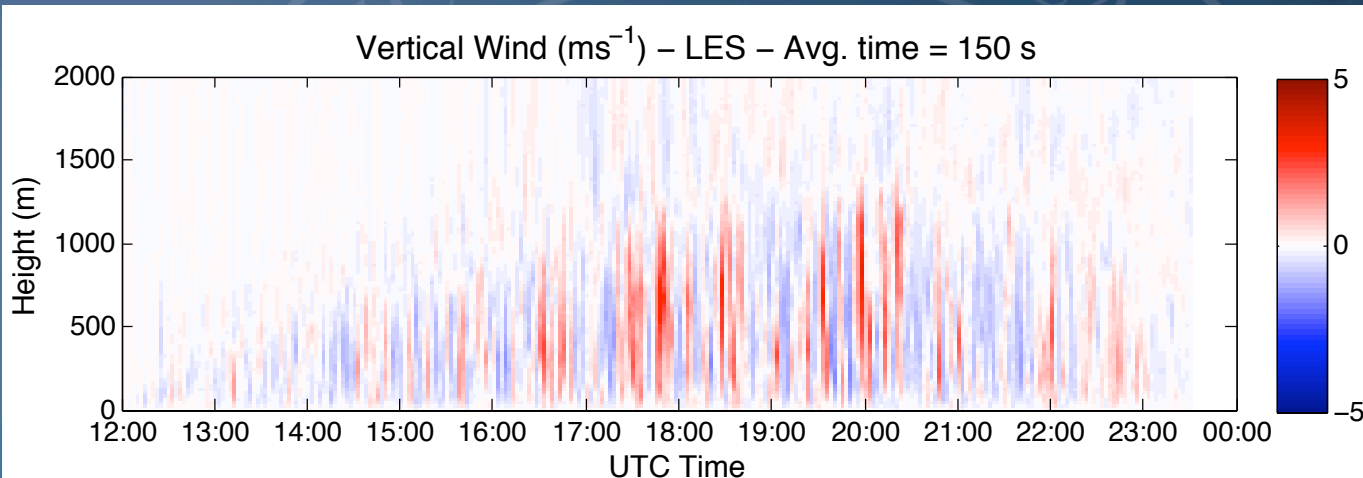
$$V_r = (u_o + s_u z_o) \sin \theta \sin \phi + (v_o + s_v z_o) \sin \theta \cos \phi + w_o \cos \theta$$

$$V_r = \tilde{u} \sin \theta \sin \phi + \tilde{v} \sin \theta \cos \phi + w_o \cos \theta$$

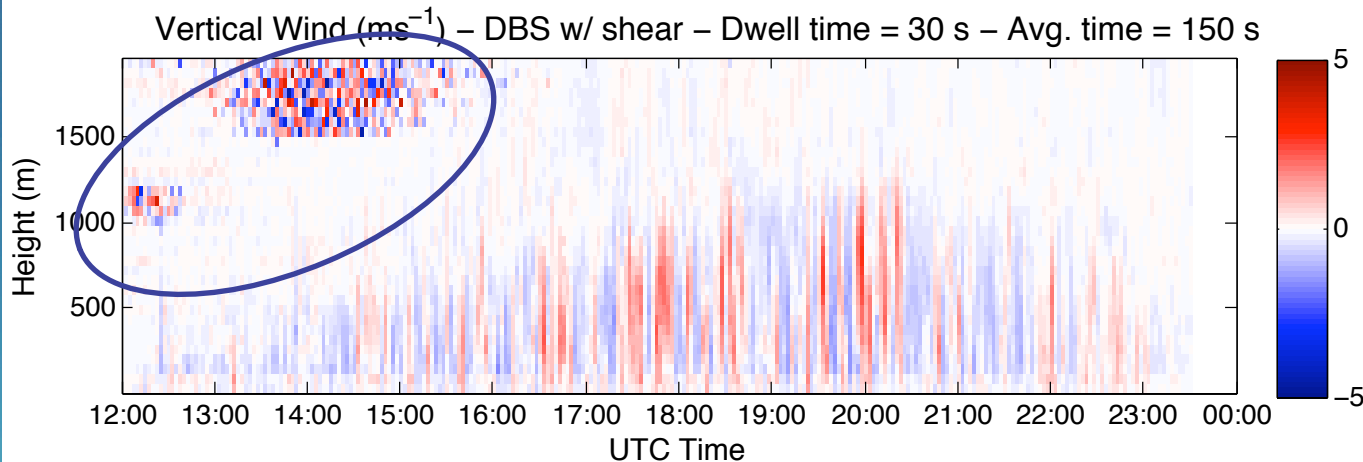
Velocidad aparente del viento = Velocidad media sesgada por la cortante horizontal de la velocidad vertical

Estimados del Viento Vertical (w)

LES



DBS



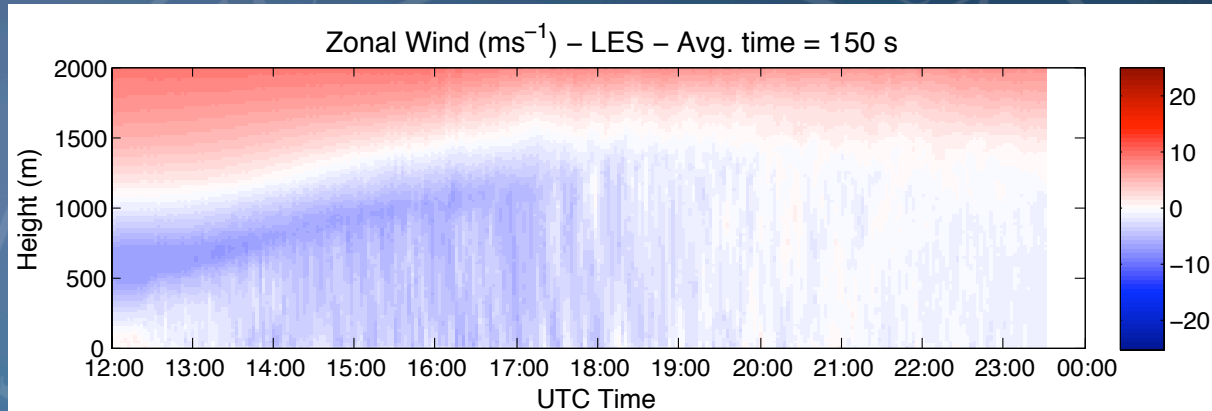
Estimados pobres
causados por
 $\text{SNR} \leq -30\text{dB}$

FUERTES gradientes en vientos
verticales generan un SESGO en
la VELOCIDAD HORIZONTAL

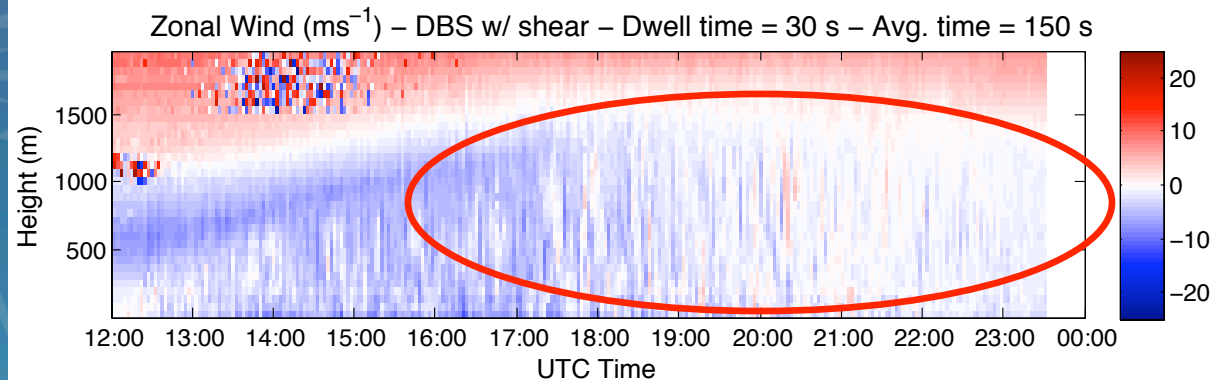


Estimados del Viento Zonal (u)

LES

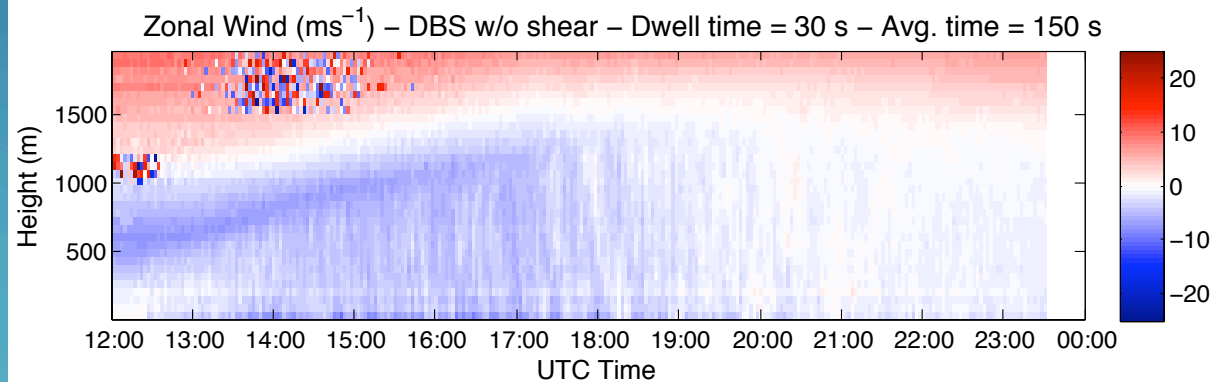


DBS
con
cortante



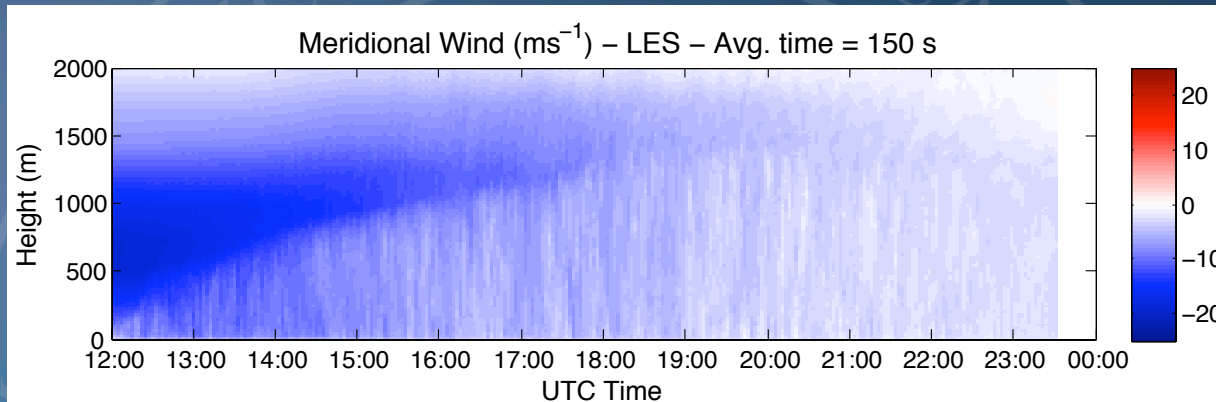
Errores
localizados
en la capa de
mezcla

DBS
sin
cortante

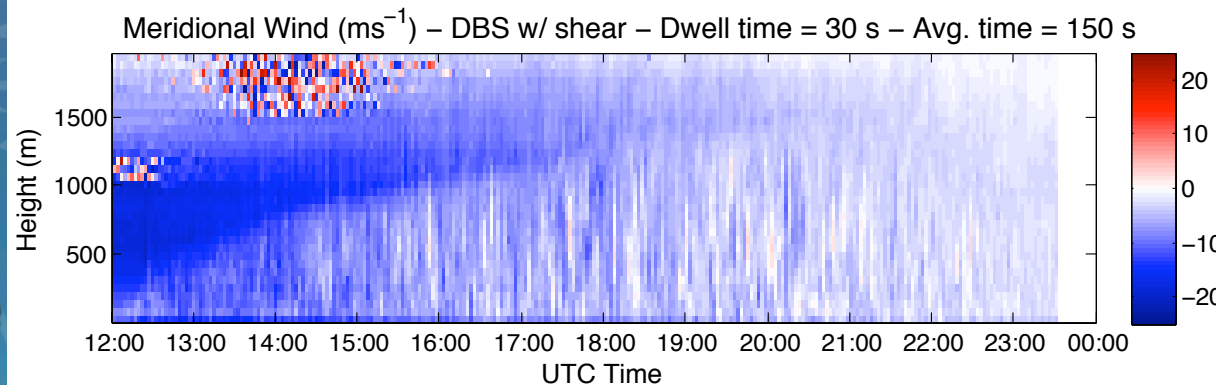


Estimados del Viento Meridional (v)

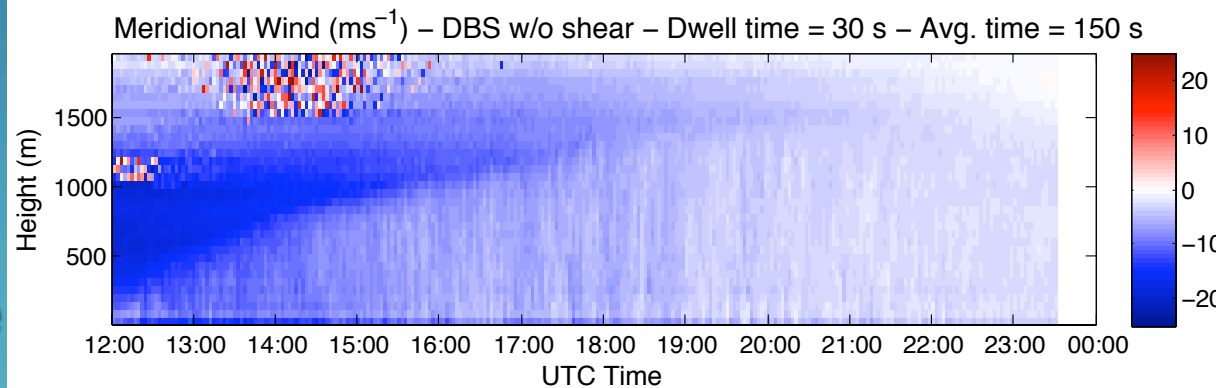
LES



DBS
con
cortante



DBS
sin
cortante



Energía Cinética de Turbulencia (TKE)

$$\sigma_u^2(LES) = \overline{u'u'} + \frac{2}{3}\overline{E}$$

$$\sigma_v^2(LES) = \overline{v'v'} + \frac{2}{3}\overline{E}$$

$$\sigma_w^2(LES) = \overline{w'w'} + \frac{2}{3}\overline{E}$$

$$TKE_{LES} = \frac{1}{2} (\sigma_u^2 + \sigma_v^2 + \sigma_w^2)$$

$$\sigma_u^2(Rad) = \overline{u'u'}$$

$$\sigma_v^2(Rad) = \overline{v'v'}$$

$$\sigma_w^2(Rad) = \overline{w'w'}$$

$$TKE_{Rad} = \frac{1}{2} (\sigma_u^2 + \sigma_v^2 + \sigma_w^2)$$

LES plano:

u' es la desviación de la media calculada sobre el plano, la barra superior representa un promedio sobre el plano y E es TKE de la subgrilla

LES tiempo:

u' es la desviación de la media temporal, la barra superior representa promedios temporales y E es el TKE de la subgrilla

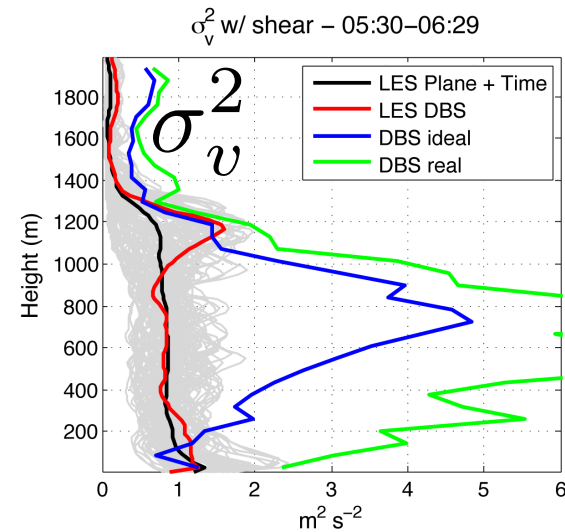
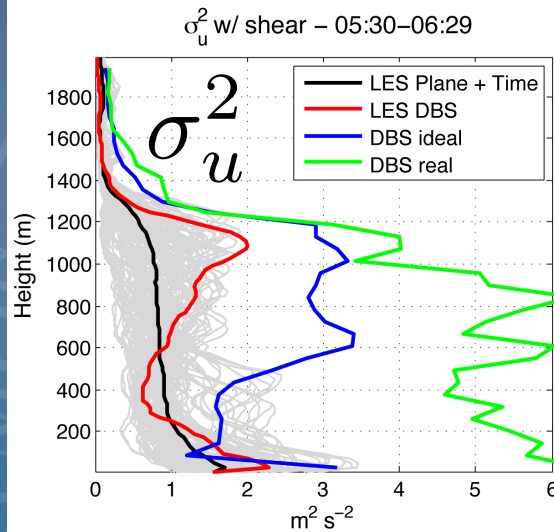
DBS radar:

u' es la desviación de la media temporal y la barra superior representa promedios temporales

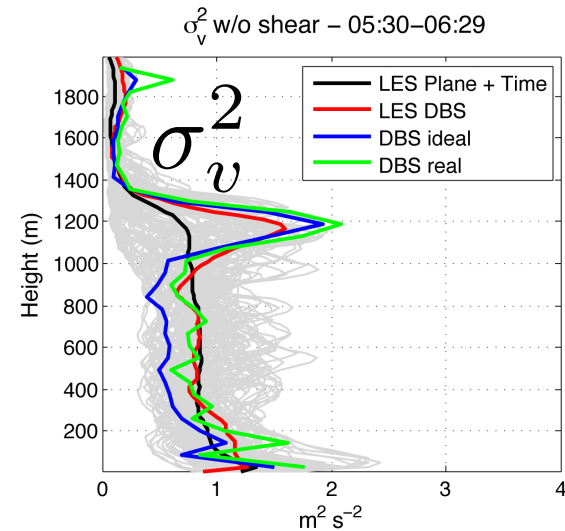
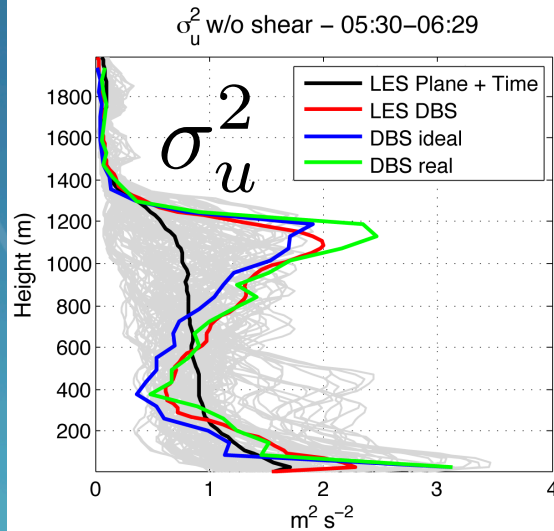


Varianzas Horizontales

con
cortante



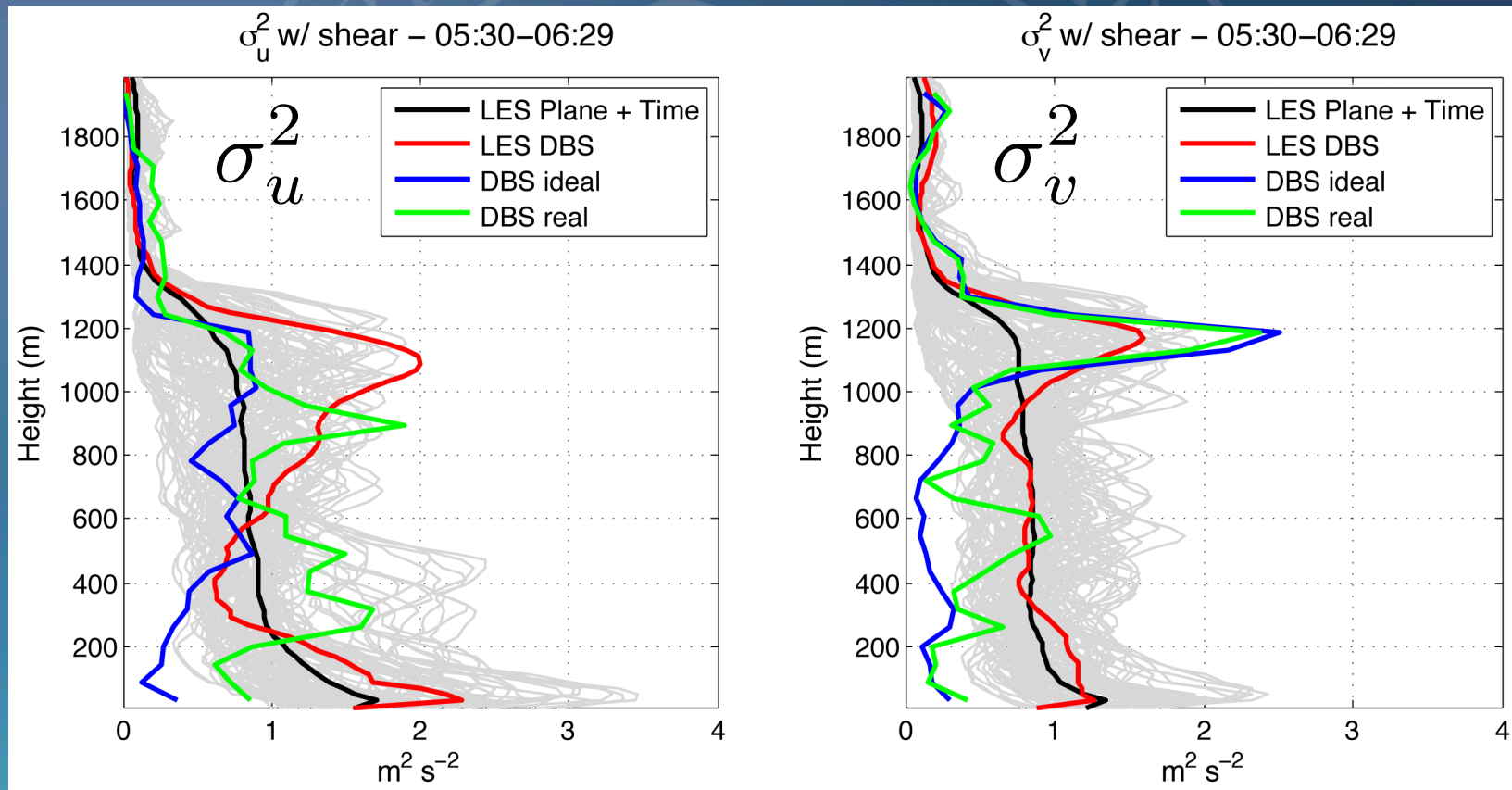
sin
cortante



Estatísticas calculadas por un periodo de 60 minutos



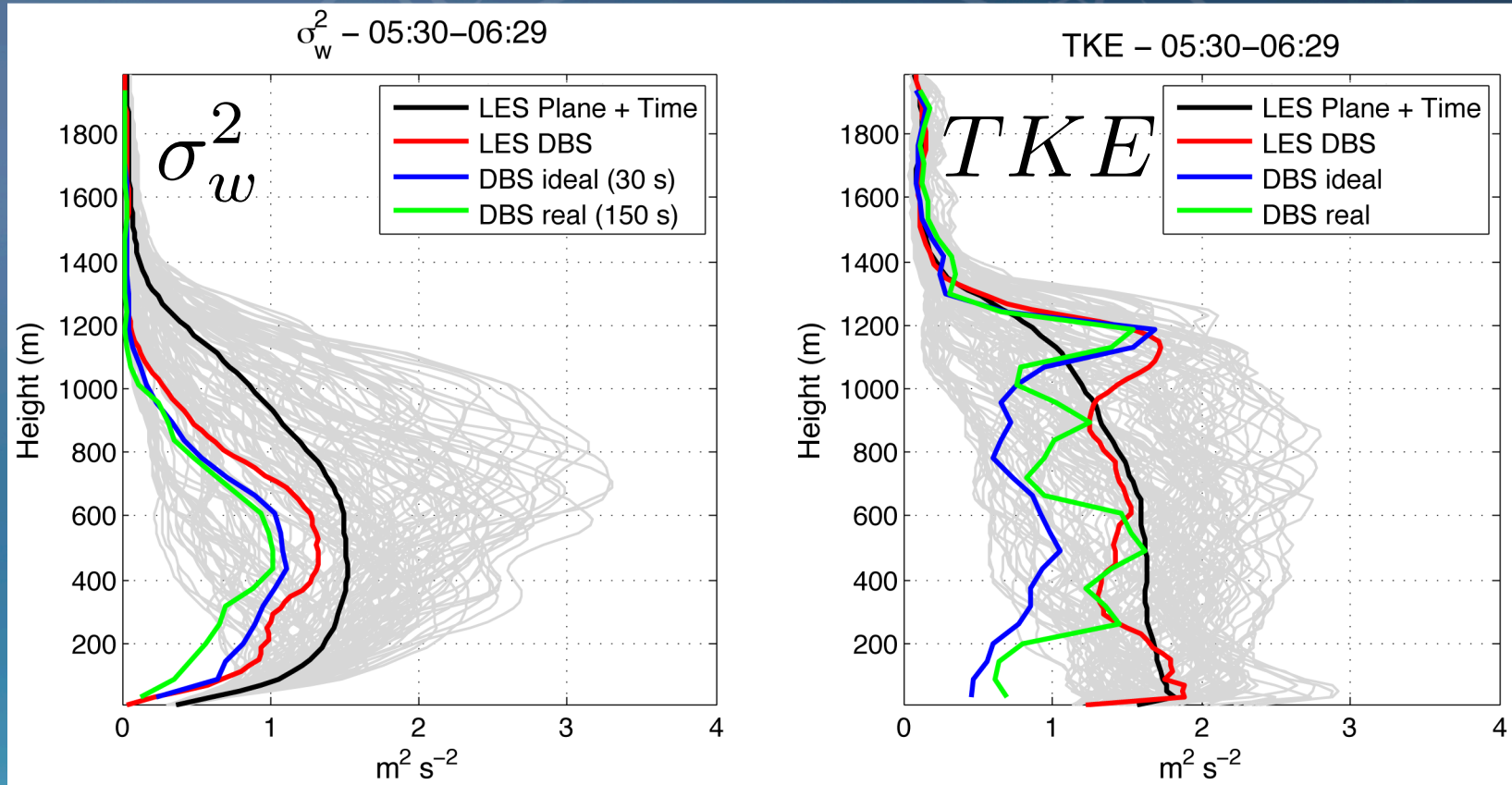
Reducción de las Varianzas Horizontales



Estimados de DBS promediados por 20 min
antes de calcular las estadísticas horarias



Varianza Vertical y TKE



La varianza vertical debe
calcularse con la mejor
resolución temporal

Factor de dissipación de turbulencia (ϵ)

Doviak y Zrnic (1984): $\sigma_v^2 = \sigma_{11}^2 + \sigma_s^2 + \sigma_x^2$

σ_v^2 ancho espectral Doppler medido

σ_{11}^2 ancho espectral por turbulencia

σ_s^2 ensanchamiento por cortante

σ_x^2 ensanchamiento por procesamiento de señales

White et al. 1999:

$$\epsilon_{Rad} = \sigma_{11}^3 (4\pi/A)^{3/2} J^{-3/2}$$

$$J = 12\Gamma(2/3) \int_0^{\pi/2} \int (\sin^3 \varphi) (b^2 \cos^2 \varphi$$

$$+ a^2 \sin^2 \varphi$$

$$+ (L^2/12) \sin^2 \varphi \cos^2 \phi)^{1/3} d\varphi d\phi$$

$$L = V_T t_D$$

El factor de disipación es proporcional al cubo del ancho espectral por turbulencia

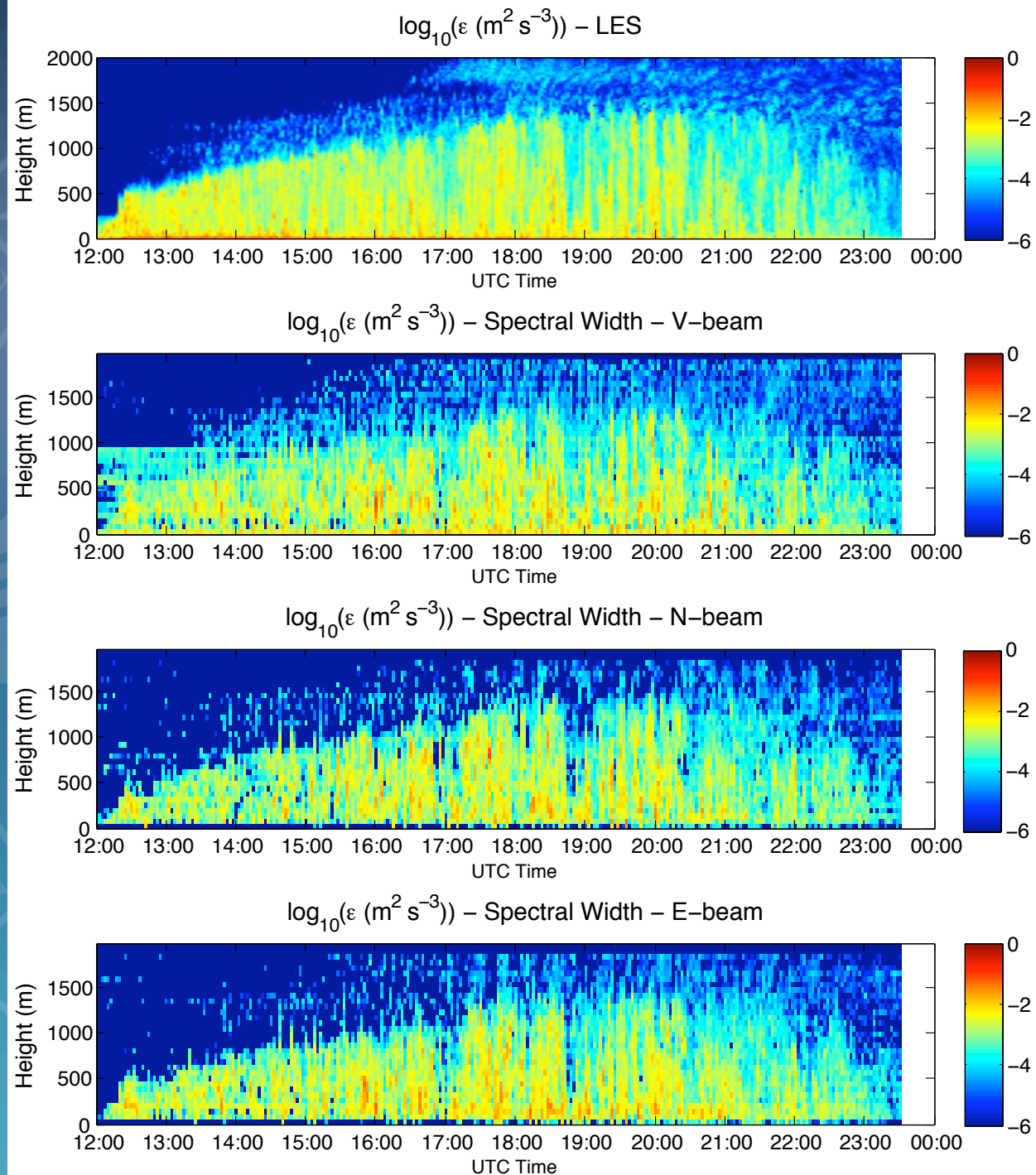


LES
(Deardorff, 1980)

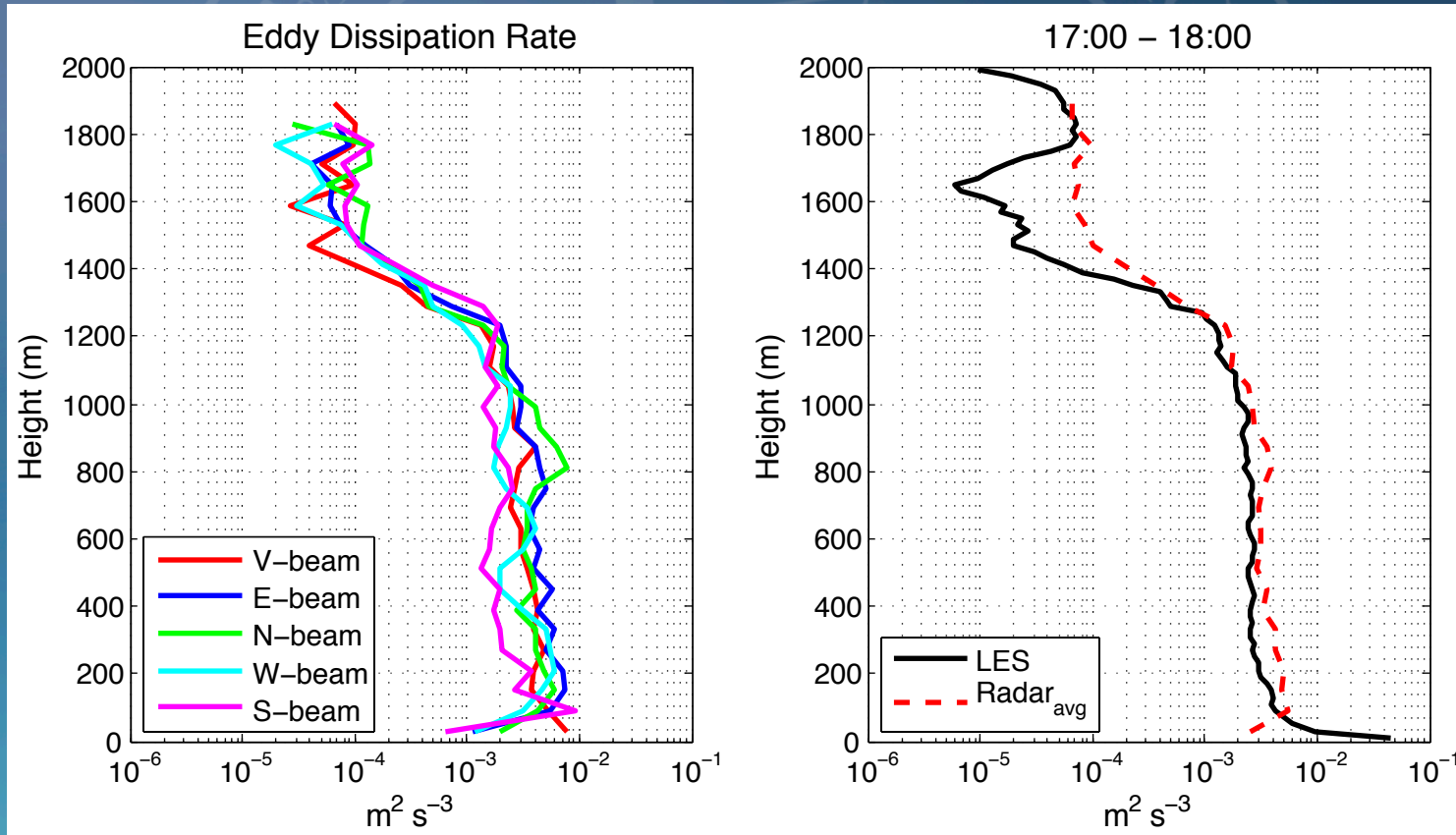
Haz Vertical

Haz Obliquo
Norte

Haz Obliquo
Este



Perfil Promediado (17:00 – 18:00)



Todos los haces tienen
similar factor de disipación

Discrepancias en bajas
altitudes (escasez de puntos)
y sobre CL (turbulencia débil)



Conclusiones

- Las varianzas de la velocidades horizontales pueden ser sobreestimadas si es que la velocidad vertical en la capa limite es muy activa
- Una manera de reducir la varianza es promediando los vientos horizontales antes de calcular la varianza
- La varianza de la velocidad vertical debe ser calculada con la máxima resolución temporal de lo contrario puede ser subestimada
- Los estimados de TKE son obtenidos sumando las contrubuciones de las varianzas horizontal y vertical



Conclusiones

- El factor de disipación es inafecto a cortante de viento de la velocidad vertical
- Estimado del factor de disipación pueden obtenerse aislando el efecto de ensanchamiento del ancho espectral Doppler debido a la turbulencia
- Los estimados para los haces obliquos y vertical son equivalentes.

