

# **INSA, Ingeniería y Servicios Aeroespaciales, SA**

Monitorización del impacto del centelleo  
ionosférico sobre  
las comunicaciones espaciales



[www.insa.es](http://www.insa.es)



# Efectos clima espacial

- Funcionamiento y supervivencia de satélites espaciales
- Efectos sobre equipos electrónicos en Tierra afectando sistemas imprescindibles
  - Transportes
  - Comunicaciones
  - Suministro eléctrico....

**→ Efectos sobre la atmósfera como canal de comunicaciones satélite-Tierra**

# Física de la Tierra

LA IONOSFERA Y SU INFLUENCIA EN EL POSICIONAMIENTO  
Y LA NAVEGACIÓN SATELITAL

Editores científicos: M. Herraiz Sarachaga y B. A. de la Morena Carretero

Vol. 20, 2008

N. JARDWSKI, CH. MAYER, V. WILKEN y M.M. HOQUE *Ionospheric Impact on GNSS Signals*

S.M. RADICELLA, B. NAVA y P. COISSON *Ionospheric Models for GNSS Single Frequency Range Delay Corrections*

G. MIRÓ AMARANTE, K. ALAZO, L. CIRAOLO y S.M. RADICELLA *Aplicaciones en la investigación ionosférica de datos procedentes de sondeos de incidencia vertical y receptores GPS*

R.G. EZQUER y S.M. RADICELLA *Ionosfera de bajas latitudes: efectos sobre señales de satélites recibidas en Tucumán*

## CAMPAÑA DE ESTUDIO SOBRE EL CENTELLEO IONOSFÉRICO Y SU IMPACTO EN LAS COMUNICACIONES ESPACIALES

Inés RUIZ GÓMEZ<sup>1</sup>, José Ángel RUIZ DEL ARBOL<sup>1</sup>, Benito DE LA MORENA<sup>2</sup>,  
Fernando MACIÁ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ingeniería y Servicios Aeroespaciales (INSA), Spain

([iruiz@insa.org](mailto:iruiz@insa.org), [jaruiz@insa.org](mailto:jaruiz@insa.org), [fernando.macia@insa.org](mailto:fernando.macia@insa.org))

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA), Spain

([morenacb@inta.es](mailto:morenacb@inta.es))

I. RUIZ GÓMEZ, J.A. RUIZ DEL ARBOL, B. DE LA MORENA y F. MACIÁ *Campana de estudio sobre el centelleo ionosférico y su impacto en las comunicaciones espaciales*

C.E. VALLADARES y J. VILLALOBOS *LISN: una red para la caracterización del estado actual y pronóstico de la ionosfera en América del Sur*

# Contenidos

- Esta presentación resume los resultados del estudio de Monitorización del impacto del centelleo ionosférico en las Comunicaciones Espaciales realizado por INTA e INSA
- Los resultados del estudio fueron publicados en el volumen especial sobre la ionosfera y su influencia en navegación satelital publicado por la UCM en 2008



# Antecedentes: INSA

- **INSA** es una empresa 100% propiedad del INTA, Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial, perteneciente al Ministerio de Defensa
- **Operación y mantenimiento de Estaciones terrenas:** centros de seguimiento de NASA, ESA e INTA
- **Ingeniería:** segmento de tierra de sistemas espaciales, comunicaciones por satélite, servicios teledetección
- **Número de empleados:** 720, **ingresos anuales:** 56 M€



**ROBLEDO DE CHAVELA**  
(MDSCC/NASA)



**VILLAFRANCA**  
(ESAC/ESA)



**CEBREROS**  
(DSGS/ESA)



**MASPALOMAS**  
(CEC/INTA)

- Entre otoño de 2002 y primavera de 2003, se detectaron interrupciones en recepción de telemetría en banda S de satélites en estaciones en regiones subtropicales
- Estudio de posibles orígenes (sistema de recepción, interferencias...) condujeron a determinar el origen en centelleos ionosféricos
- A partir de junio de 2003 INTA e INSA estudiaron este fenómeno
- En octubre de 2003 se puso en marcha una campaña de medida en estaciones de recepción

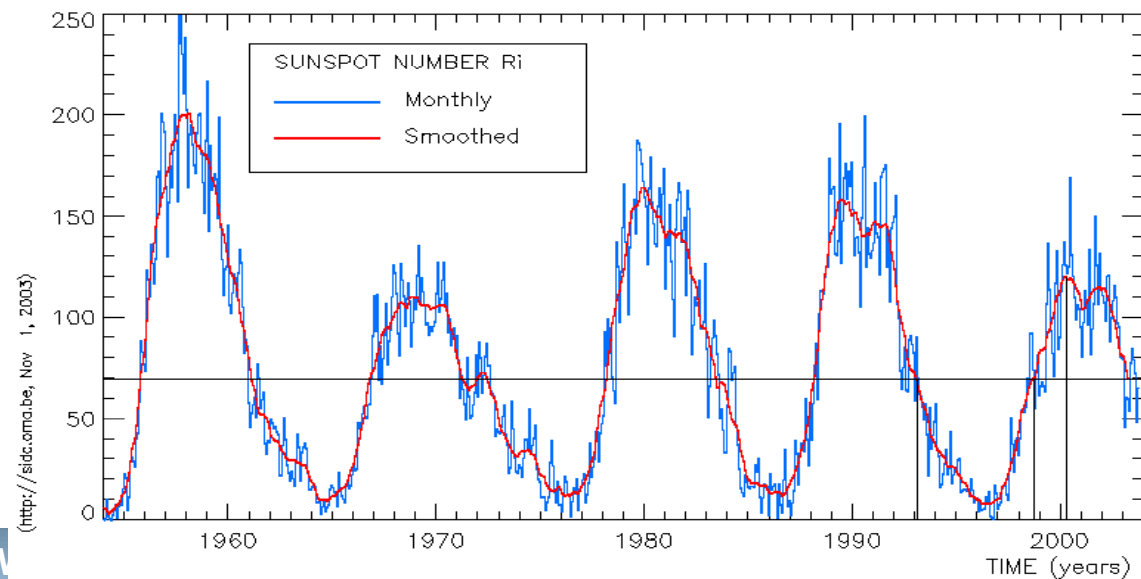
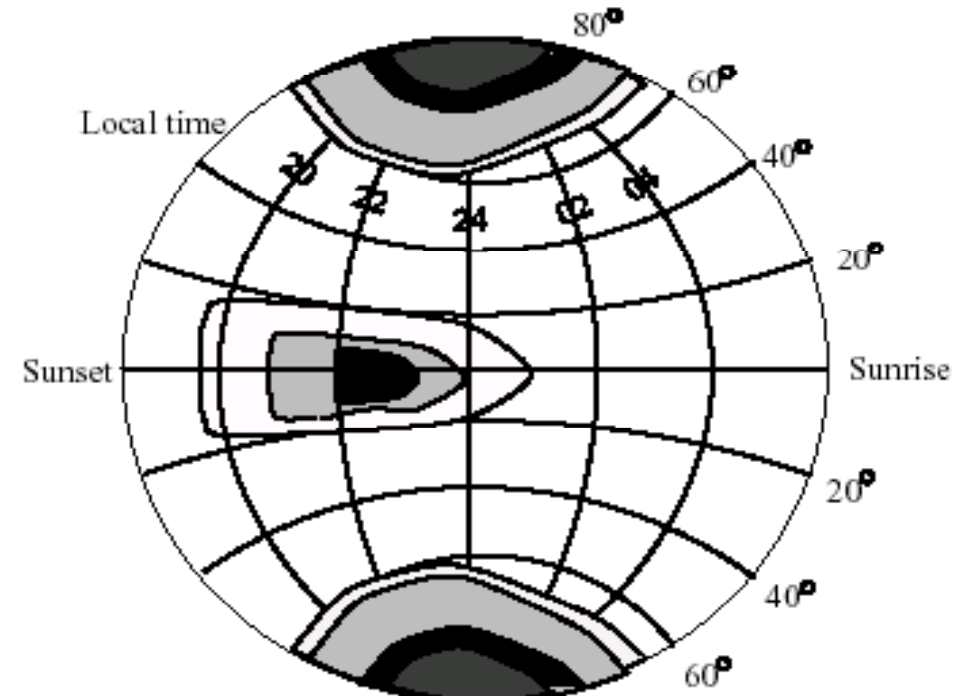
# Centelleo ionosférico

- Centelleos:
  - Variación de las señales radio debida a las turbulencias generadas por irregularidades en la ionosfera
  - Denominado por analogía al fenómeno derivado de las turbulencias atmosféricas en la intensidad luminosa de las estrellas
- Rápida transformación de un plasma homogéneo en ionosfera irregular



# Incidencia y efectos del centelleo ionosférico

- Mayor incidencia de turbulencias ionosféricas:
  - Altas latitudes
  - Regiones ecuatoriales
  - A partir del ocaso, durante varias horas
  - Más intenso en equinoccios
- Variable en función de
  - Frecuencia de transmisión
  - Ciclo solar
  - Estación del año
  - Actividad magnética

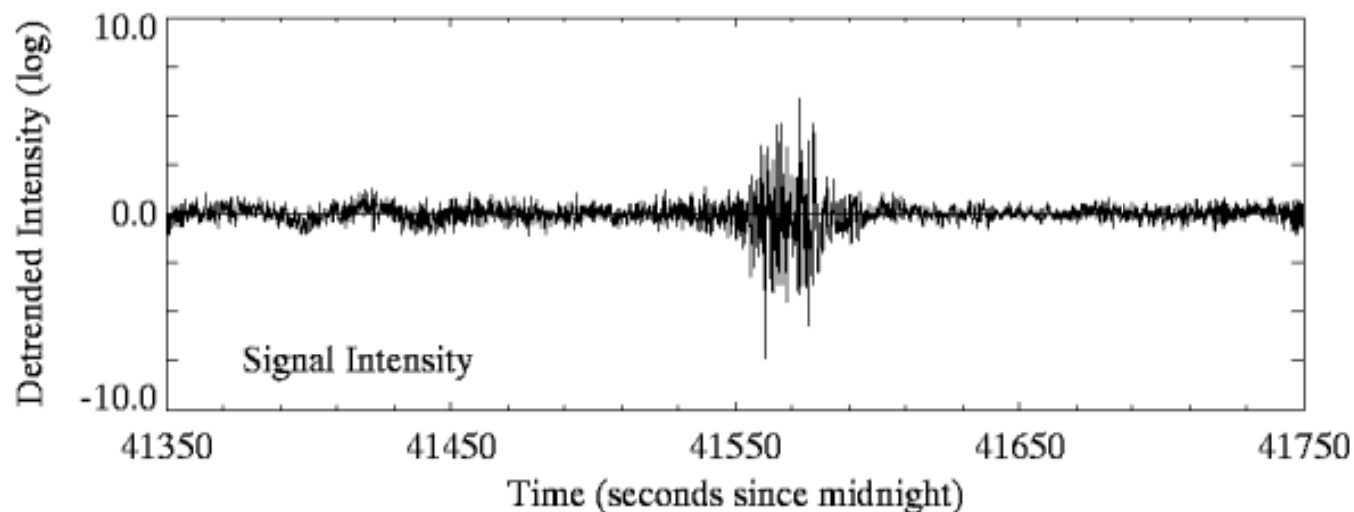
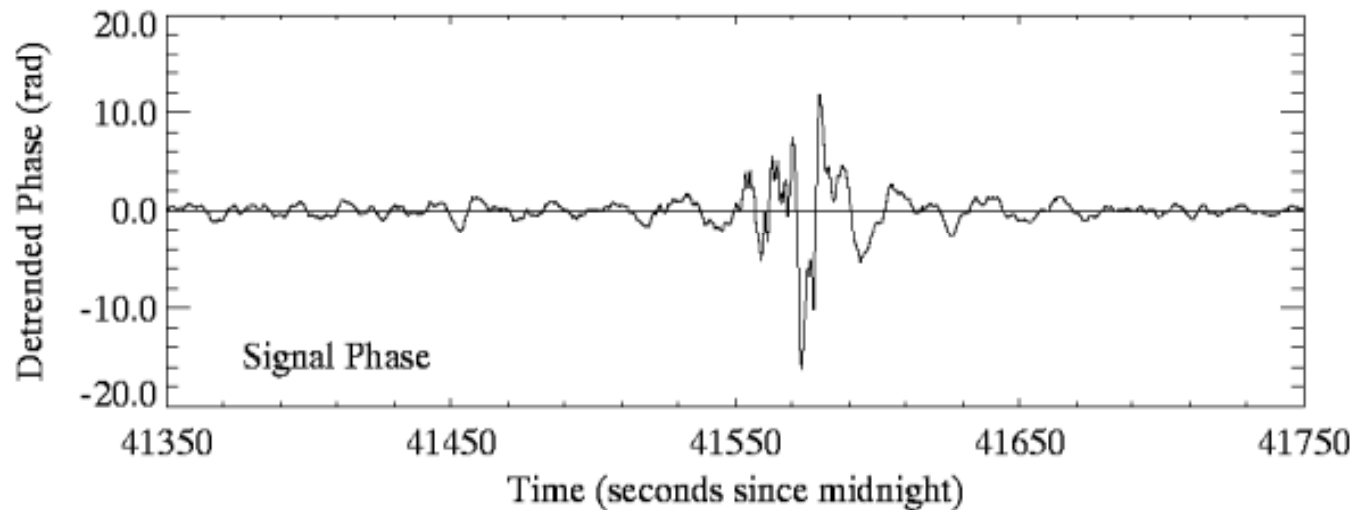


# Efectos del centelleo

## Wideband Pass PF-13-02

Frequency: 137.67 MHz

Detrend Interval: 60 seconds



- Decrece con la frecuencia
- Variaciones temporales de amplitud, fase y DOA de las señales de transmisión



# Efecto centelleo según frecuencias de transmisión

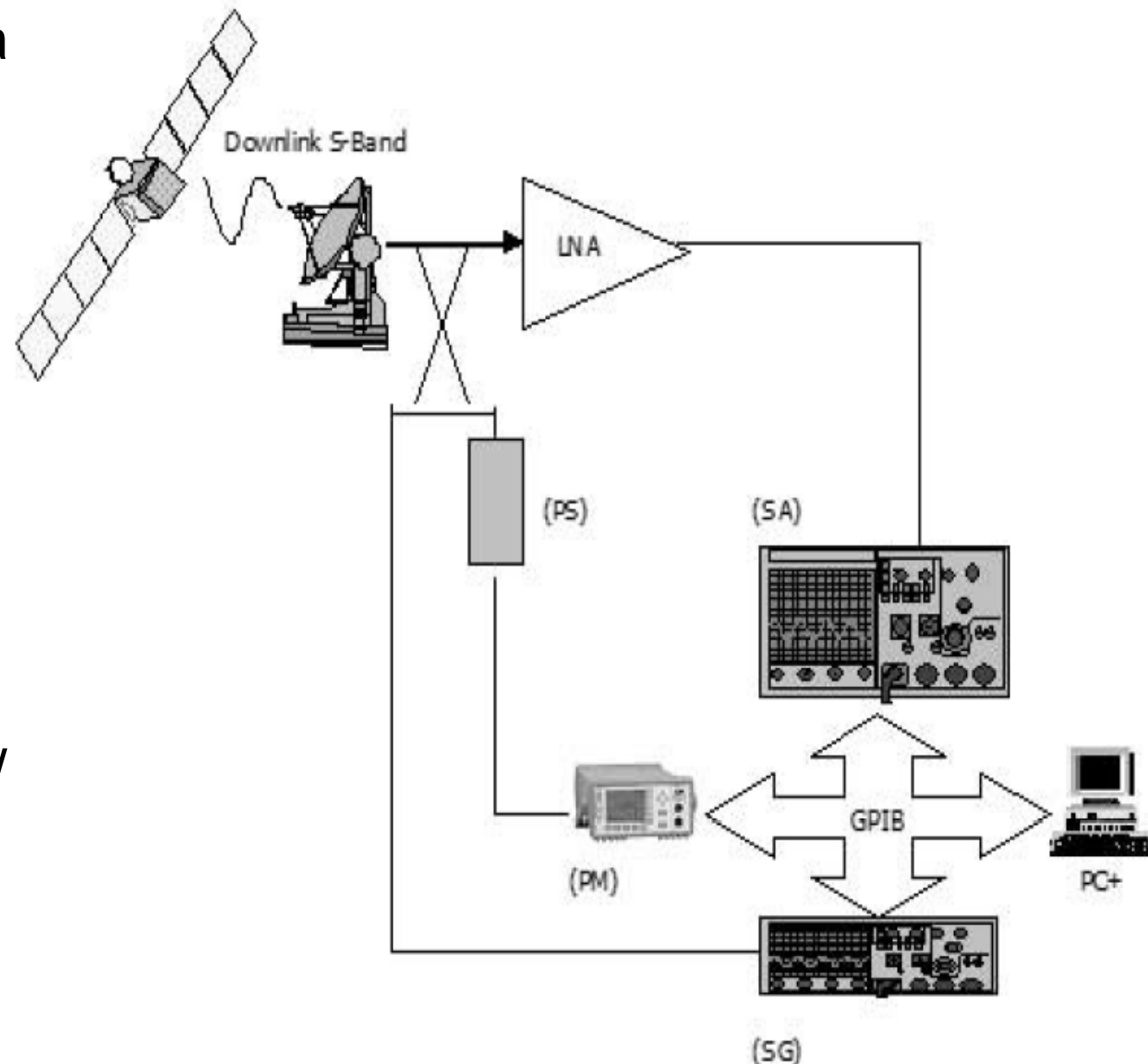
HF Band	3 to 30 MHz
VHF Band	30 to 300 MHz
UHF Band	300 to 1000 MHz
L Band	1 to 2 GHz
S Band	2 to 4 GHz
C Band	4 to 8 GHz
X Band	8 to 12 GHz
Ku Band	12 to 18 GHz
K Band	12 to 27 GHz
Ka Band	27 to 40 GHz

- Significativo en frecuencias tan altas como 3 GHz
- Caracterizado en bandas L e inferiores
- Interés en estudiar efectos en bandas S y X, empleadas en satélites EO

→ **INTA e INSA**  
abordan campaña  
de mediciones

# Desarrollo de aplicación para campaña de mediciones

- Desarrollo de aplicación para campaña de mediciones
- Medida directa de portadora D/L
- Recogida de muestras cada entre 5 pm y 5 am
- Proceso off-line de determinación de desviaciones de señal
- Autocalibrado cada 6 h para corregir diferencias en LNA y atenuación del cable
- Error estimado de  $\pm 0.7$  dB



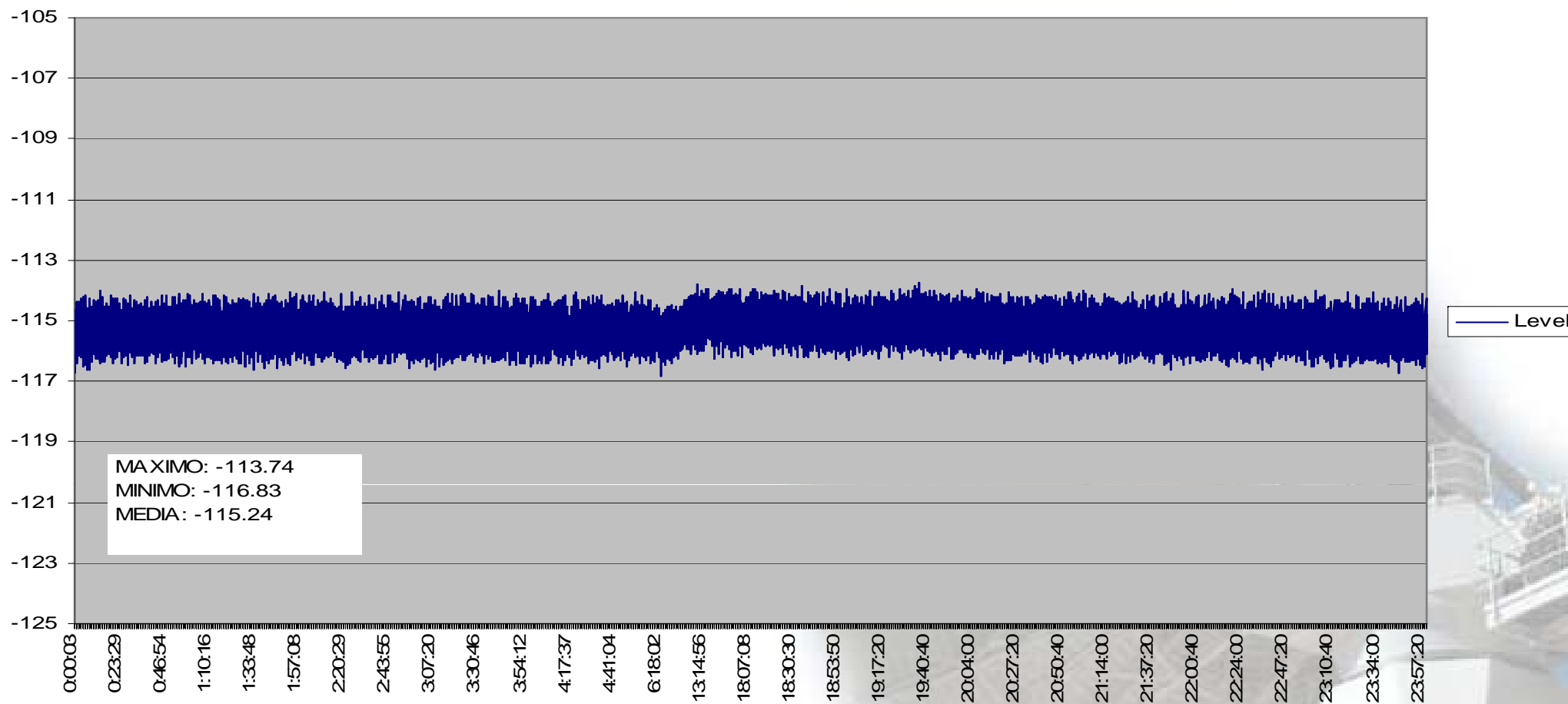
# Campaña de mediciones

- Primera campaña desarrollada en 2003 - 2004
- Muestreo inicial: cada minuto, mejorado a recogida cada 2 seg
- Centrado en bandas de transmisión S y X
- Cobertura anual, pese a mayor incidencia del fenómeno en equinoccios



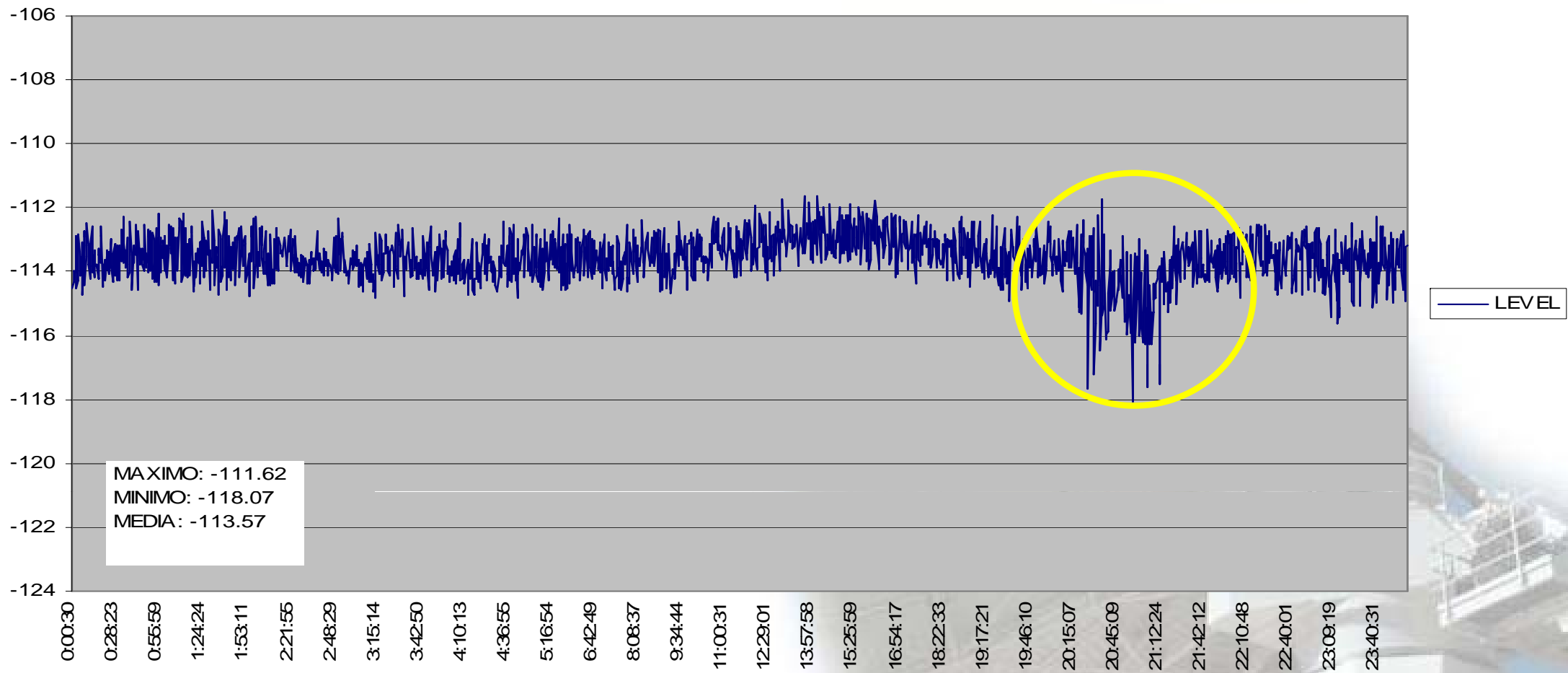
# Situación normal Downlink

DOY 304



# Centelleos sin pérdida de señal D/L

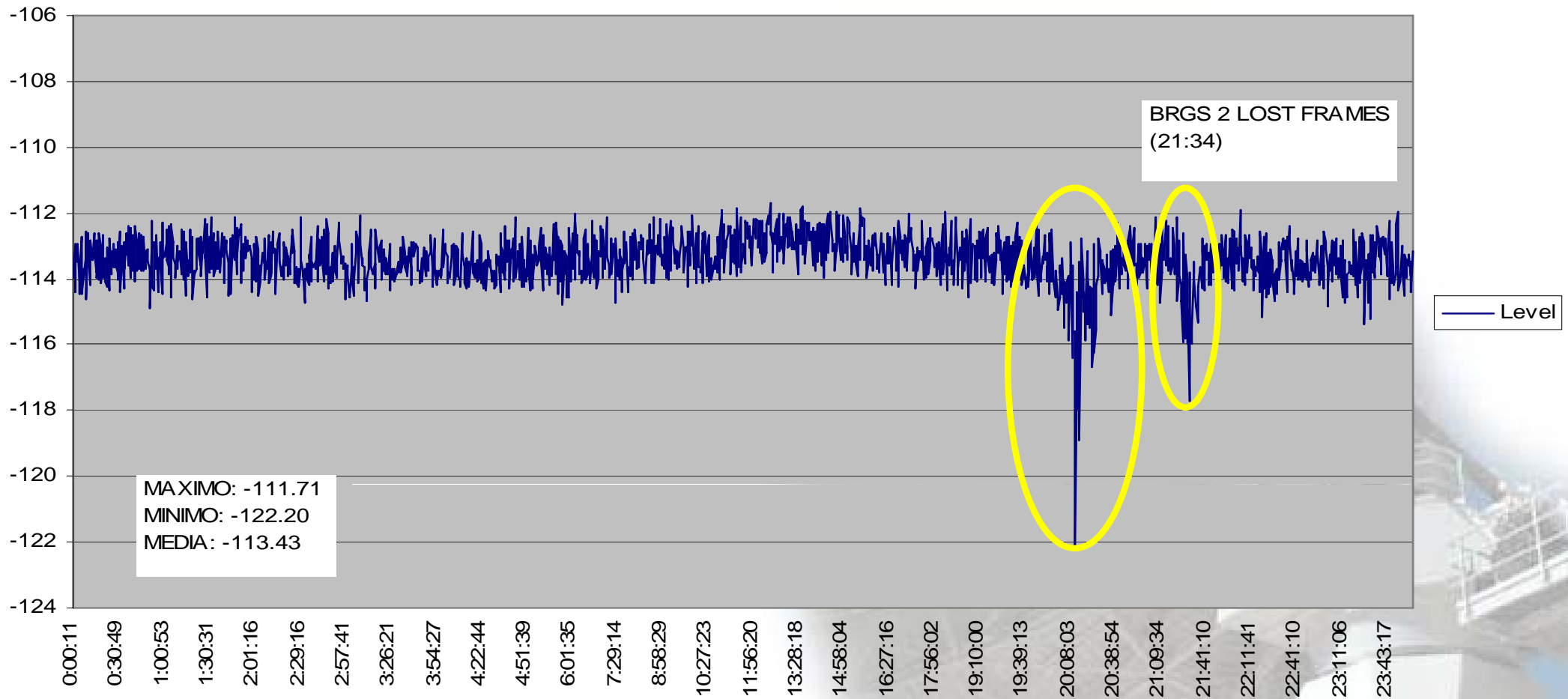
DOY 278



# Pérdida de señal por centelleos

D/L

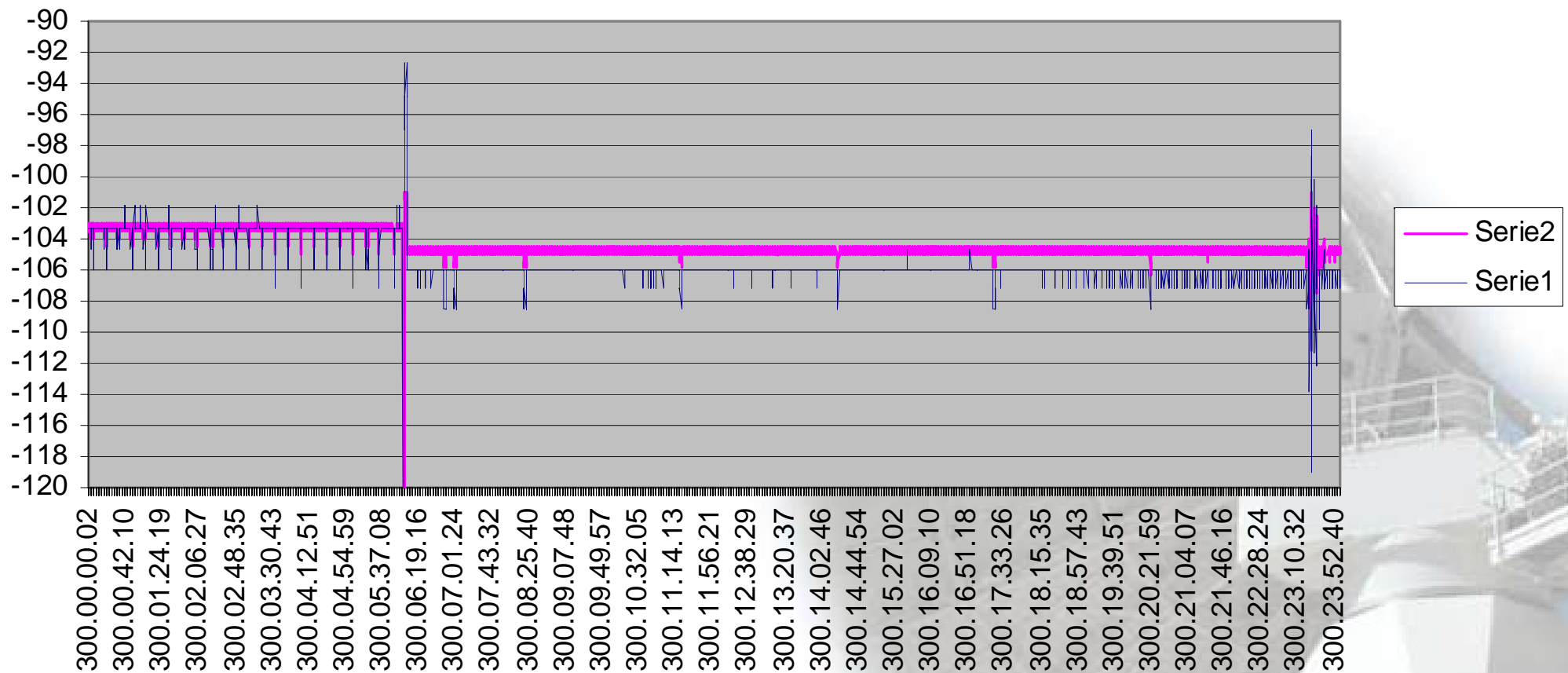
DOY 284





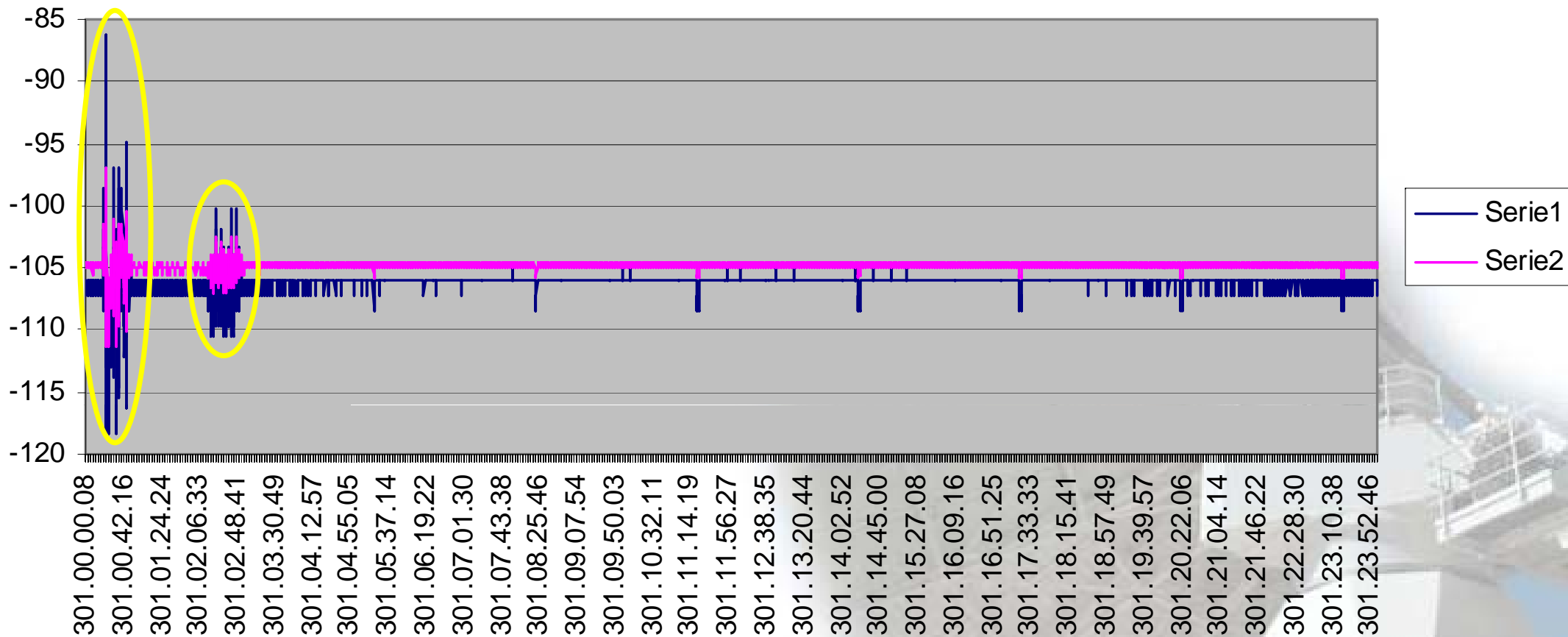
# Centelleos Uplink

DOY 300



# Centelleos Uplink

DOY 301



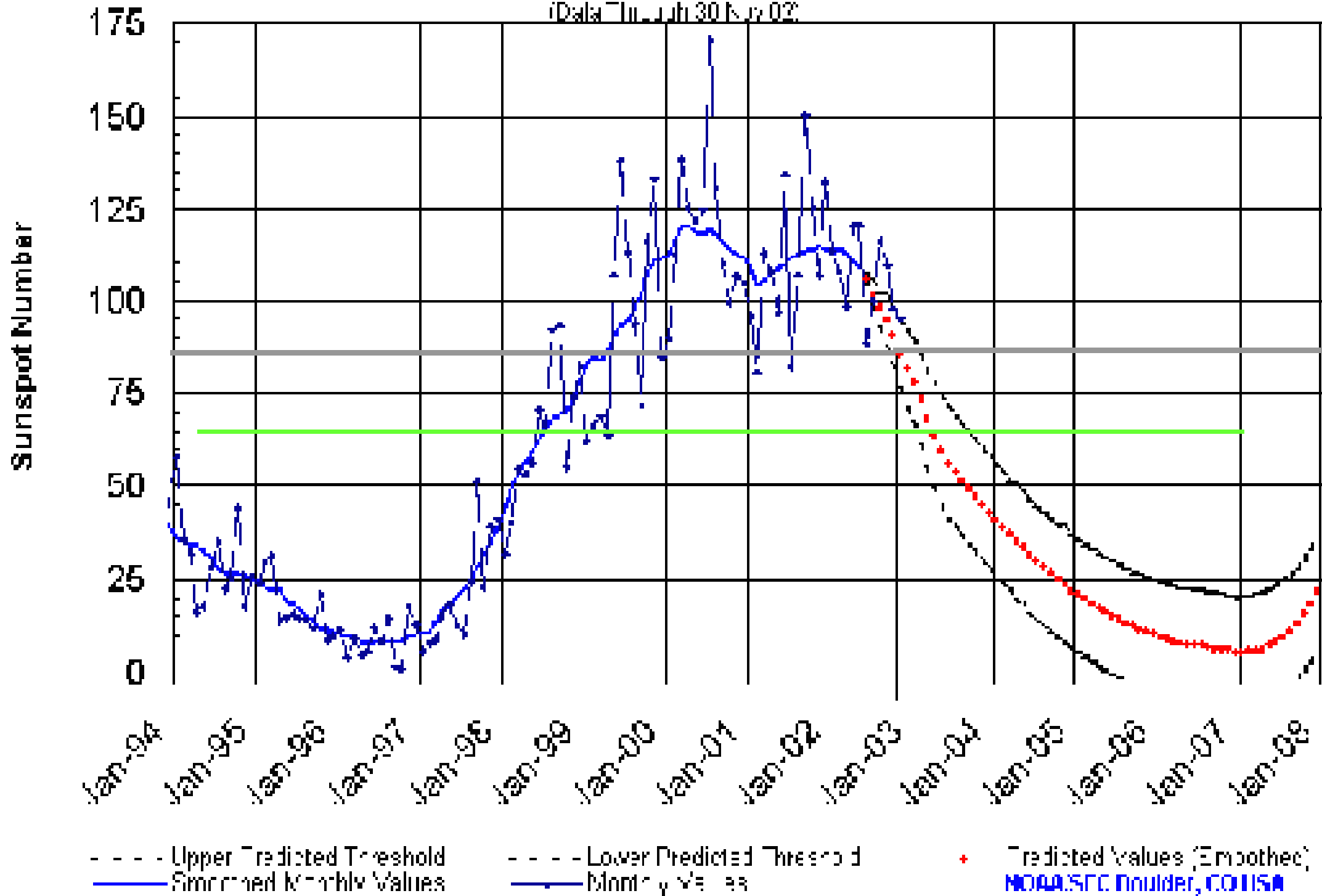
# Análisis de datos

- Entre octubre 2003 y junio 2004: incidencia en meses de equinoccio
  - !8% de los días en torno al equinoccio
  - 5 días con pérdidas de datos en downlink
  - Incidencias en U/L coincidentes en el tiempo con D/L, pero:
    - Variaciones positivas o negativas de potencia (frente a atenuación en D/L)
    - Sin pérdidas de datos
  - Incidencias registrada en 2003-2004: muy inferior a la pérdida de datos en 2001-2002, donde no se hicieron registros de variación de potencia
  - A partir de junio de 2004, incidencia marginal, sin pérdida de datos
- **Clara correlación con los ciclos de actividad solar que registró máximos en 2001**



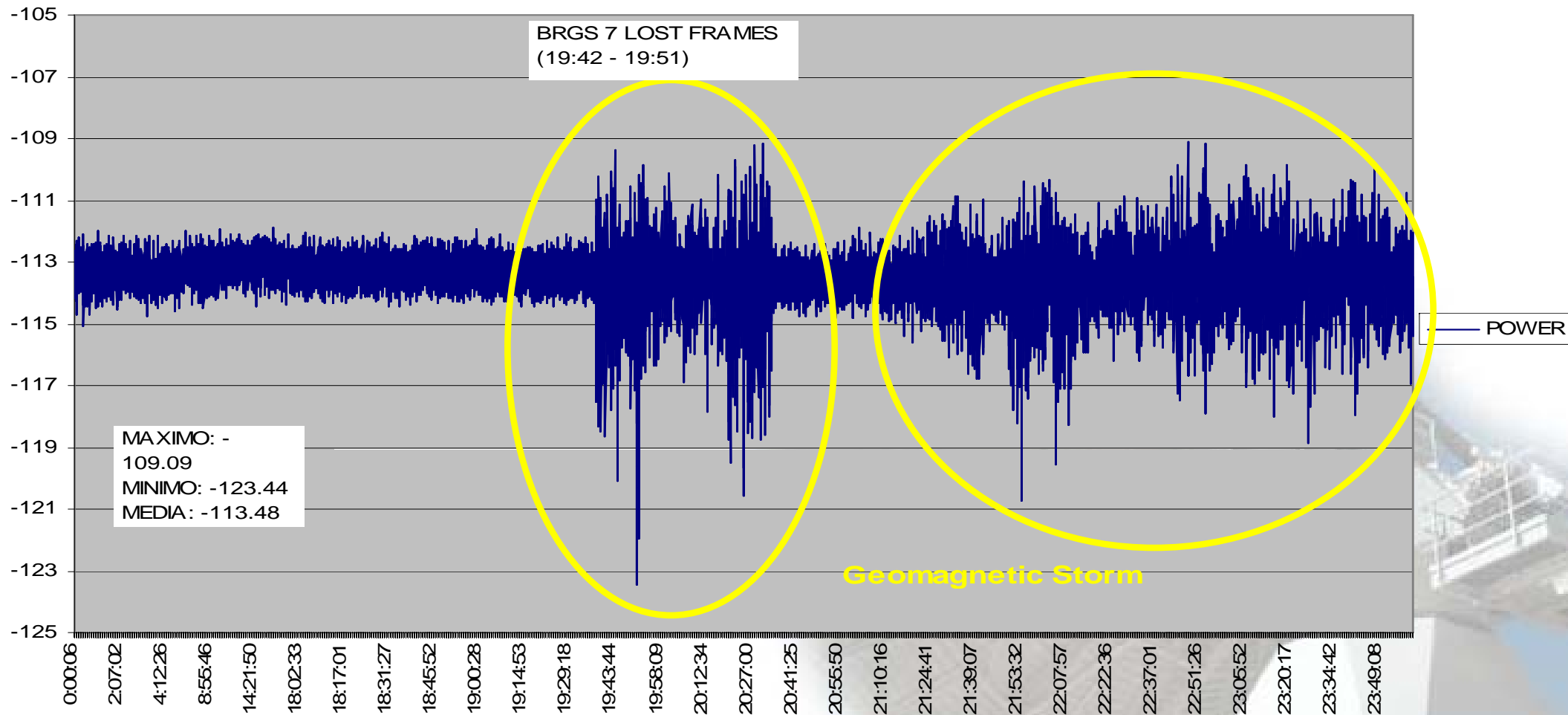
# ISES Solar Cycle Sunspot Number Progression

(Data Through 30 May 03)



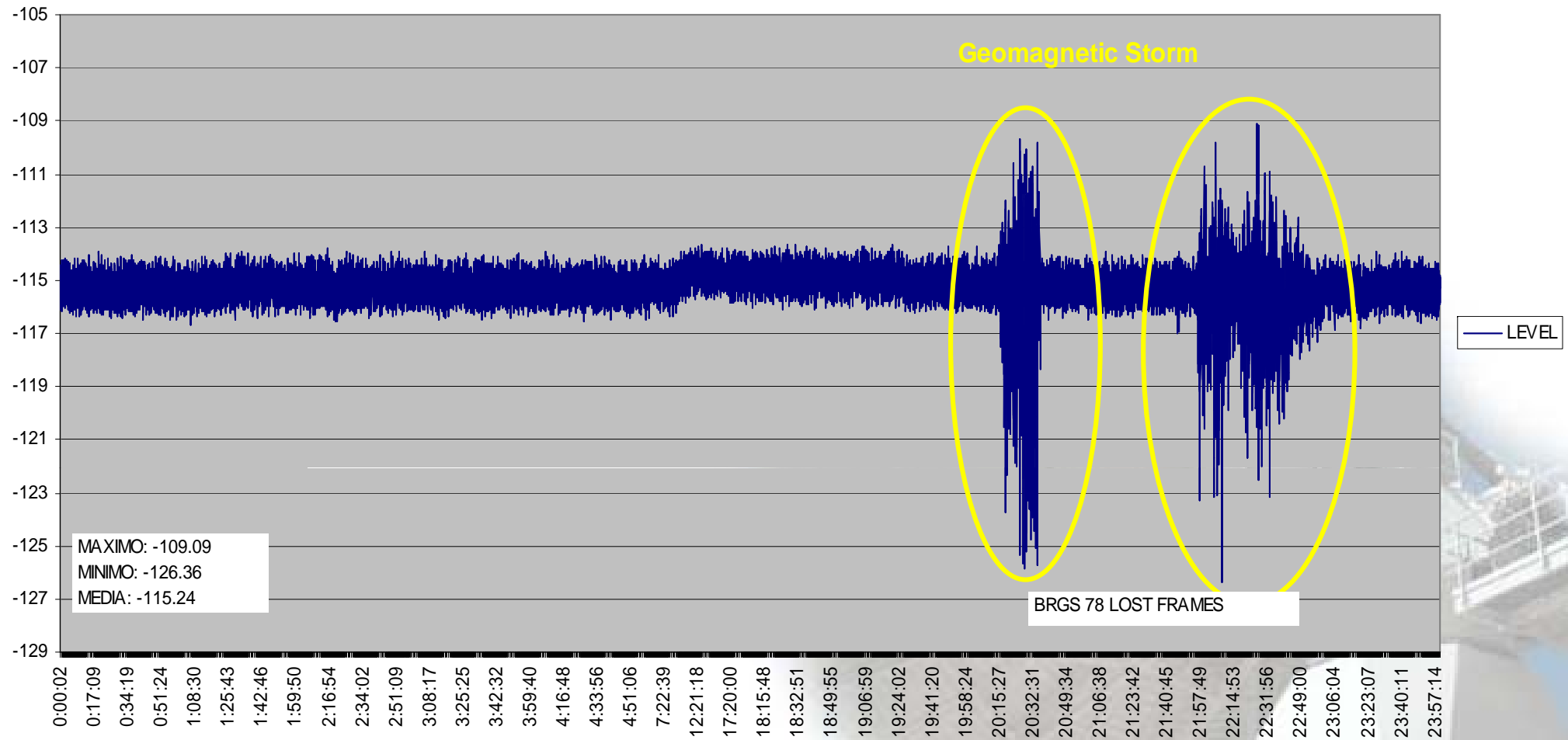
# Efectos de tormentas geomagnéticas D/L (I/II)

DOY 302



# Efectos de tormentas geomagnéticas D/L (II/II)

DOY 307





# Tormentas geomagnéticas

- Fenómeno diferente e independiente de centelleos:
  - Afecta a comunicaciones en bandas superiores
  - Efectos en todo el globo
  - A cualquier hora del día
  - Mayores variaciones en niveles de señal
- Los gráficos muestran las incidencias registradas entre octubre y noviembre de 2003, cuando tuvieron lugar las tormentas geomagnéticas de mayor intensidad de entonces los últimos 30 años

- El trabajo presentado contribuye al estudio del impacto sobre las comunicaciones satelitales de los centelleos ionosféricos:
  - Medidas reales de downlink de satélites
  - Estudio de bandas superiores S y X, menos analizadas
  - Zonas geográficas subtropicales, en torno 25°
- Los centelleos pueden producir pérdidas de comunicaciones
- Necesidad de proseguir conociendo y modelando el fenómeno para minimizar riesgos derivados de la pérdida de comunicaciones
- Correlación con ciclo solar: interés en analizar efectos en próximos máximos de actividad previstos en 2011-2012

# Ingeniería y Servicios Aeroespaciales, INSA

[www.insa.es](http://www.insa.es)

[itourne@insa.org](mailto:itourne@insa.org)

Paseo del Pintor Rosales 34  
28008 Madrid  
ESPAÑA (Spain)

**Centralita: +34 91 548 9060**

**Fax: +34 91 548 9061**