



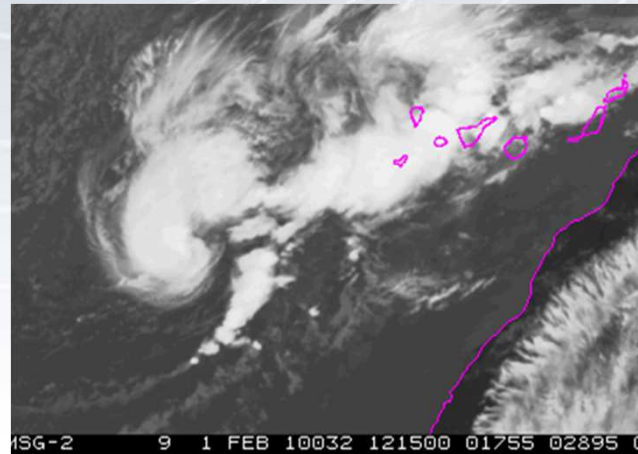
#windshearcanarias



Cizalladura en LPA/GCLP y TFS/GCTS. Casuística y Marco Teórico

# Cizalladura en Canarias. Modelos conceptuales para Tenerife Sur y Gran Canaria

Delegación Territorial de Aemet en Canarias



Javier Fernández Villares

# ÍNDICE

## 1. Motivación

- Definición y objetivo. Turbulencia

## 2. Marco teórico meteorológico y fuentes de WS

- Contexto sinóptico. Dos escenarios

## 3. WS en situación de alisio potenciado (jet costero)

## 4. WS en entornos convectivos

## 5. Entornos de cizalladura

- Casuística y estacionalidad
- Ciclo diurno

## 6. Conclusiones



# 1. Motivación

## Definición

Cizalladura (*windshear*)  
velocidad del viento e



proximidad al mar (sal  
y la inversión térmica



# 1. Motivación

El windshear (sobre todo **horizontal**) es fuente de inconvenientes para el tráfico aéreo en los aeropuertos canarios

- **Nivel científico:** baja predicibilidad por su pequeña escala
- **Nivel operativo:** impacto importante en ciertas situaciones meteorológicas



Fuerte dependencia de la casuística con el **entorno orográfico**. Sin embargo, en los casos concretos de Tenerife Sur y Gran Canaria existen suficientes elementos comunes como explicarlos conjuntamente: emplazamiento, orientación, condiciones sinópticas y orográficas

**Objetivo:** Presentar, analizar y caracterizar los fenómenos causantes de cizalladura en LPA/GCLP y TFS/GCTS

# ÍNDICE

## 1. Motivación

- Definición y objetivo. Turbulencia

## 2. Marco teórico meteorológico y fuentes de WS

- Contexto sinóptico. Dos escenarios

## 3. WS por alisio potenciado (jet costero)

## 4. WS por entornos convectivos

## 5. Entornos de cizalladura

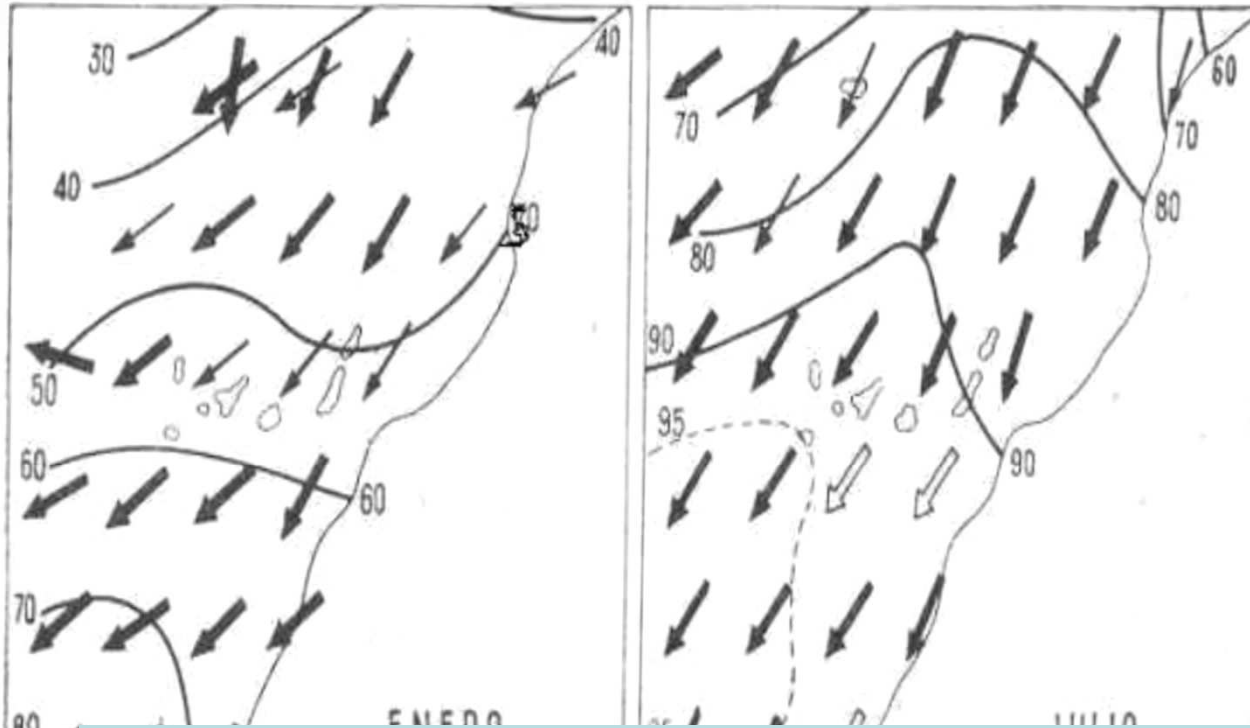
- Casuística y estacionalidad
- Ciclo diurno

## 6. Conclusiones



## 2. Marco teórico meteorológico

### Entorno sinóptico dominante



- Situación de dipolo, determina el clima canario

Traducido a vientos promedios:

- Verano, alisios el 90% del tiempo

**Escenario 1, jet costero (potenciación del alisio en las zonas aeroportuarias)**

- Por tanto, el alisio es “tiempo normal” en las islas (75-80%)

## 2. Marco teórico meteorológico

Otros entornos sinópticos relevantes para WS

- **Configuraciones relevantes:**
  - Irrupciones de aire polar marítimo
  - Danas
  - Depresiones del frente polar
  - Ondas del este
  - Depresiones subtropicales
  - Invasiones africanas

**Podemos englobar todos estos fenómenos dentro de la categoría de entornos convectivos (Escenario 2)**

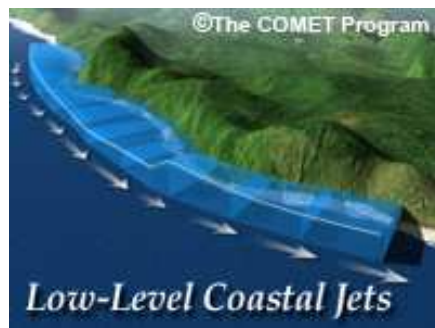
## 3. WS por jet costero

1. Motivación
  - Definición y objetivo. Turbulencia
2. Marco teórico meteorológico y fuentes de WS
  - Contexto sinóptico. Dos escenarios
3. WS en situación de **aliso potenciado (jet costero)**
4. WS en entornos convectivos
5. Entornos de cizalladura
  - Casuística y estacionalidad
  - Ciclo diurno
6. Conclusiones



# Escenario 1 (y más habitual)

## Aliso potenciado - Jet costero

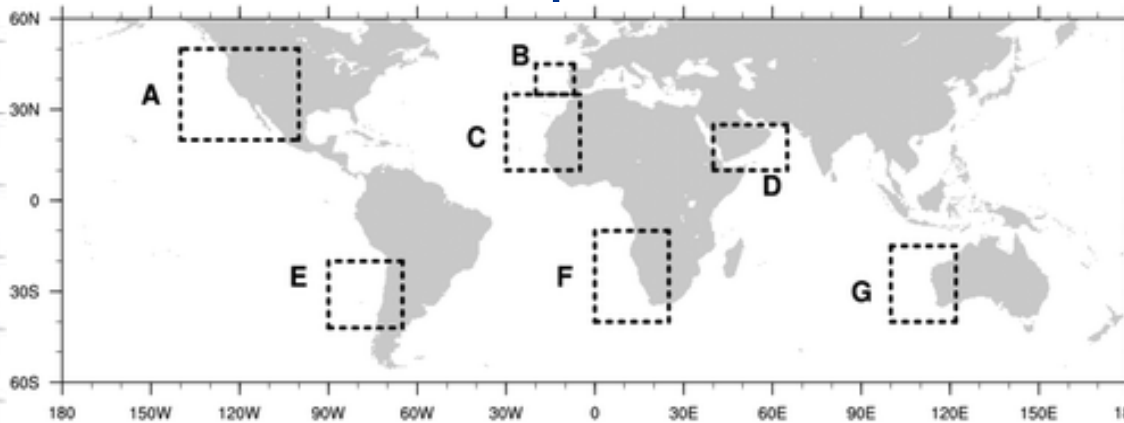


[https://www.meted.ucar.edu/training\\_module.php?id=153#.WgMLNmjG2UL](https://www.meted.ucar.edu/training_module.php?id=153#.WgMLNmjG2UL)

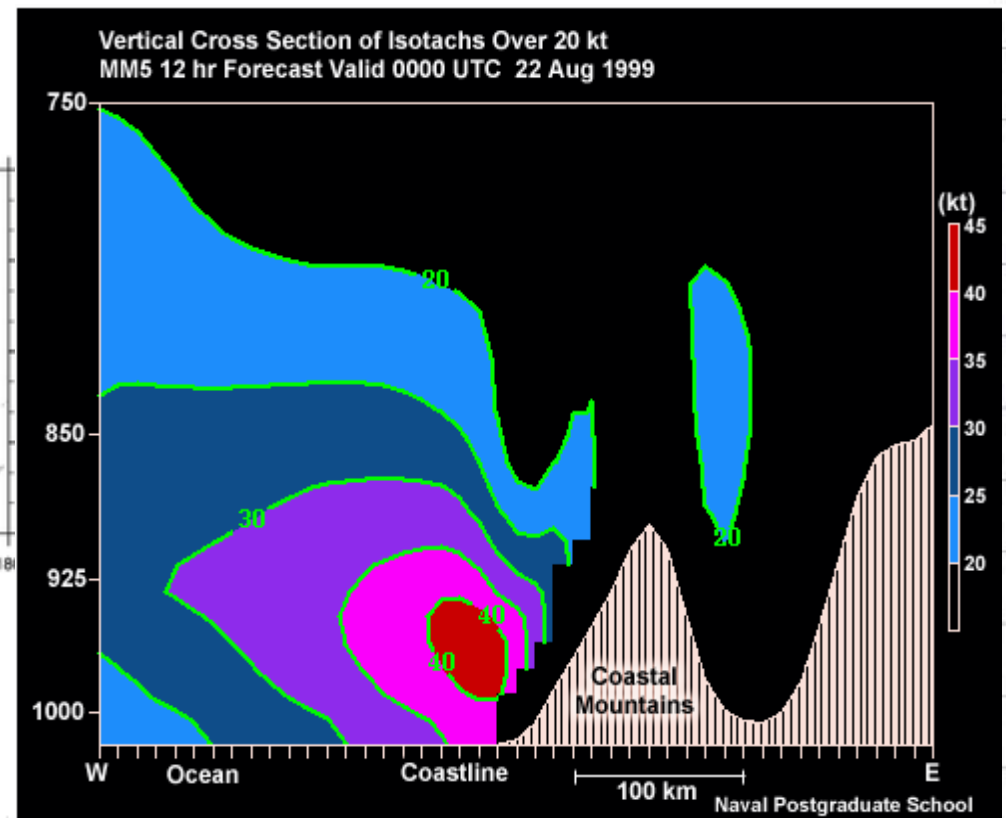


### 3. WS por jet costero

- Un chorro o jet costero es una estructura en la baja troposfera inducida por un fuerte contraste de presión entre una zona marítima y otra sobre tierra
- Aparecen en algunas costas debidas a la presencia de



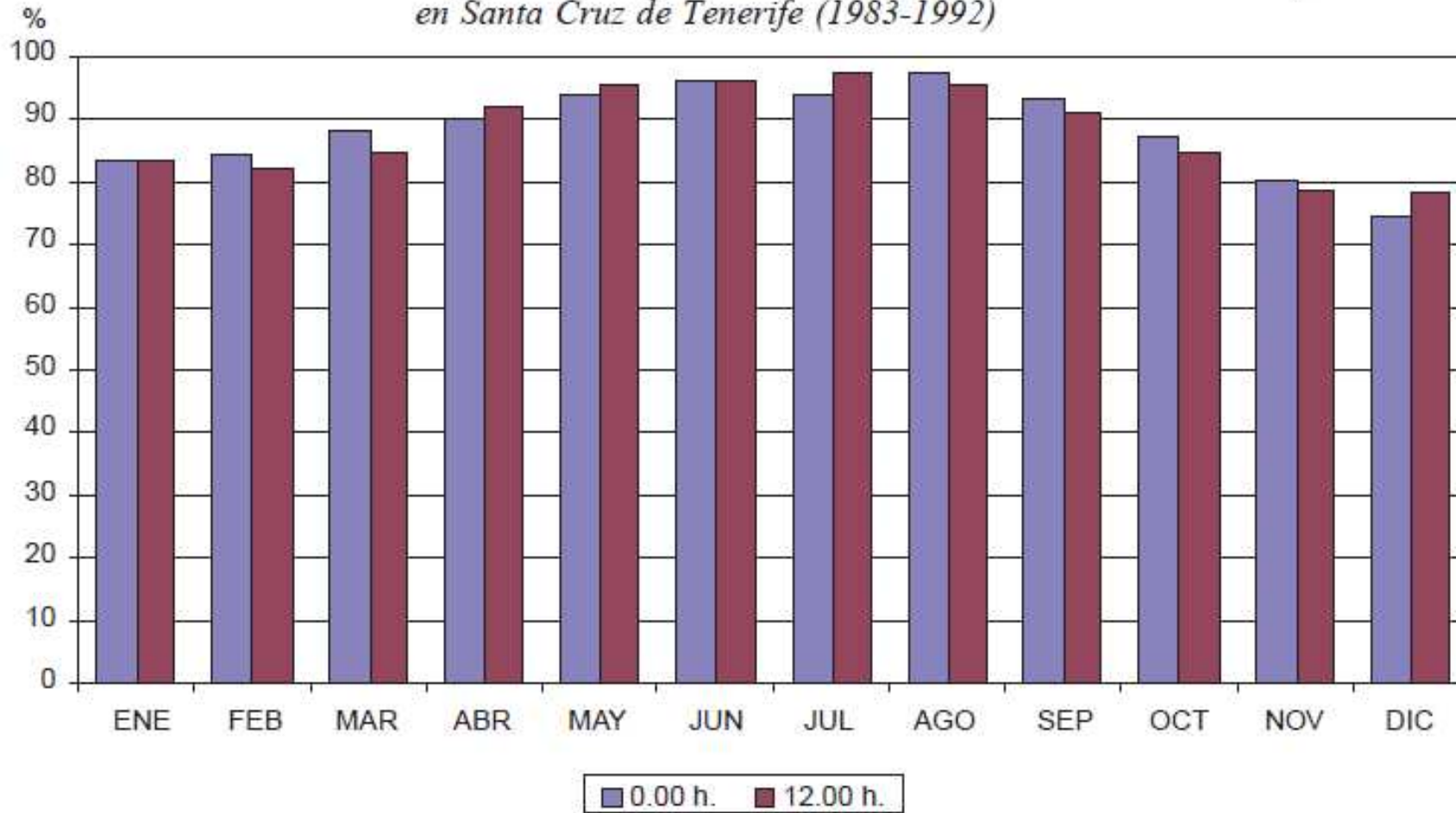
- Amplia bibliografía en otras zonas del planeta



Ejemplo de jet costero en la costa de California

# 3. WS por jet costero

Distribución mensual porcentual de los días con inversión térmica a las 00.00 y 12.00 h en Santa Cruz de Tenerife (1983-1992)



Fuente: Centro Meteorológico Territorial de Canarias Occidental (C.M.T.C.Oc.).

verificación de  
frecuencia

iz

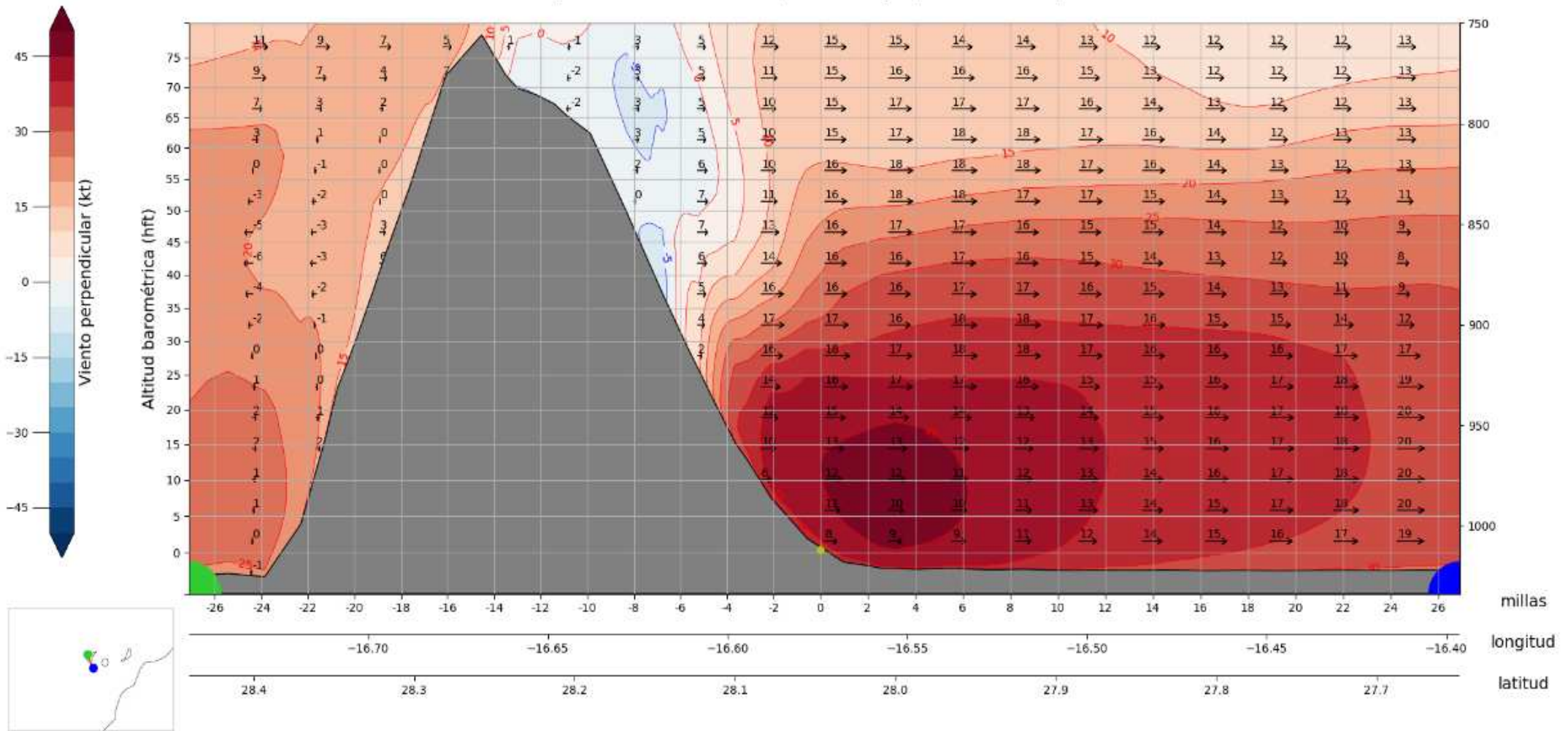
apa  
céano,  
n.

céano,  
su

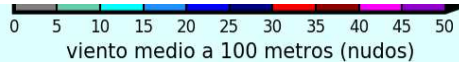
(promontorios/golfos)

# 3. WS por jet costero

- Primero algunas capturas de modelos...



previsto en el aeropuerto: GCLP 27/1600 24015kt  
campo de racha máxima no disponible





# 3. WS por jet costero GCTS

## Cizalladura horizontal. Ejemplo I, Alisio con línea de corte

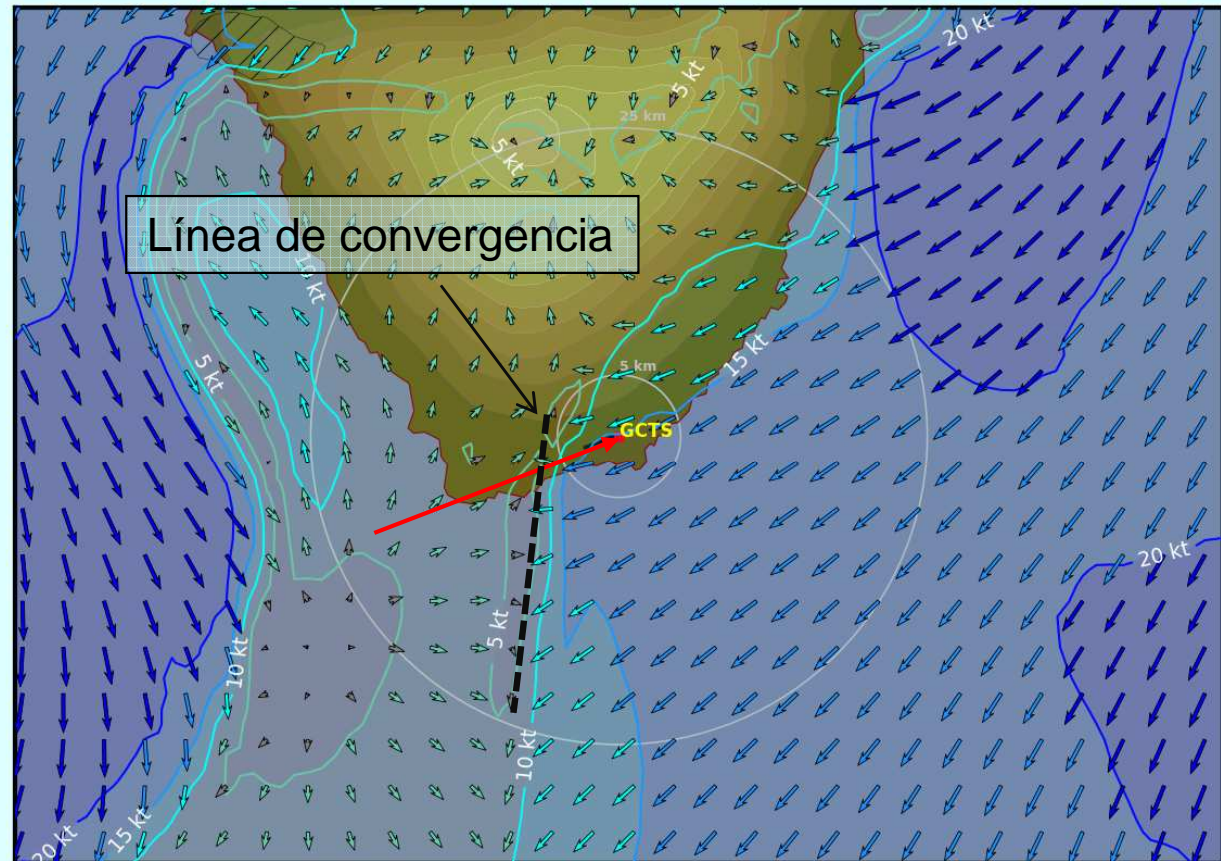
Evento WS 02/10/2017, el modelo situaba línea de corte al suroeste del aeropuerto

La orografía de la isla acelera el flujo incluso en **alisio (N-NE)** de baja intensidad (10-15kt). La orografía marca el fin del reflejo del jet en superficie (línea de convergencia)

Cizalladura positiva, al pasar el viento de cola a morro.

Mayor frecuencia durante el verano y en horas centrales/últimas horas del día, por la persistencia del alisio y mayor interacción de los flujos térmicos (jet costero + brisa térmicas confluyente).

HARMONIE-AEMET 02-10-2017 12z, pronóstico para **Lunes 02-10-2017 14z (H+2)**



0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50  
viento medio a 10 metros (nudos)

previsto en el aeropuerto: GCTS 021400 07015kt  
racha máxima: 07023kt en la hora previa



# 3. WS por jet costero GCTS

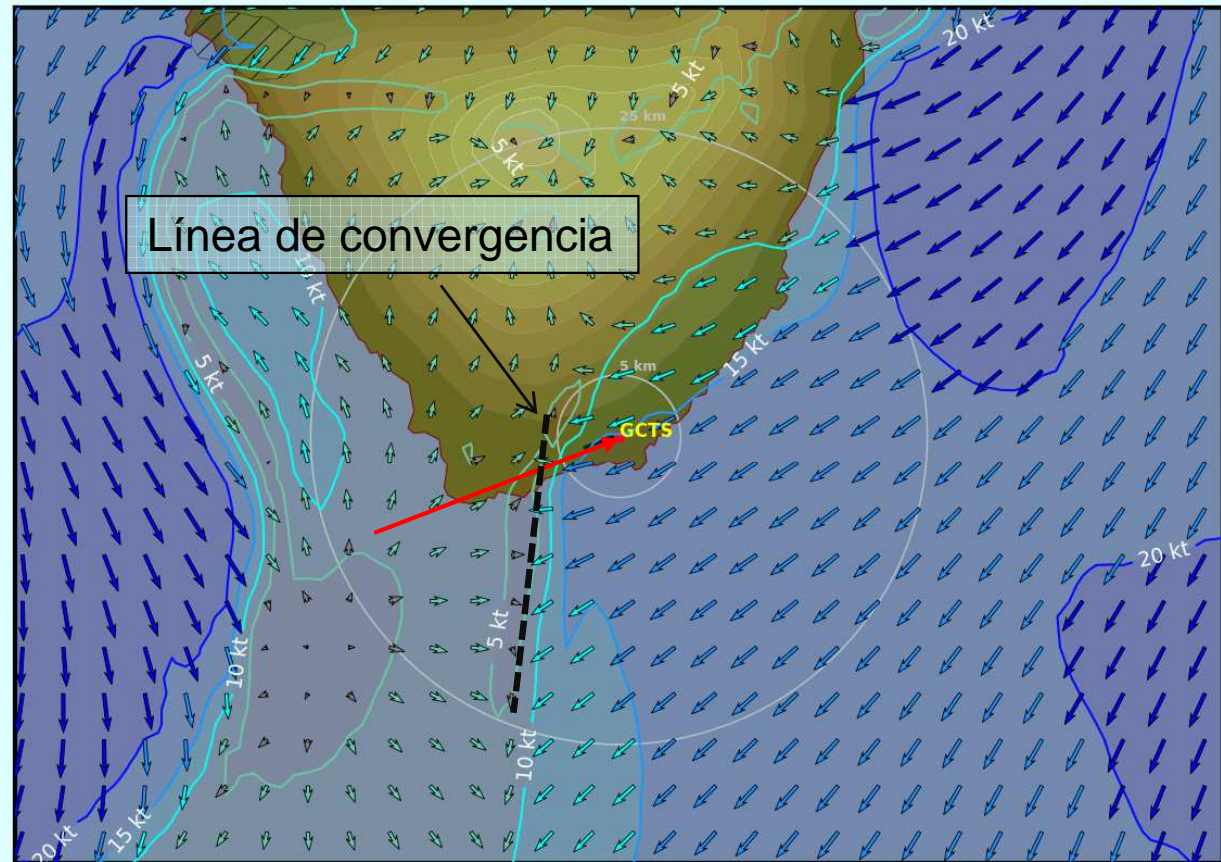
## Cizalladura horizontal. Ejemplo I, Alisio con línea de corte

### Condiciones generalmente desfavorables

El principal problema de GCTS es que la línea de corte suele situarse en las inmediaciones del aeropuerto con alisio del NE (configuración más habitual), de ahí que sea uno de los aeropuertos más castigados por cizalladura de España.

Existencia del único LLWAS actualmente operativo en España para la detección de cizalladura horizontal.

HARMONIE-AEMET 02-10-2017 12z, pronóstico para **Lunes 02-10-2017 14z (H+2)**



0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50  
viento medio a 10 metros (nudos)

previsto en el aeropuerto: GCTS 021400 07015kt  
racha máxima: 07023kt en la hora previa

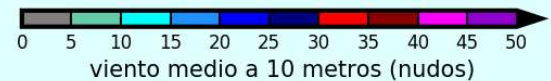
# 3. WS por jet costero GCTS

## Cizalladura horizontal. Ejemplo I, Alisio con línea de corte

Condiciones generalmente desfavorable

El principal problema de GCTS es que la línea de corte suele situarse del aerodromo (configuración de ahí aeropuerto cizalladura). Existencia de función de la detección horizontal

HARMONIE-AEMET 02-10-2017 12z, pronóstico para el Lunes 02-10-2017 14z (H+2)

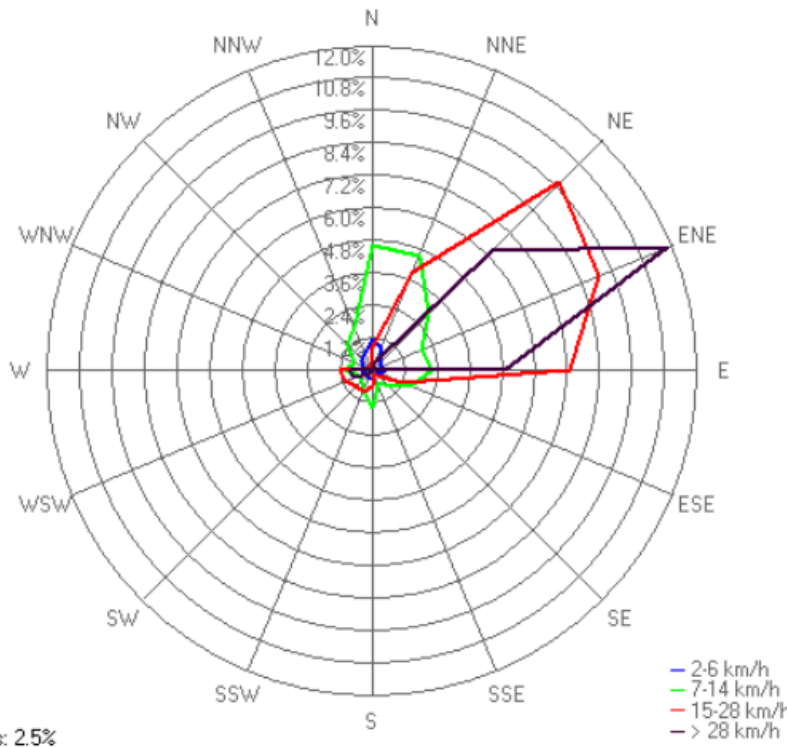


previsto en el aeropuerto: GCTS 021400 07015kt  
racha máxima: 07023kt en la hora previa

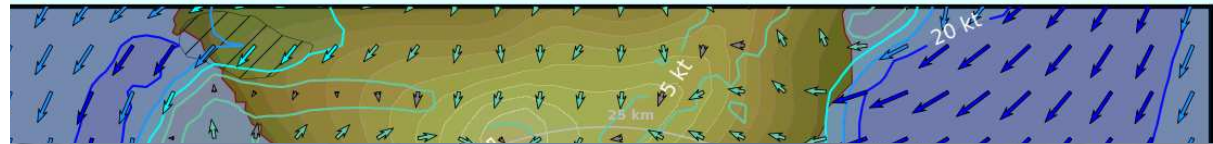


# por jet costero GCTS

## . Ejemplo I, Alisio con línea de corte



HARMONIE-AEMET 02-10-2017 12z, pronóstico para e **Lunes 02-10-2017 14z (H+2)**



Calmas: 2.5%  
(Configuración de ahí que aeropuertos cizalladura Existencia de funcionamiento la detección horizontal.



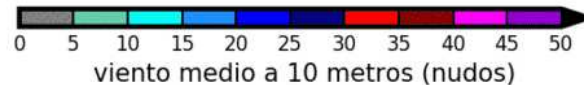
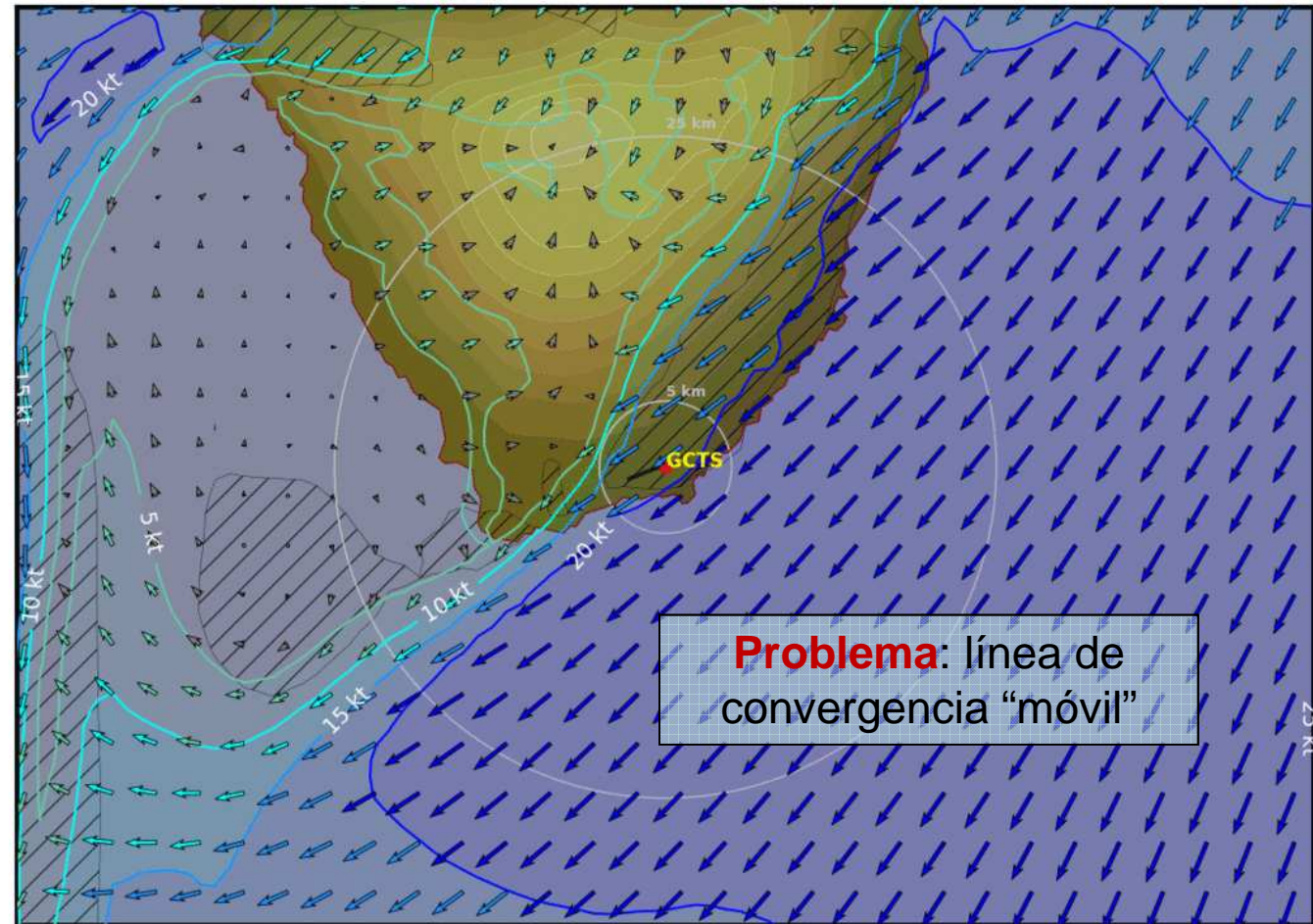
# 3. WS por jet costero GCTS

## Cizalladura horizontal. Ejemplo II, Alisio con línea de corte

### Un día “normal” de alisio en GCTS...

El principal problema de GCTS es que la línea de corte suele situarse en las inmediaciones del aeropuerto con alisio del NE (configuración más habitual, forzada orográficamente por el canal Anaga-Agaete), de ahí que sea uno de los aeropuertos más castigados por WS de España.

HARMONIE-AEMET 28-05-2018 06z, pronóstico para el Martes 29-05-2018 10z (H+28)



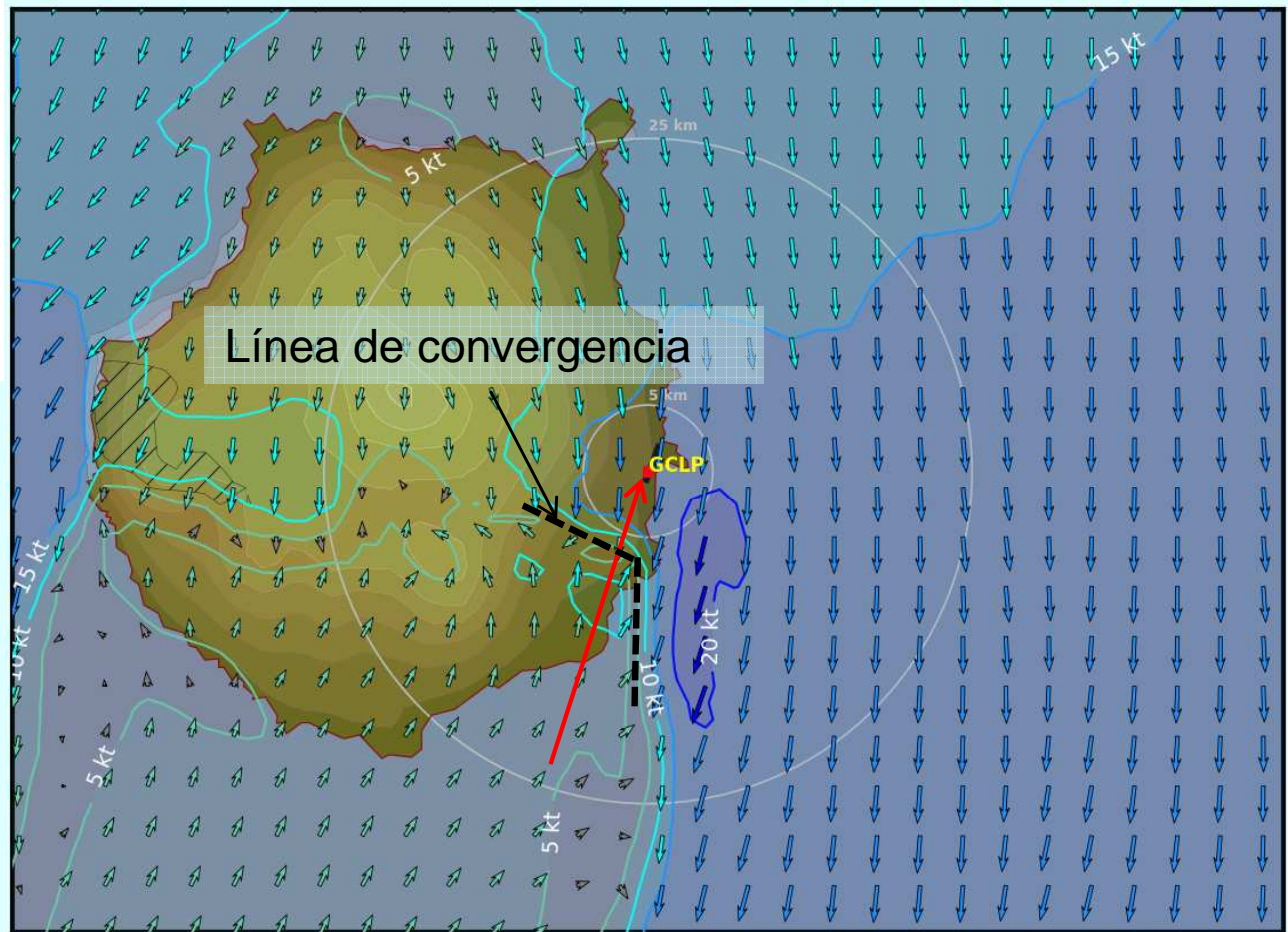
previsto en el aeropuerto: GCTS 291000 05019kt  
racha máxima: 05030kt en la hora previa



# Por jet costero GCLP

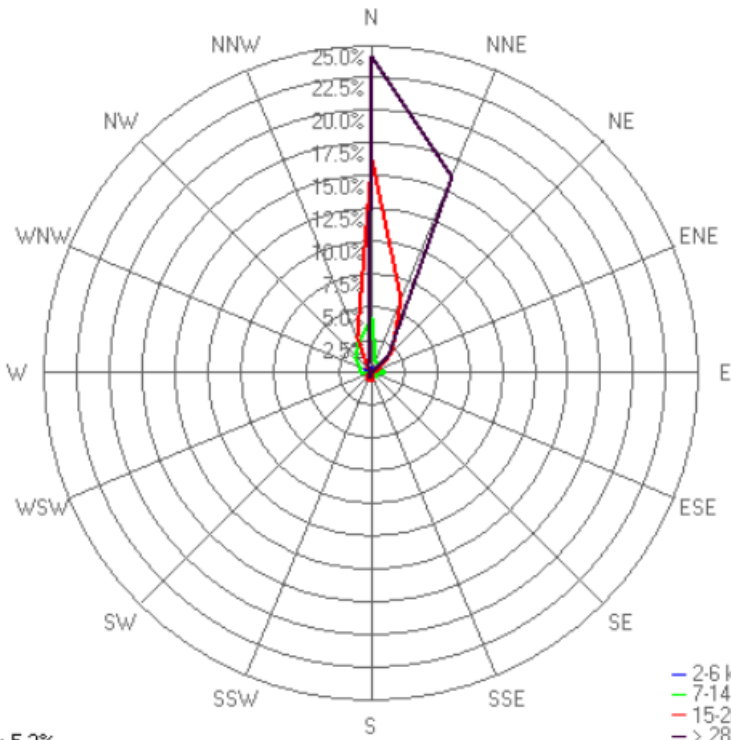
## Ejemplo I, Alisio con línea de corte

HARMONIE-AEMET 25-05-2017 12z, pronóstico para el **Jueves 25-05-2017 16z (H+4)**



Línea de convergencia

previsto en el aeropuerto: GCLP 251600 01016kt  
racha máxima: 01025kt en la hora previa



Calmas: 5.2%

intensidad (10-15kt),  
generando cizalladura.  
Difluencia muy dependiente  
de la altura de la capa de  
inversión.  
Cizalladura positiva, al  
pasar el viento de cola a  
morro al atravesar la  
aeronave la línea de  
convergencia.



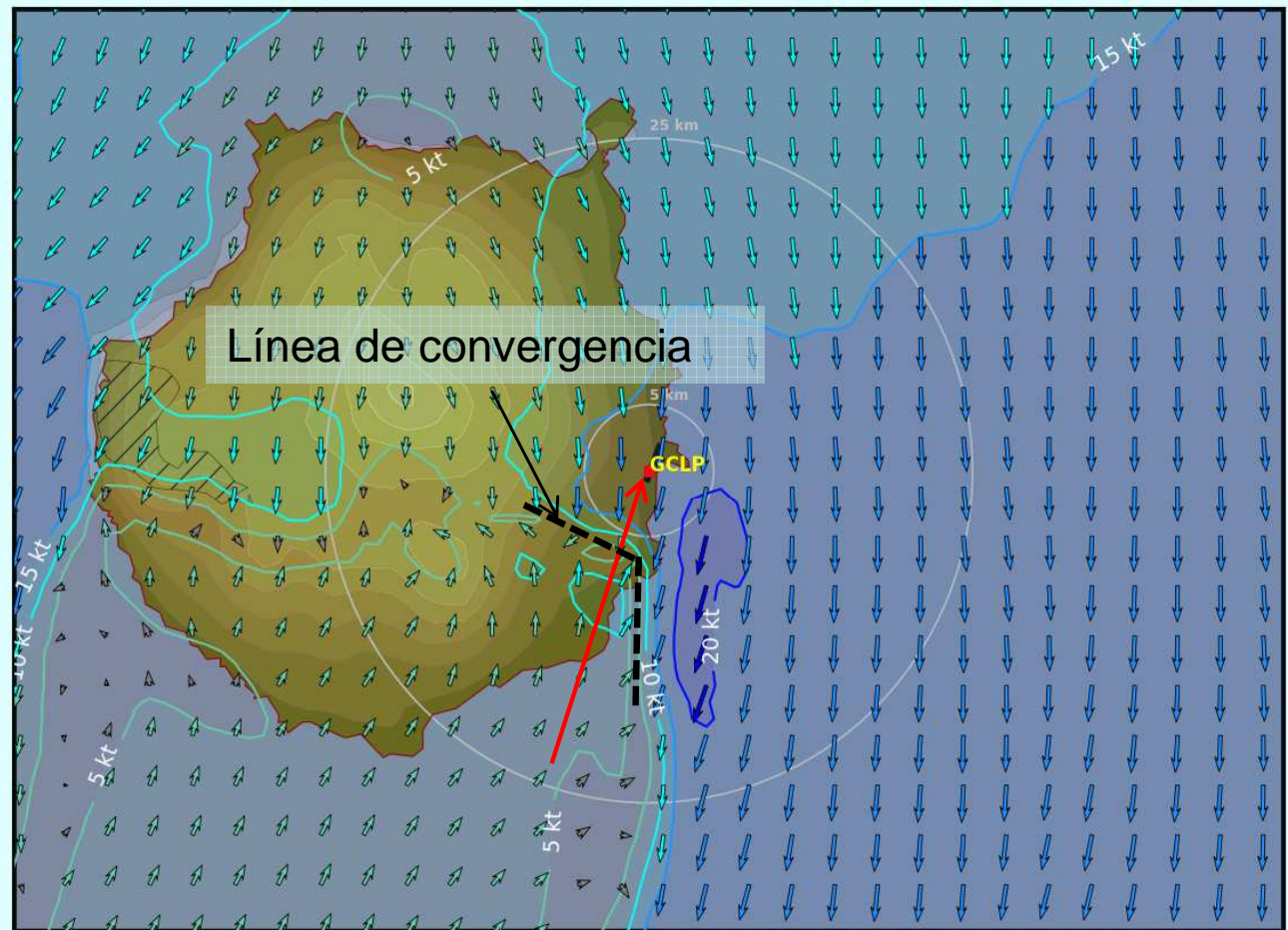
### 3. Entornos de cizalladura Casuística y estacionalidad

#### Cizalladura horizontal. Ejemplo I, Alisio con línea de corte

Mayor frecuencia durante el verano y en horas centrales/últimas horas del día, por la persistencia del alisio y mayor interacción de los flujos térmicos (jet costero + brisa térmicas confluentes).

Cuando el alisio es puro del NE, la línea de corte se desplaza al SW, y el aeropuerto se ve menos afectado por esta configuración.

HARMONIE-AEMET 25-05-2017 12z, pronóstico para el **Jueves 25-05-2017 16z (H+4)**



0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50  
viento medio a 10 metros (nudos)

previsto en el aeropuerto: GCLP 251600 01016kt  
racha máxima: 01025kt en la hora previa



### 3. Entornos de cizalladura Casuística y estacionalidad

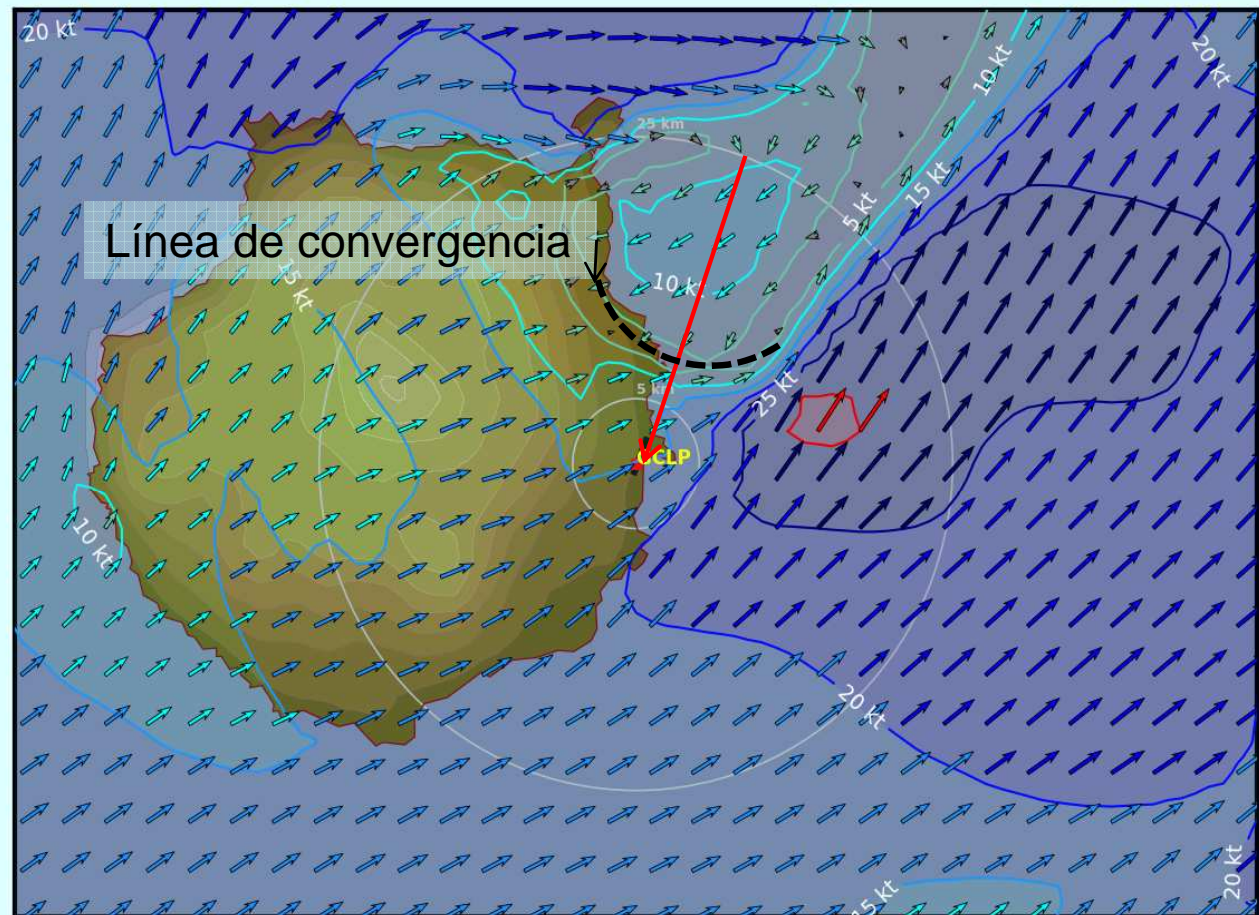
#### Cizalladura horizontal. Ejemplo II, Oestes y Suroestes + corte

Evento WS 27/04/2017, el modelo situaba línea de corte más al norte

Flujos del W-SW, al menos moderados, generan el mismo patrón de cizalladura positiva, con viento de cola que cambia a morro.

Pero su incidencia es mucho menor (<30 días al año aproximadamente).

HARMONIE-AEMET 27-04-2017 06z, pronóstico para el Jueves 27-04-2017 16z (H+10)



0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50  
viento medio a 100 metros (nudos)

previsto en el aeropuerto: GCLP 271600 24015kt  
campo de racha máxima no disponible

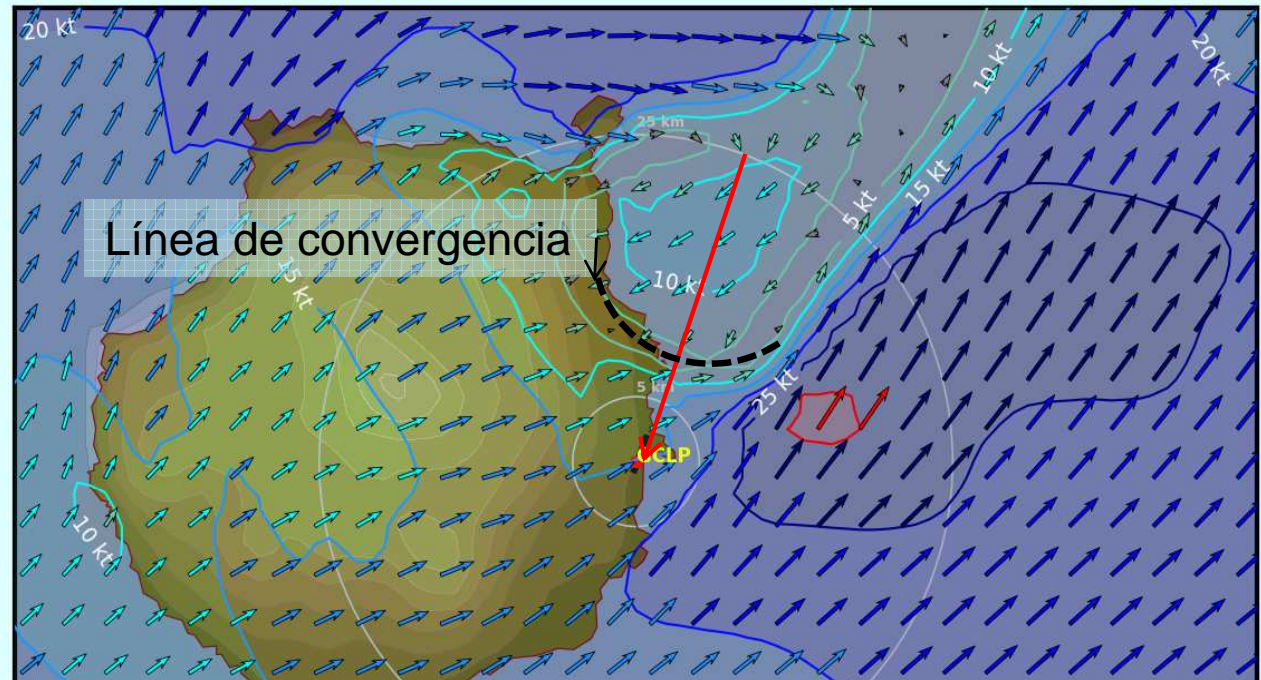


### 3. Entornos de cizalladura Casuística y estacionalidad

#### Cizalladura horizontal. Ejemplo II, Oestes y Suroestes + corte

En situaciones con borrascas al W o NW de la isla y con un flujo sinóptico del NW, la topografía también genera cizalladura (relieve muy accidentado y multitud de barrancos que canalizan los vientos descendentes en distintas direcciones).

HARMONIE-AEMET 27-04-2017 06z, pronóstico para el Jueves 27-04-2017 16z (H+10)



La forma circular y simétrica de Gran Canaria facilita que el jet se “adapte” al entorno, variando su posición de acuerdo a (1) el flujo dominante y (2) altura de la inversión térmica.



### 3. WS por jet costero Efectos orográficos locales

#### Contexto a nivel local: GCTS



Principales elementos locales que introducen flujo turbulento. Debido a su pequeña escala no pueden ser recogidos por los modelos -> Se hace necesario estudiarlos desde el punto de vista de la caústica



### 3. WS por jet costero Efectos orográficos locales

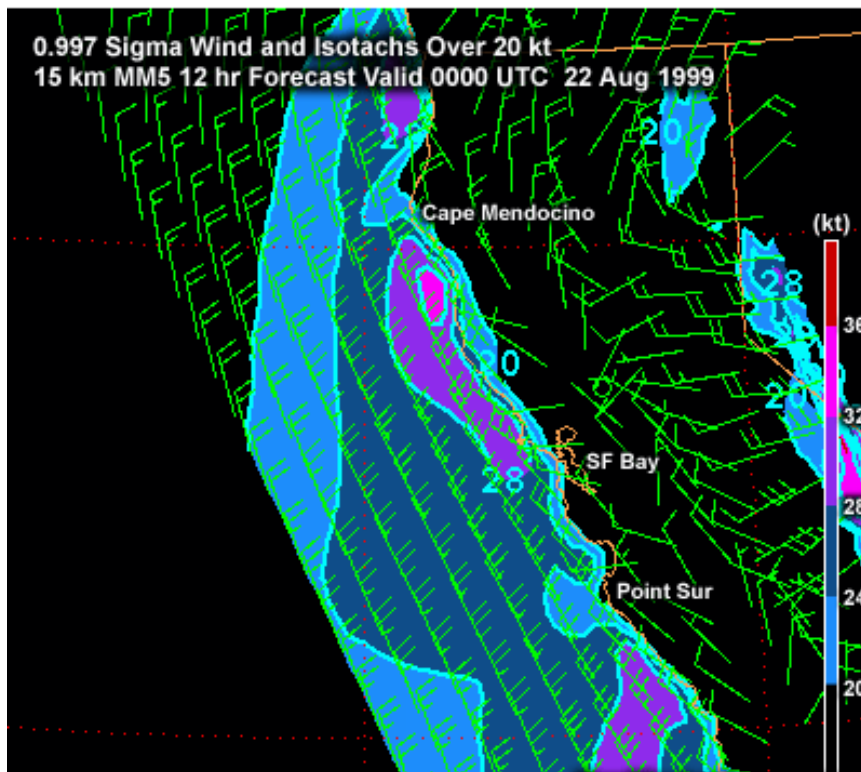
Contexto a nivel local: GCLP, elementos locales perturbadores del flujo



Principales elementos locales que introducen flujo turbulento. Debido a su pequeña escala no pueden ser recogidos por los modelos -> Se hace necesario estudiarlos desde el punto de vista de la cauística

### 3. WS por jet costero Efectos orográficos locales

El jet no es constante, sino que tiene máximos y mínimos como en la figura. ¿Qué los motiva?



- Los máximos ocurren a sotavento de cabos y promontorios





# 3. WS por jet costero Efectos orográficos locales



Superficie

5°):

do

gas

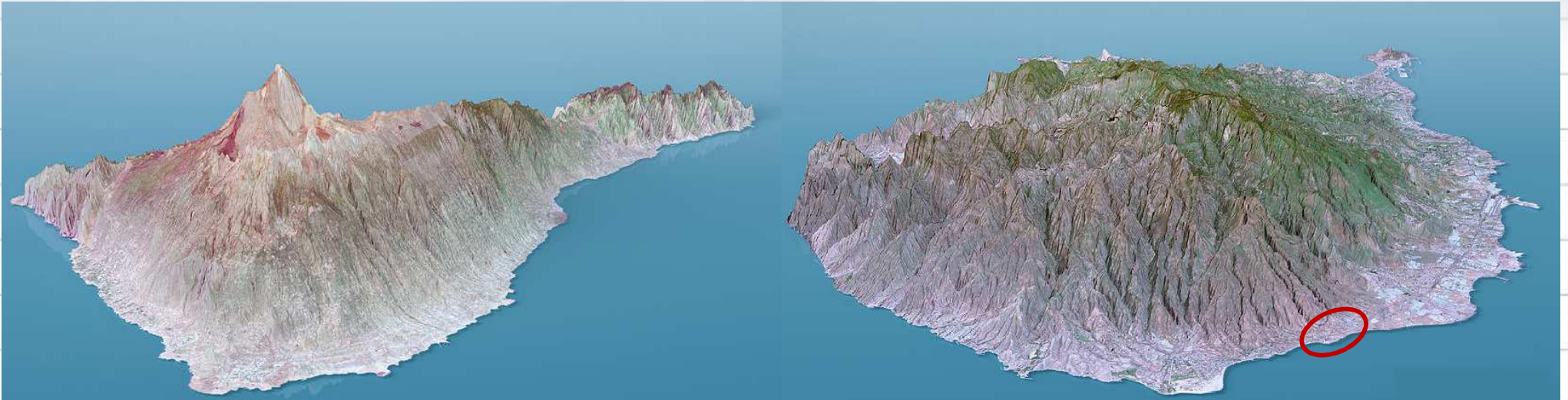
90°)

Burras

arias



### 3. WS por jet costero



La interacción flujo dominante (dirección del alisio) + orografía marca la pauta del jet costero y desplaza su máximo a lo largo del litoral

- ❑ *Tenerife* Datos Amdar podrían convertirse en una zona de verano
- ❑ *Gran Canaria* pieza clave, monitorizando la posición del jet en tiempo cuasi-real (verano) y afectada puntualmente por elementos turbulentos locales

# 4. WS en entornos convectivos

## ÍNDICE

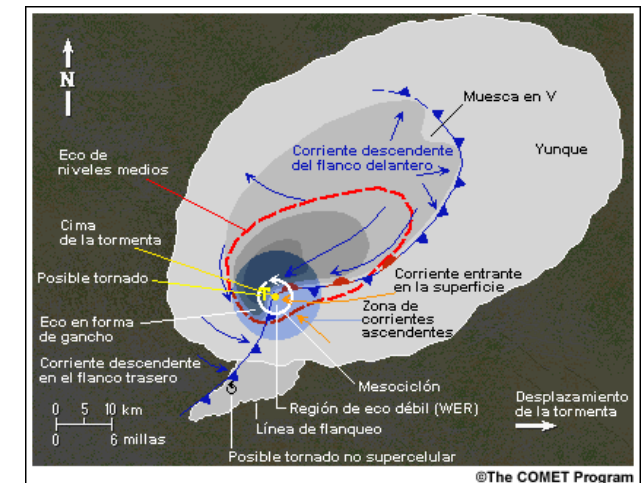
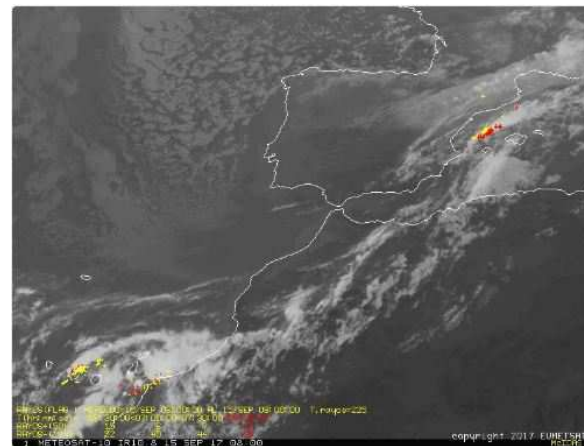
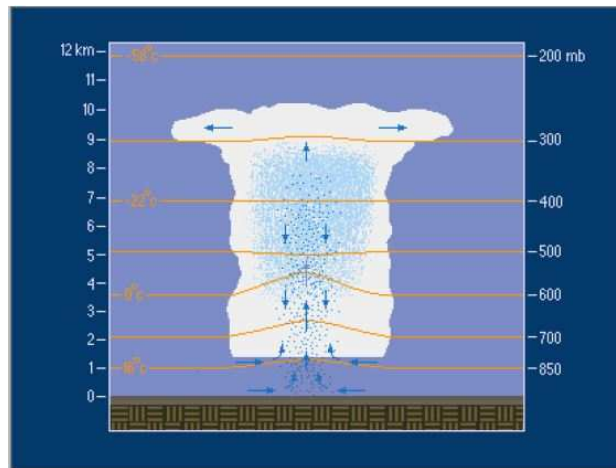
1. Motivación
  - Definición y objetivo. Turbulencia
2. Marco teórico meteorológico y fuentes de WS
  - Contexto sinóptico. Dos escenarios
3. WS en situación de alisio potenciado (jet costero)
4. **WS en entornos convectivos**
5. Entornos de cizalladura
  - Casuística y estacionalidad
  - Ciclo diurno
6. Conclusiones



Cizalladura en Canarias

# Escenario 2

# Entornos convectivos





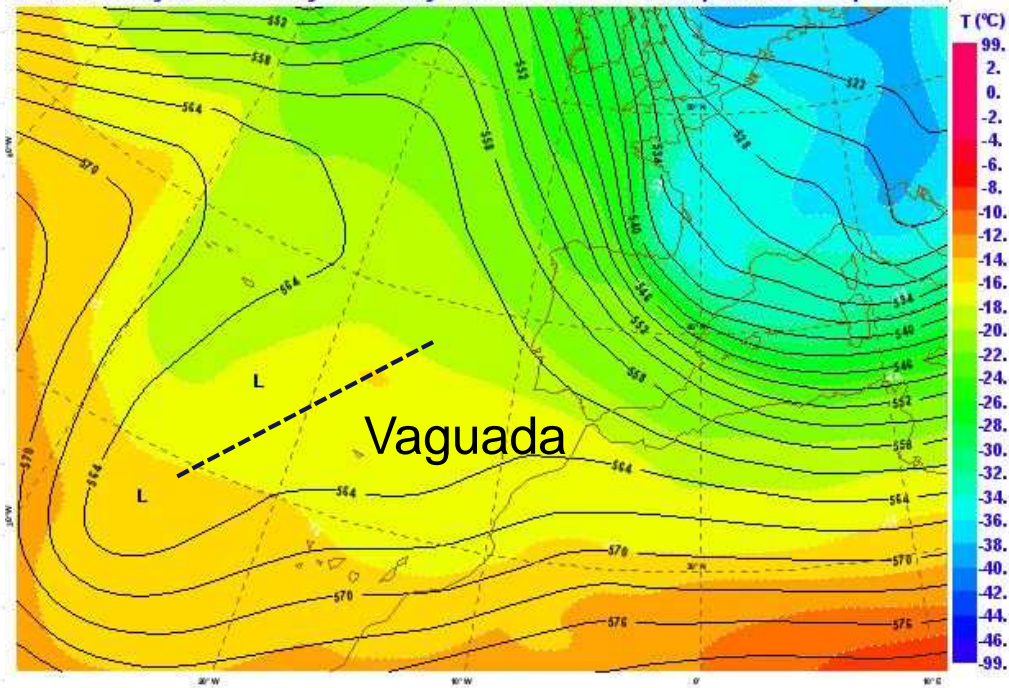
## 2. Marco meteo y fuentes de WS Entornos convectivos

### Convección. Situaciones generadoras

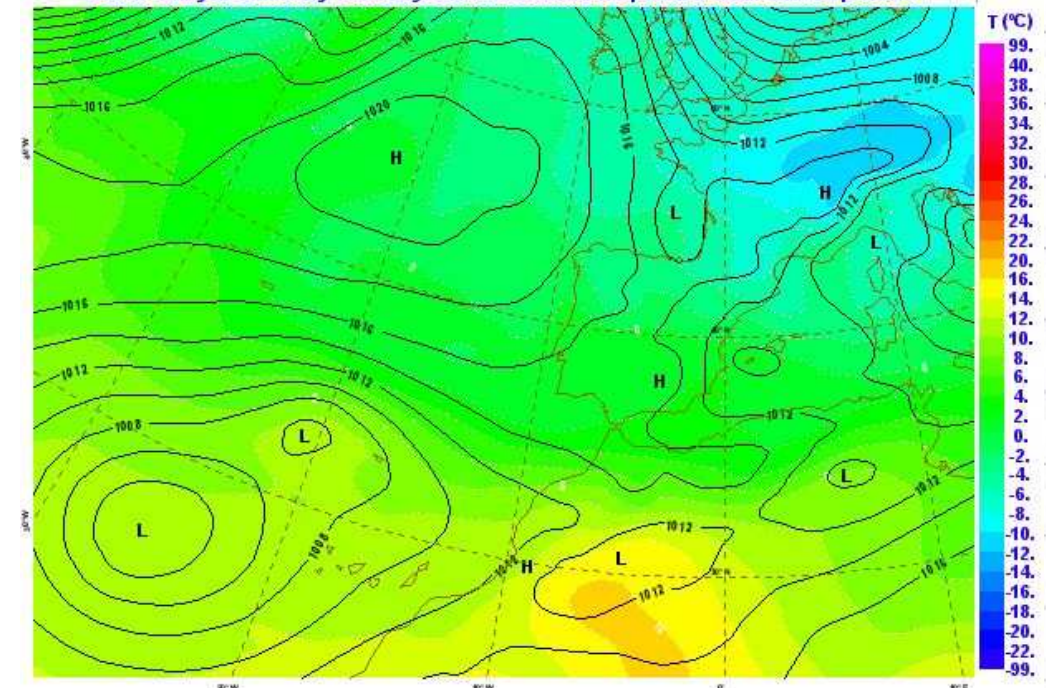
Tipos de tiempo generadores de mayor actividad tormentosa:

- Borrascas generadas por descuelgue vaguada

ECMWF Analysis VT:Monday 1 February 2010 00UTC 500hPa Temperature/ Geopotential



ECMWF Analysis VT:Monday 1 February 2010 00UTC 850hPa Temperature/ Mean sea level pressure

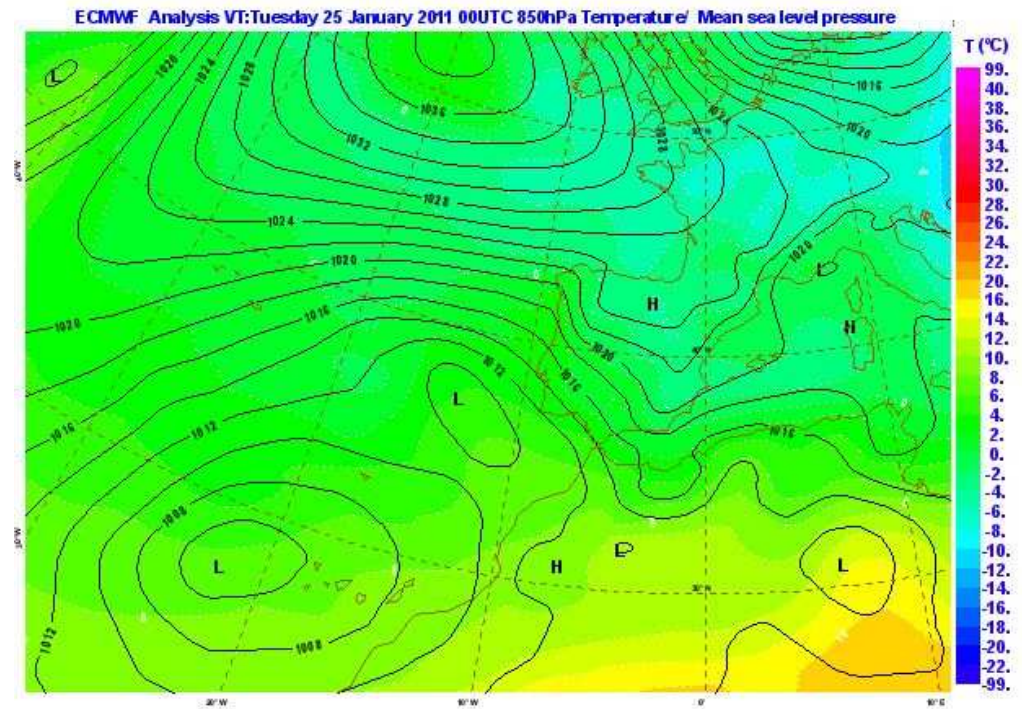
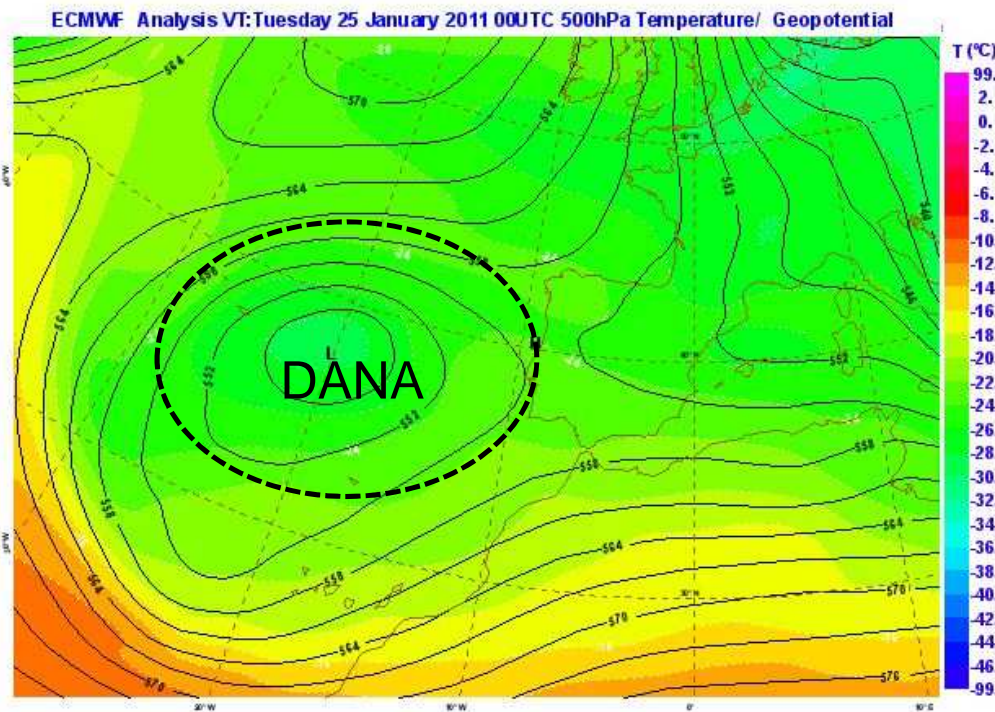




## 2. Marco meteo y fuentes de WS Entornos convectivos

### Convección. Situaciones generadoras

- Depresiones aisladas en niveles altos (DANA)



- Además de introducir inestabilidad, introducen incertidumbre en los pronósticos, con movimientos generalmente erráticos y estacionarios



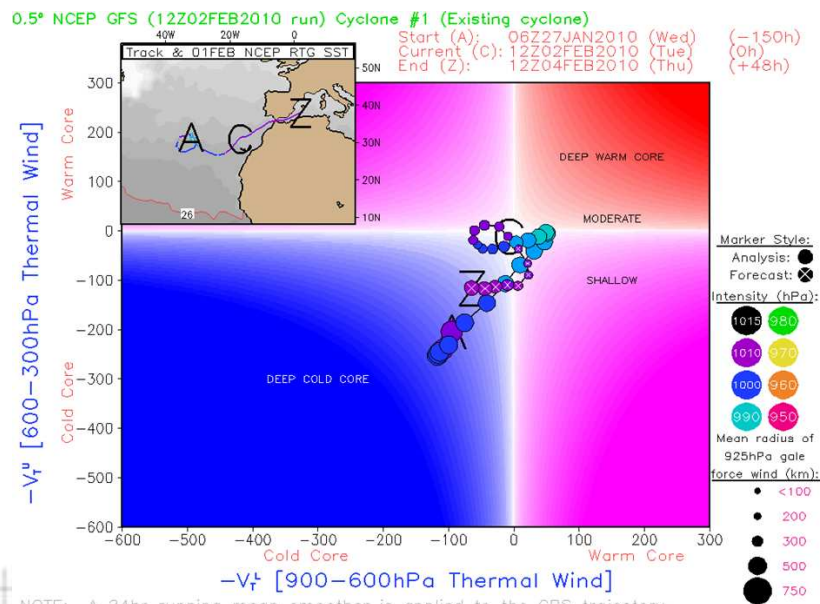
# 2. Marco meteo y fuentes de WS Entornos convectivos

## Convección. Situaciones generadoras

Estructuras con cierto carácter tropical:

- Ciclones híbridos
- Ciclones subtropicales
- Y sus transiciones tropicales/extratropicales

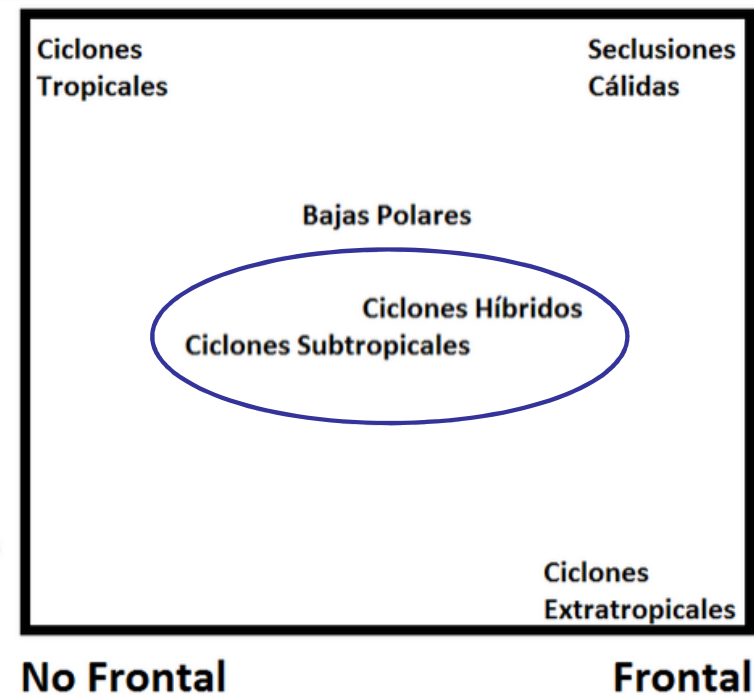
[\(+ info\)](#)



NOTE: A 24hr running mean smoother is applied to the GPS trajectory.

Núcleo Cálido

Núcleo Frío



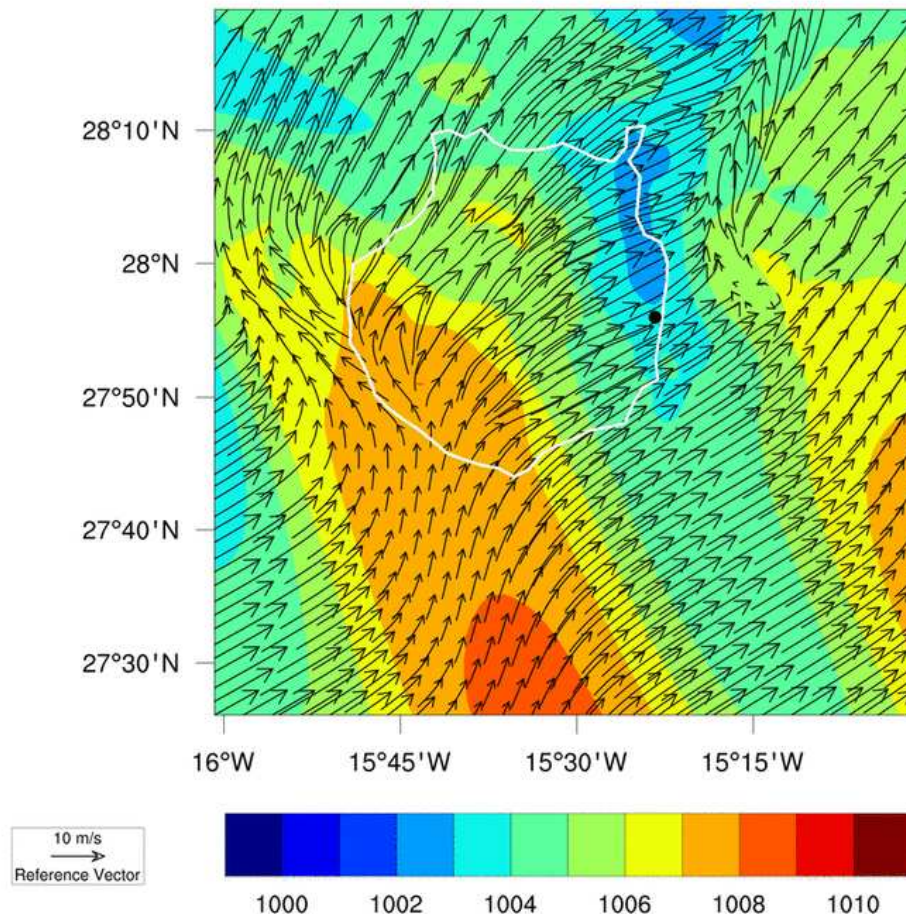
## 2. Marco meteo y fuentes de WS Entornos convectivos

### Convección. Situaciones

#### Caracter

- Generan tormentas a... en altura que la sustent... a NE, y en menos ocas...
- Los núcleos convectivos suelen afectar más a l... persistentes.
- Ojo también a las vert... pueden quedar anclad... núcleos van regenerár... menos probables y de... persistentes. En las pr... crear problemas, com... (28/02/2018)

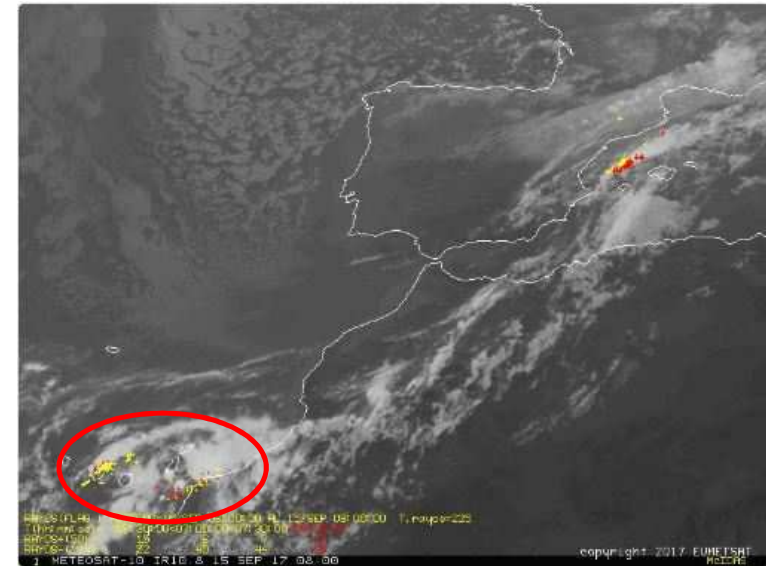
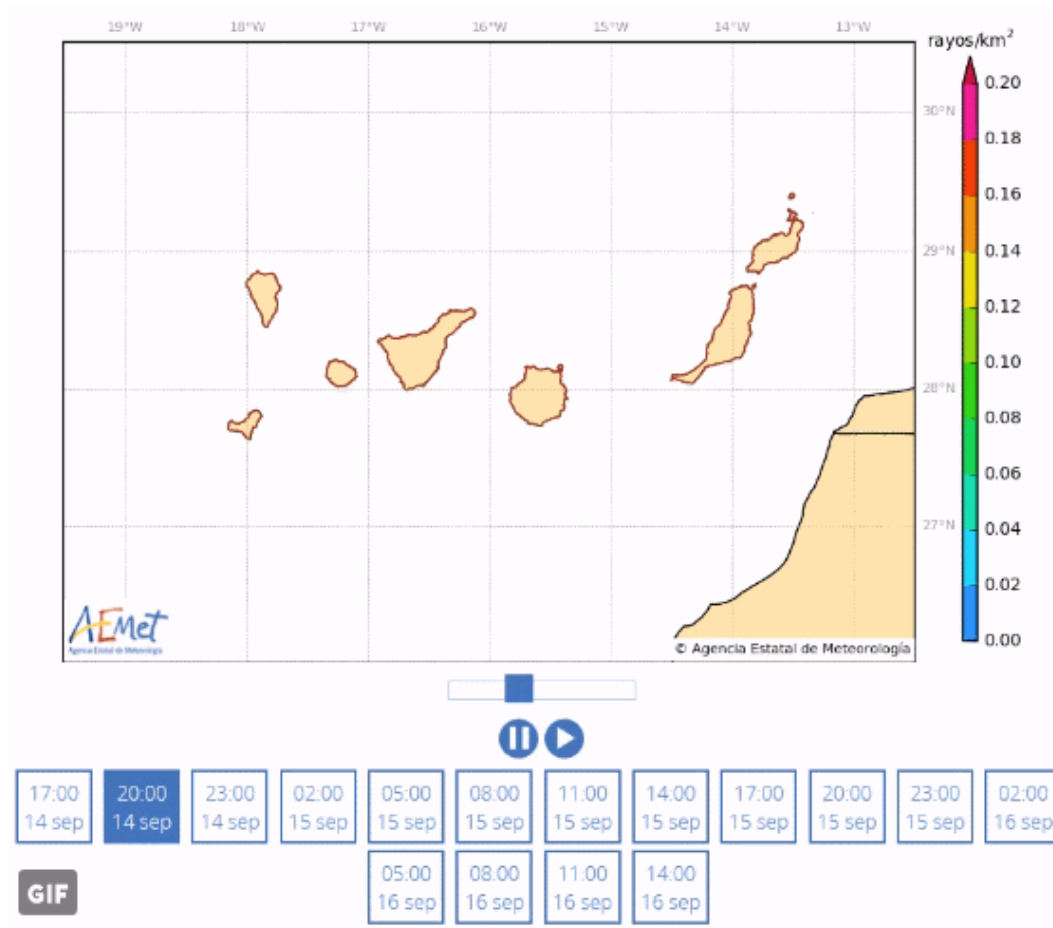
Viento a 10 m y presión en superficie 2018-02-28\_15:00:00





## 2. Marco meteo y fuentes de WS Entornos convectivos

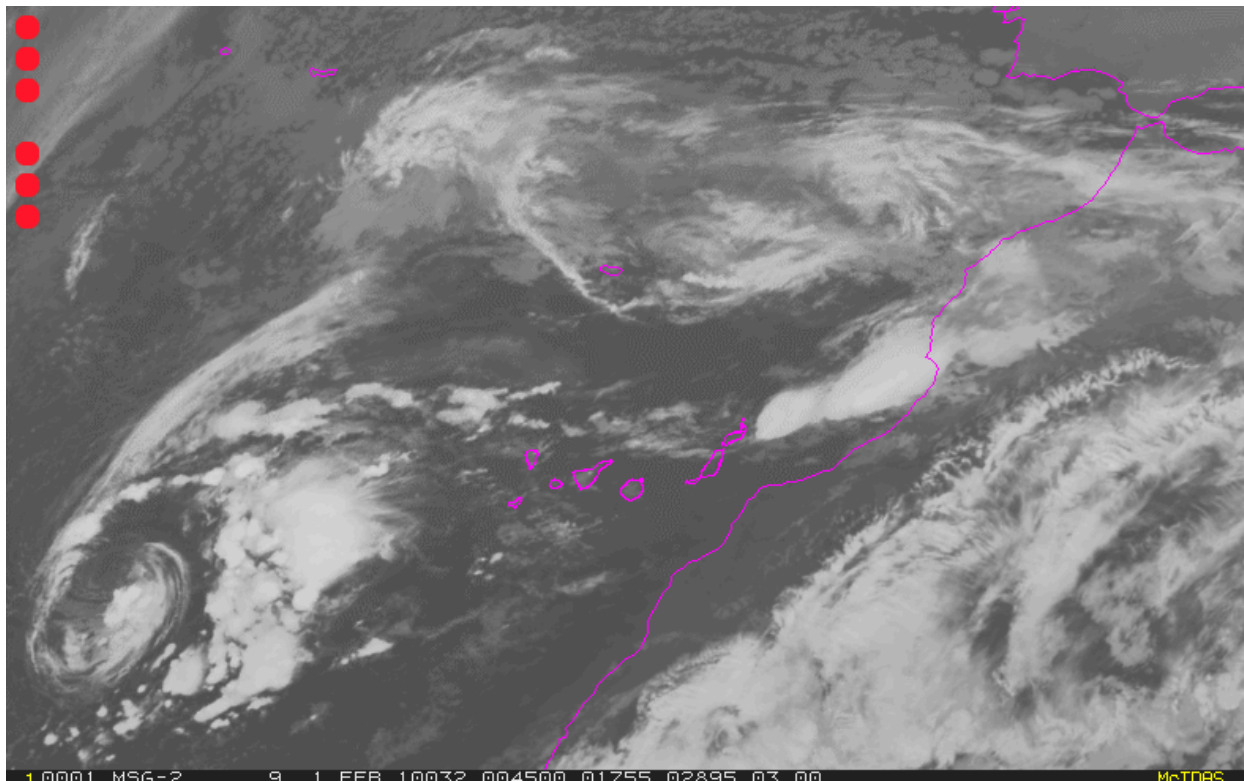
Tres herramientas: (1) Aparato eléctrico (predicción + observación)



## 2. Marco meteo y fuentes de WS Entornos convectivos

Tres herramientas: (2) Satélite

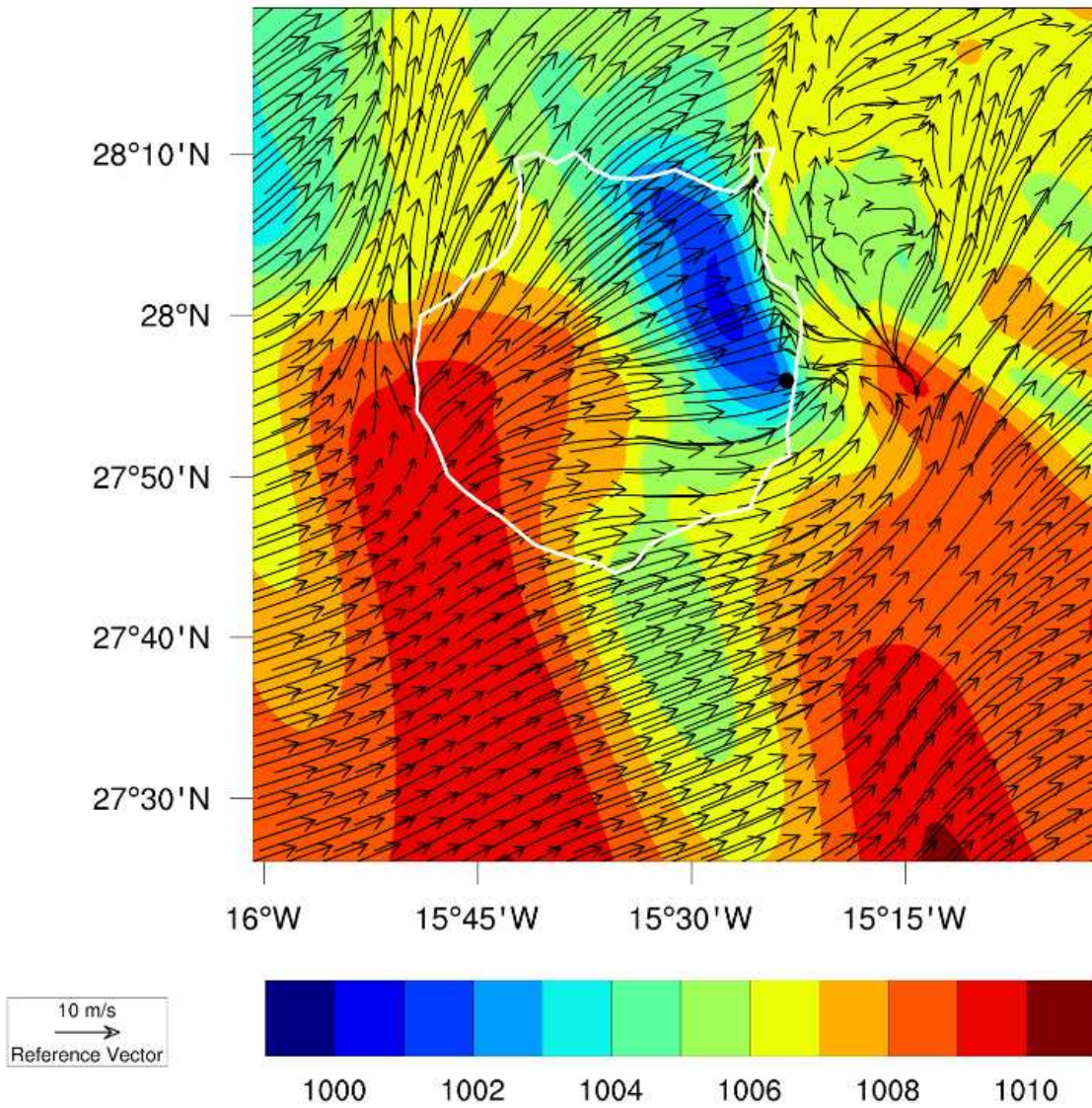
- Otra herramienta fundamental es el satélite. Canales IR y WV día y noche. VIS y HRVIS de día.





## 2. Marco meteo y fuentes de WS Entornos convectivos

Tres herramientas: (3) Modelos de alta resolución (viento + presión)



# ÍNDICE

## 1. Motivación

- Definición y objetivo. Turbulencia

## 2. Marco teórico meteorológico y fuentes de WS

- Contexto sinóptico. Dos escenarios

## 3. WS en situación de alisio potenciado (jet costero)

## 4. WS en entornos convectivos

## 5. Entornos de cizalladura

- Casuística y estacionalidad
- Ciclo diurno

## 6. Conclusiones



## 5. Entornos de cizalladura Casuística y estacionalidad

¿Cuán desfavorable es cada escenario?



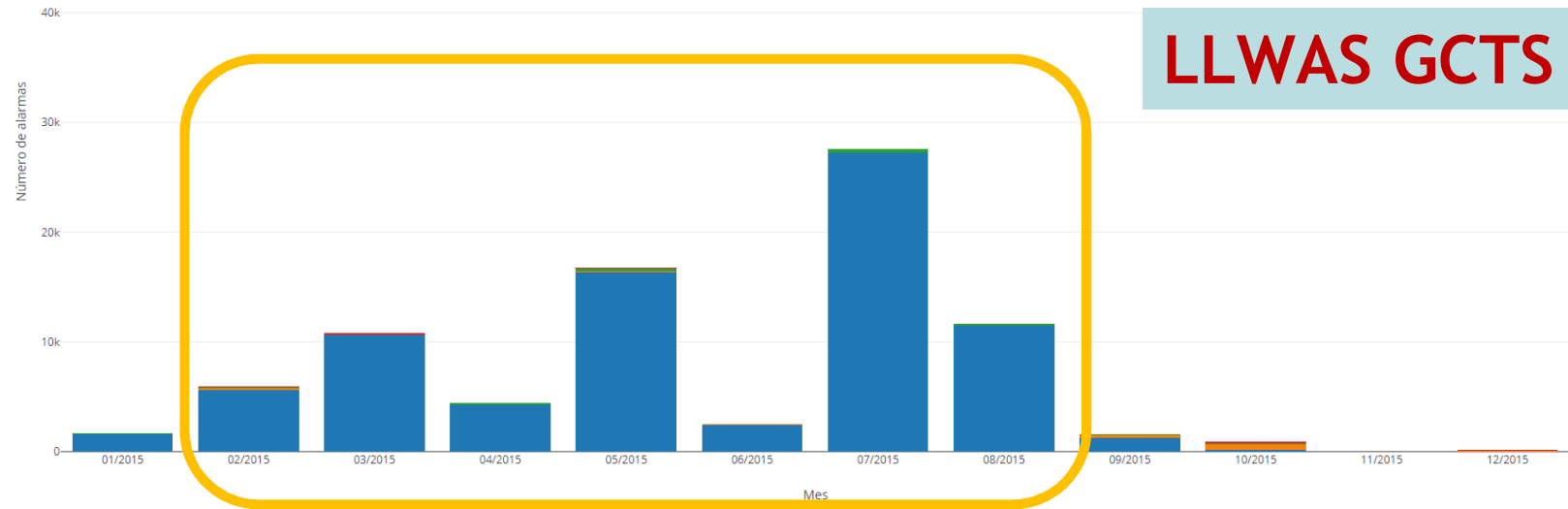
Tail Wind, Windshear

Frustradas

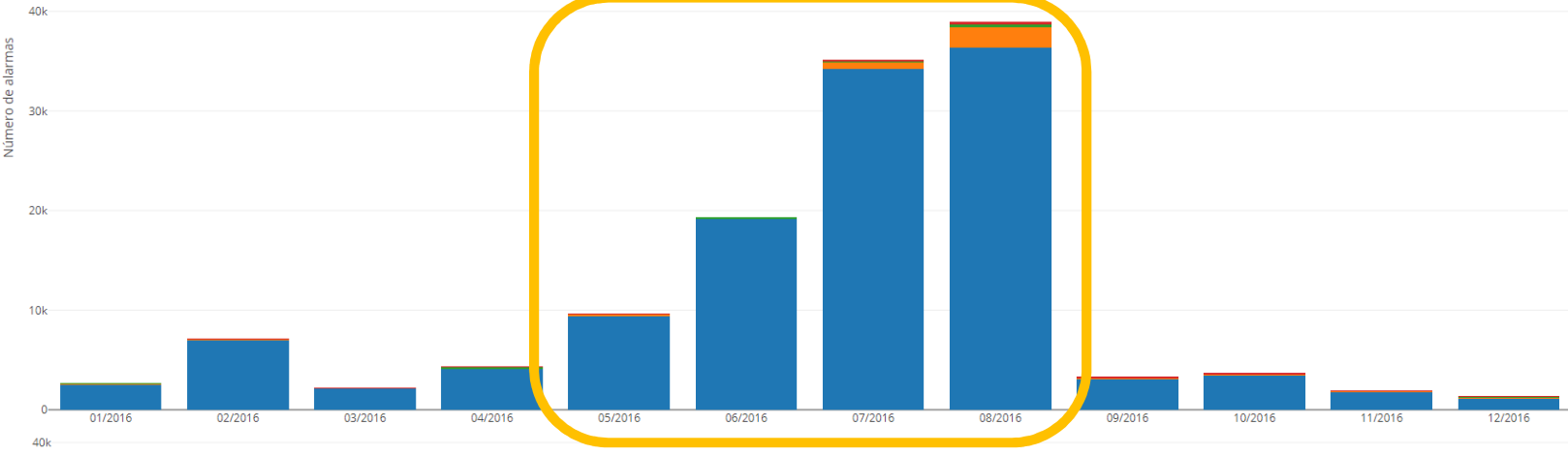
*Windshear generalmente moderada, y asociada a la línea de convergencia de vientos en los alrededores del aeropuerto*

**Tenerife Sur** más desfavorable: gran eficiencia del jet costero con alisio del NE y cercanía a la línea de convergencia de vientos (reflejo de la discontinuidad del jet en superficie), con mayor incidencia en jun-ago

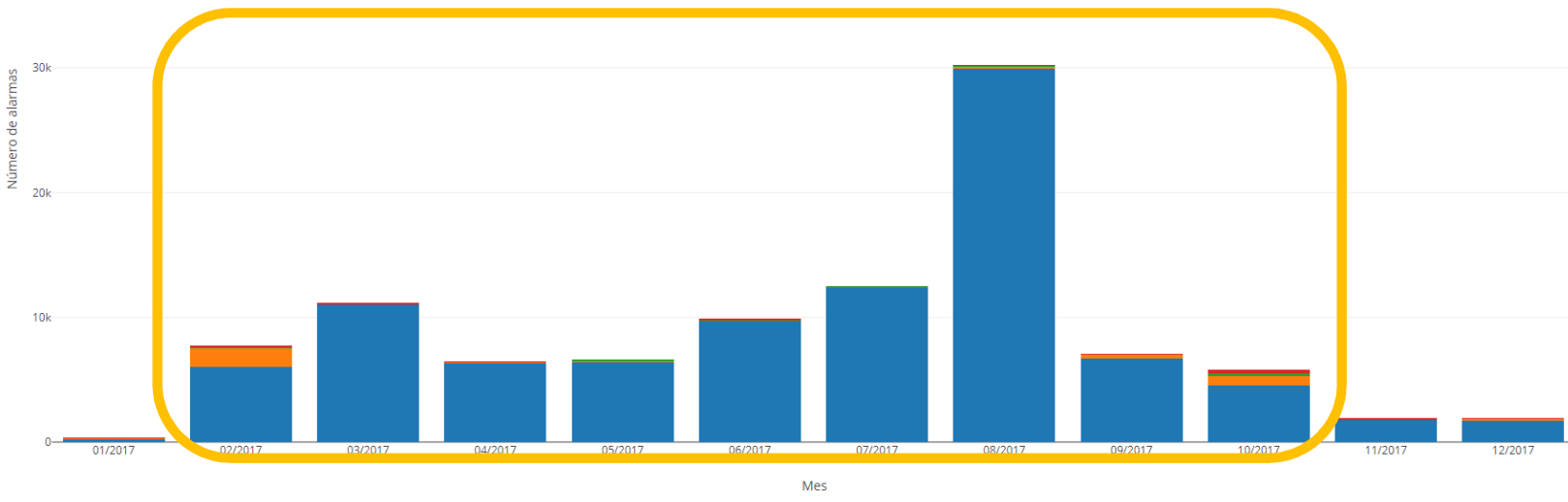
# LLWAS GCTS



2  
0  
1  
5



2  
0  
1  
6



2  
0  
1  
7





## 5. Entornos de cizalladura Casuística y estacionalidad



*Windshear generalmente moderada, y asociada a la línea de convergencia de vientos en los alrededores del aeropuerto.*

**En situación de alisio intenso, este WS se traduce en frustradas, sobre todo en los meses de verano (aunque puede ocurrir en cualquier época).**

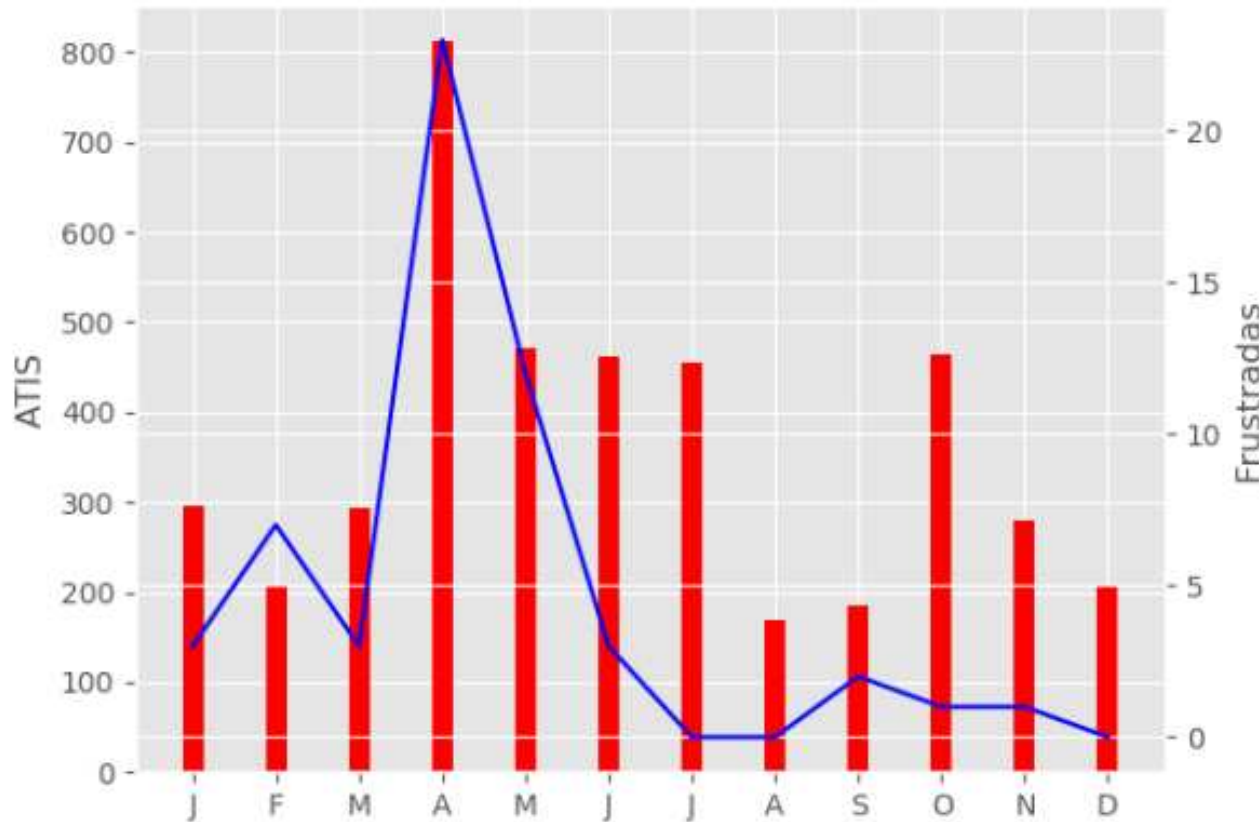
*jet en superficie), con mayor incidencia en julio-ago*

**Sufre asimismo las frustradas asociadas a entornos convectivos, caracterizados por su ocurrencia aleatoria entre octubre-mayo.**

# 5. Entornos de cizalladura Casuística y estacionalidad

## GCLP: ATIS con WS o TW

ATIS y Frustradas GCLP 2017



Runway 03: 91.3%

Runway 21: 5.6%

Ambas: 3.1%

55 frustradas (2017)  
23 abril  
12 mayo

Tail Wind, Windshear Frustradas

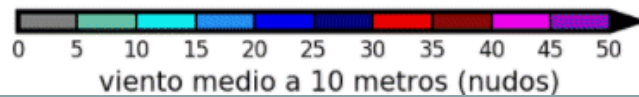
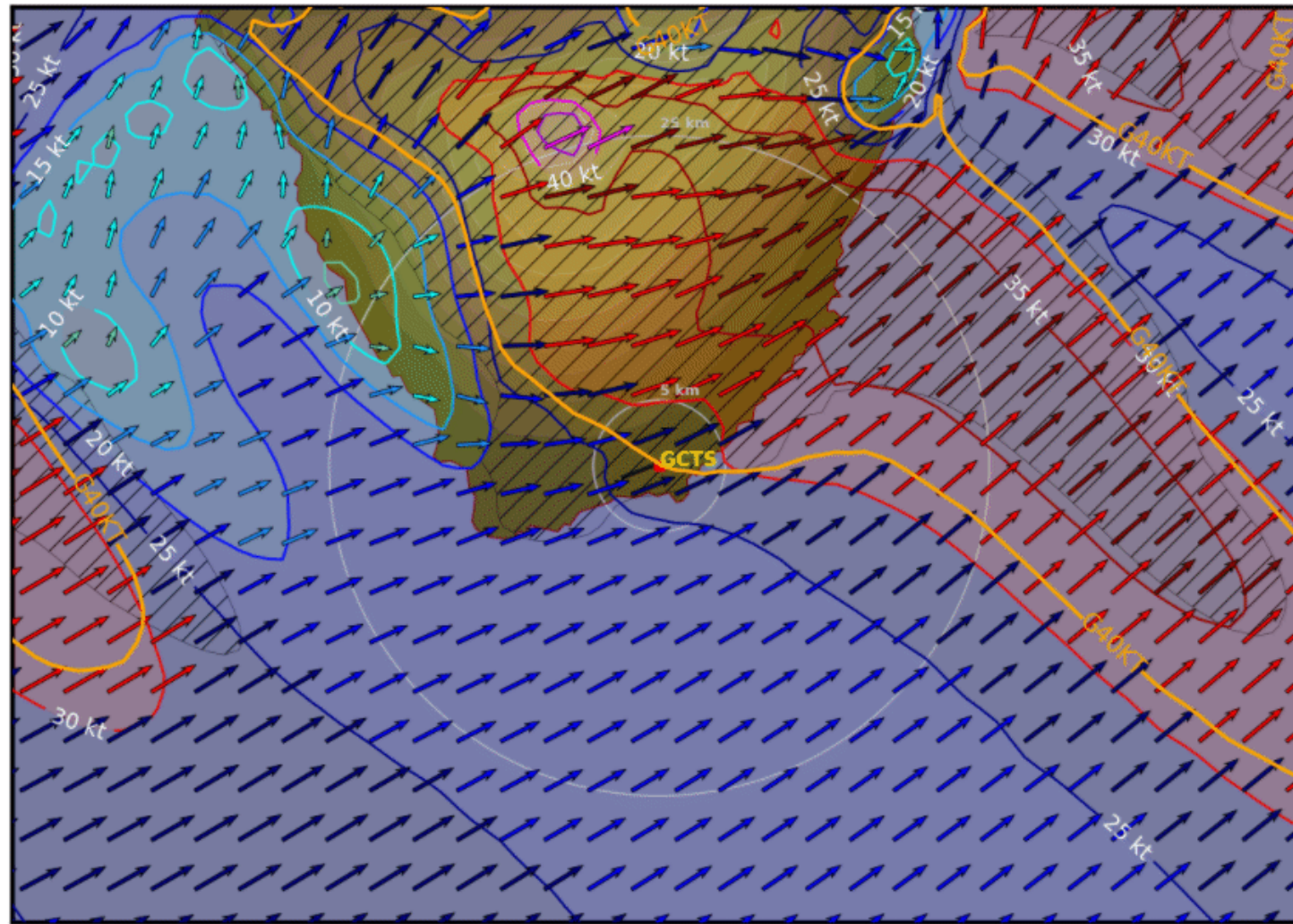


# 5. Entornos de cizalladura Casuística y estacionalidad

Frus

HARMONIE-AEMET 28-02-2018 06z, pronóstico para el Miercoles 28-02-2018 16z (H+10)

AÑO
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
POR MESES



previsto en el aeropuerto: GCTS 281600 25027kt  
 racha máxima: 24039kt en la hora previa

# ÍNDICE

## 1. Motivación

- Definición y objetivo. Turbulencia

## 2. Marco teórico meteorológico y fuentes de WS

- Contexto sinóptico. Dos escenarios

## 3. WS en situación de alisio potenciado (jet costero)

## 4. WS en entornos convectivos

## 5. Entornos de cizalladura

- Casuística y estacionalidad
- Ciclo diurno

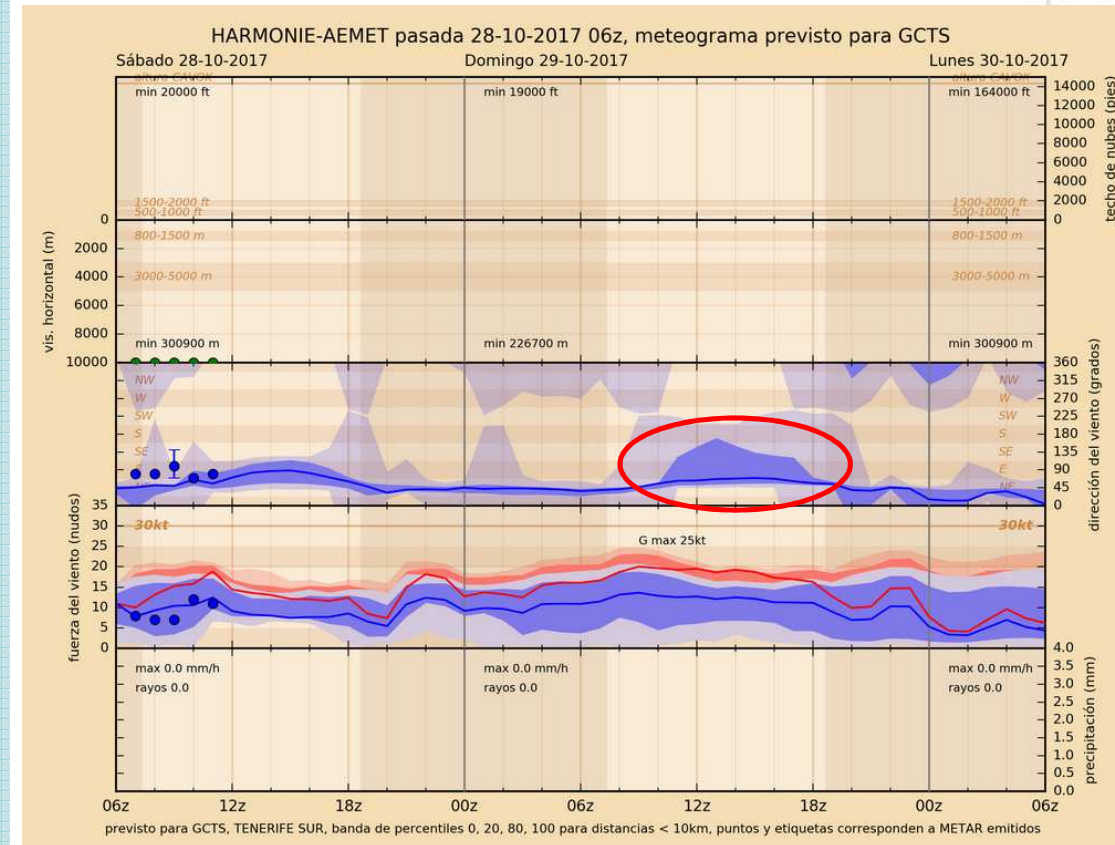
## 6. Conclusiones



## 2. Fuentes de cizalladura y casuística

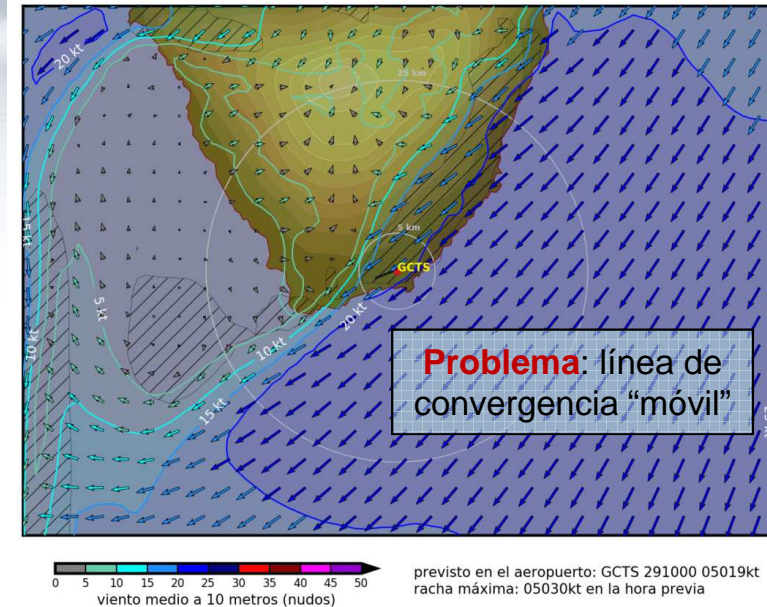
### Herramientas para la predicción de cizalladura

- Fenómeno fuera de los productos habituales de predicción.
- De muy difícil predicción.
- Los modelos de alta/muy alta resolución ayudan. **Ensayos con modelos experimentales a 1km dan resultados interesantes**
- Harmonie-Arome 2.5km: funciona mejor en términos de dirección que de intensidad
- **METEOGRAMAS**, visualización muy rápida e intuitiva



## 5. Conclusiones

- Dos escenarios de WS
  1. Situación de alisio potenciado
  2. Entornos convectivos



**GRAN CANARIA: WS en situación de N/NW e inversión alta:** la línea de convergencia queda sobre el aeropuerto o en la senda de planeo. Se da con alta de Azores debilitada o desplazada (meses de otoño, invierno y primavera) y con bastante menor incidencia que en TFSur. También WS por **elementos perturbadores del flujo locales.**



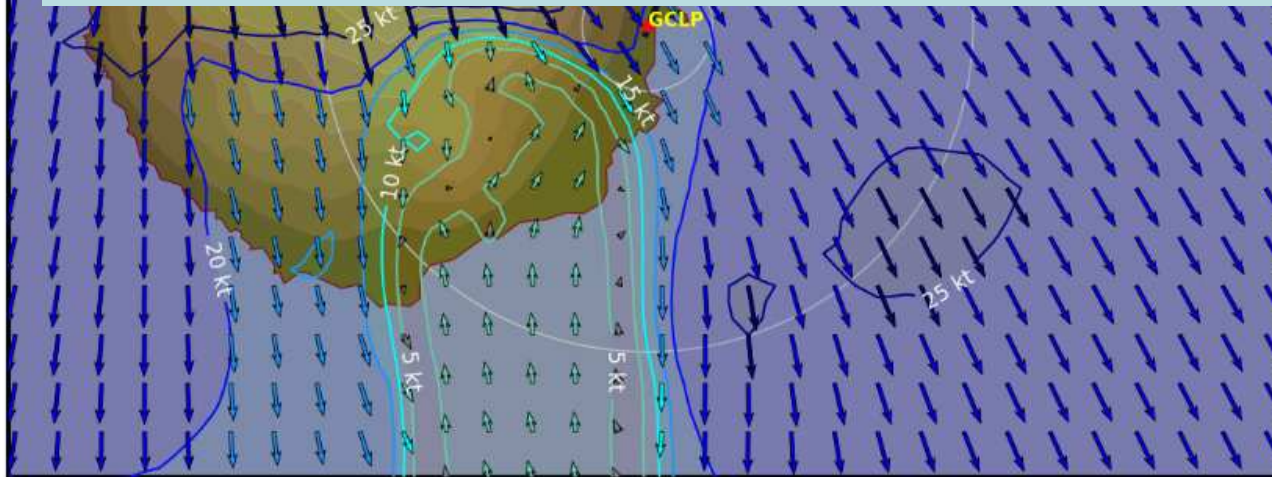
## 5. Entornos de cizalladura Ciclo diurno

### Ciclo diurno de la cizalladura en Gran Canaria con NW

HARMONIE-AEMET 23-04-2018 12z, pronóstico para el Lunes 23-04-2018 20z (H+8)

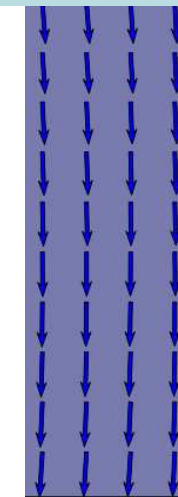
z (H+14)

En el caso de Gran Canaria, la línea de corte sólo se sitúa sobre el aeropuerto en situación de NW y con la inversión térmica alta, mucho menos común que el N y NE.



0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50  
viento medio a 100 metros (nudos)

previsto en el aeropuerto: GCLP 232000 33019kt  
campo de racha máxima no disponible



000 36022kt  
reva

inversión,  
elemento  
clave

## 5. Conclusiones

- Dos escenarios de WS
  1. Situación de alisio potenciado (jet costero)
  2. Entornos convectivos

**Afectan “por igual” a ambos aeropuertos, y requieren un monitoreo continuo desde los puestos de observación en las OMA. Ojo a entornos inestables (borrascas y DANAs) al W del archipiélago con vientos muy intensos, que pueden dar lugar a la formación de mesobajas (pero que han de estudiarse aeródromo por aeródromo debido a los efectos a nivel muy local).**



## 5. Conclusiones y siguientes pasos (II)

- Datos reales en la senda de planeo supondría una herramienta muy poderosa para la mejora predictiva -> **Amdar**
- ¿Mejora de la resolución de los futuros modelos (1km) se traducirá en una mejora de la predicción de la cizalladura?
- Para fenómenos muy locales es necesario un estudio topográfico basado en eventos concretos de WS
- El mayor número de irregularidades de la orografía del sureste de Gran Canaria (barrancos) introduce mayor distorsión del jet costero frente a Tenerife, donde la línea de convergencia está muy bien localizada
- En condiciones de buena visibilidad (habitual en GCLP y GCTS), los pilotos se fijan en los aerogeneradores que tienen debajo y en el oleaje en el mar para identificar la línea de corte y evitar las zonas de mayor cizalladura -> **¿Datos de aerogeneradores (ITC)?**



#windshearcanarias

# GRACIAS ¿PREGUNTAS?

