



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA,  
TERCERA DEL GOBIERNO

MINISTERIO  
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA  
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

**Aemet**

Agencia Estatal de Meteorología

# CIZALLADURA

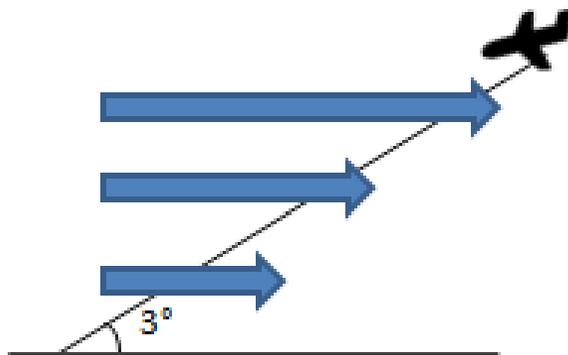
J. Manuel López Pérez  
jolopezp@aemet.es

# ÍNDICE

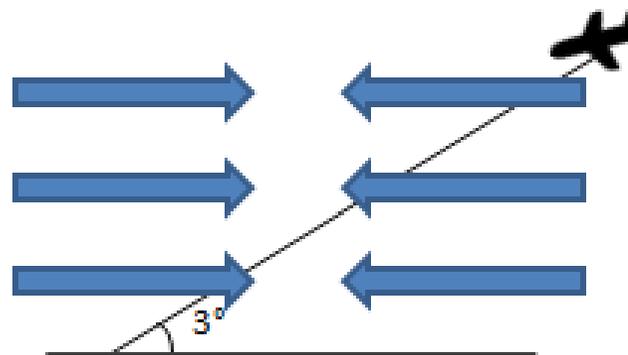
- Cizalladura
- Cizalladura y turbulencia.
- Medida de la cizalladura vertical y horizontal. Unidades
- Fenómenos meteorológicos que producen cizalladura.
- Efectos en la aeronave.
- Detección. Imágenes de satélite.
- Instrumentos
- Informes de aeronaves
- Predicción
- Aeropuertos con cizalladura significativa frecuente
  - Bilbao
  - Barcelona
  - Tenerife Sur
  - Madrid Barajas

# CIZALLADURA

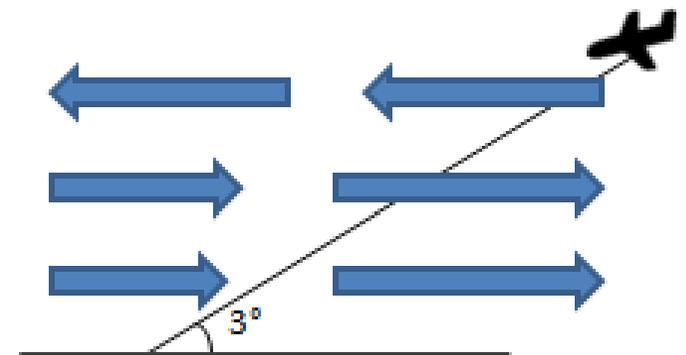
- ❑ Cizalladura (wind shear) es la diferencia de dirección y/o velocidad del viento entre dos puntos separados una cierta distancia.
- ❑ La cizalladura horizontal ( $C_H$ ) se mide en kt/100ft
- ❑ La cizalladura vertical ( $C_V$ ) se mide en kt/NM
- ❑ La  $C_V$  es más frecuente e intensa que la  $C_H$ .
- ❑ La cizalladura más peligrosa es que se presenta en los primeros 1600 pies (500 m).



a) Cizalladura vertical



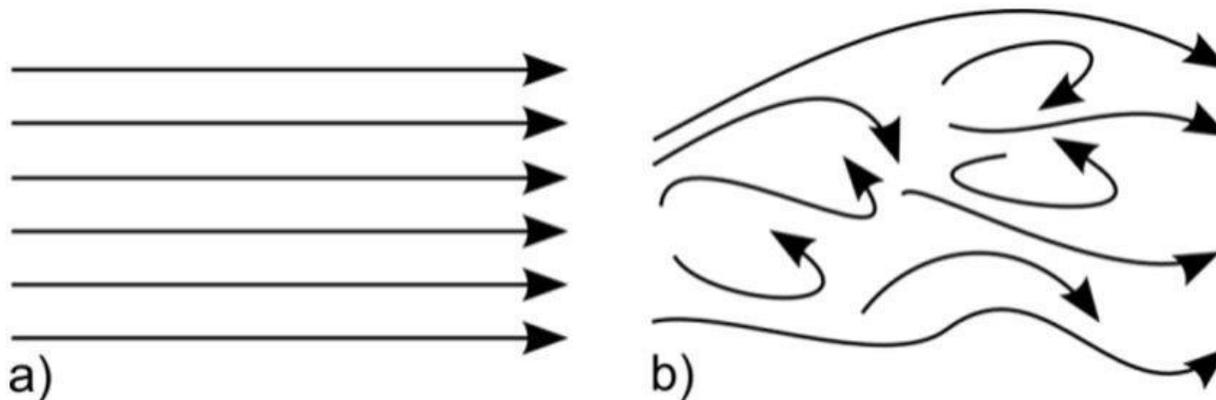
b) Cizalladura horizontal



c) Cizalladura horizontal y vertical

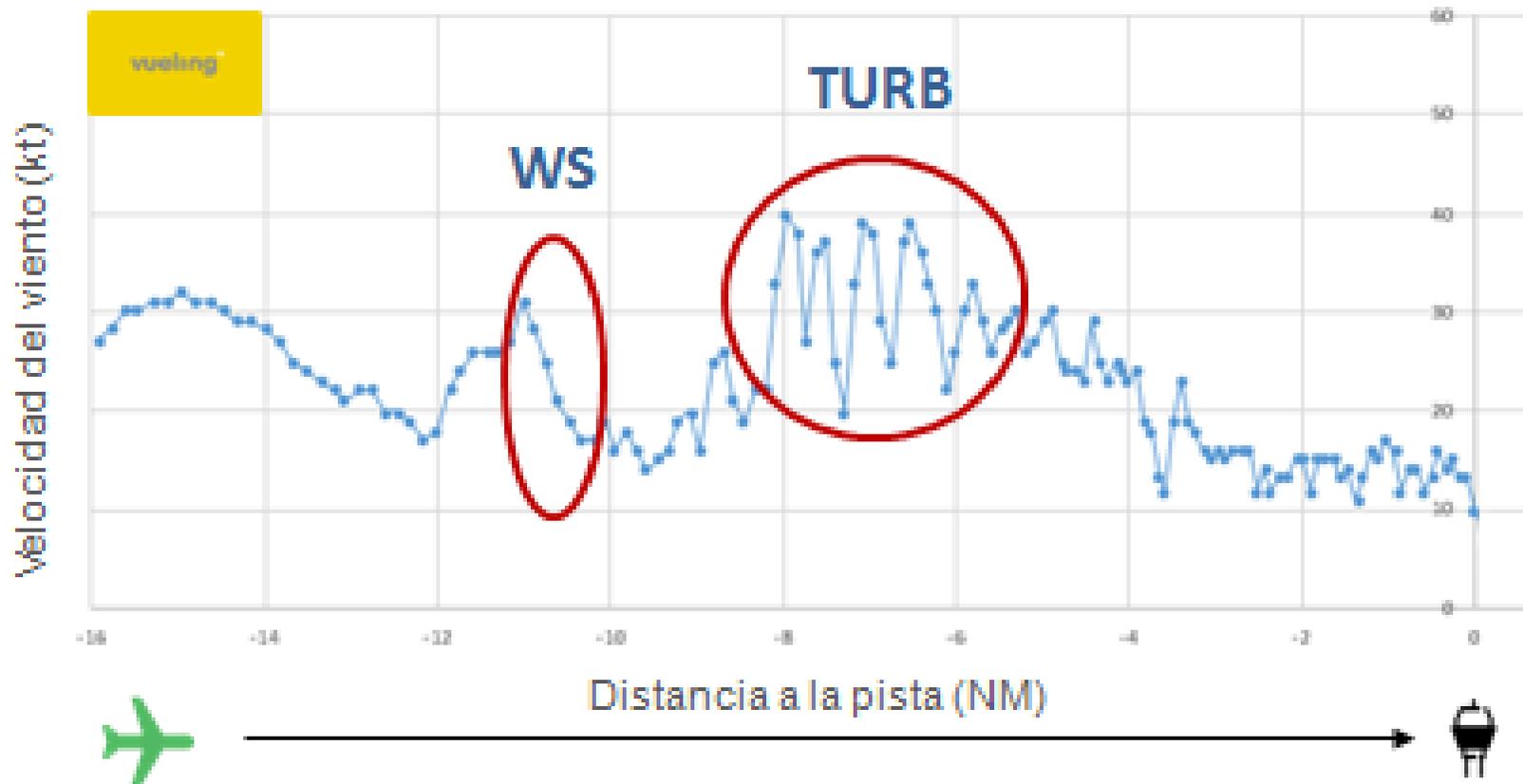
## CIZALLADURA Y TURBULENCIA

- Incluso cuando se vuela dentro de una capa con un flujo laminar, el cruce repentino de los límites entre las diferentes corrientes laminares acelerará el avión en mayor o menor grado.
- Dependiendo de la dirección de vuelo en relación con los cambios de velocidad, la cizalladura puede sentirse como una turbulencia, pero también como un viento súbito de cola o de cara.
- Además de la convección, la cizalladura es la segunda fuente principal de turbulencia. La dinámica básica de fluidos nos dice que cualquier fluido, como la atmósfera, **puede soportar solo un máximo de cizalladura entre las capas de flujo laminar antes de descomponerse en flujo turbulento.** Algunos aviones son más susceptibles a los efectos de las turbulencias que otros.

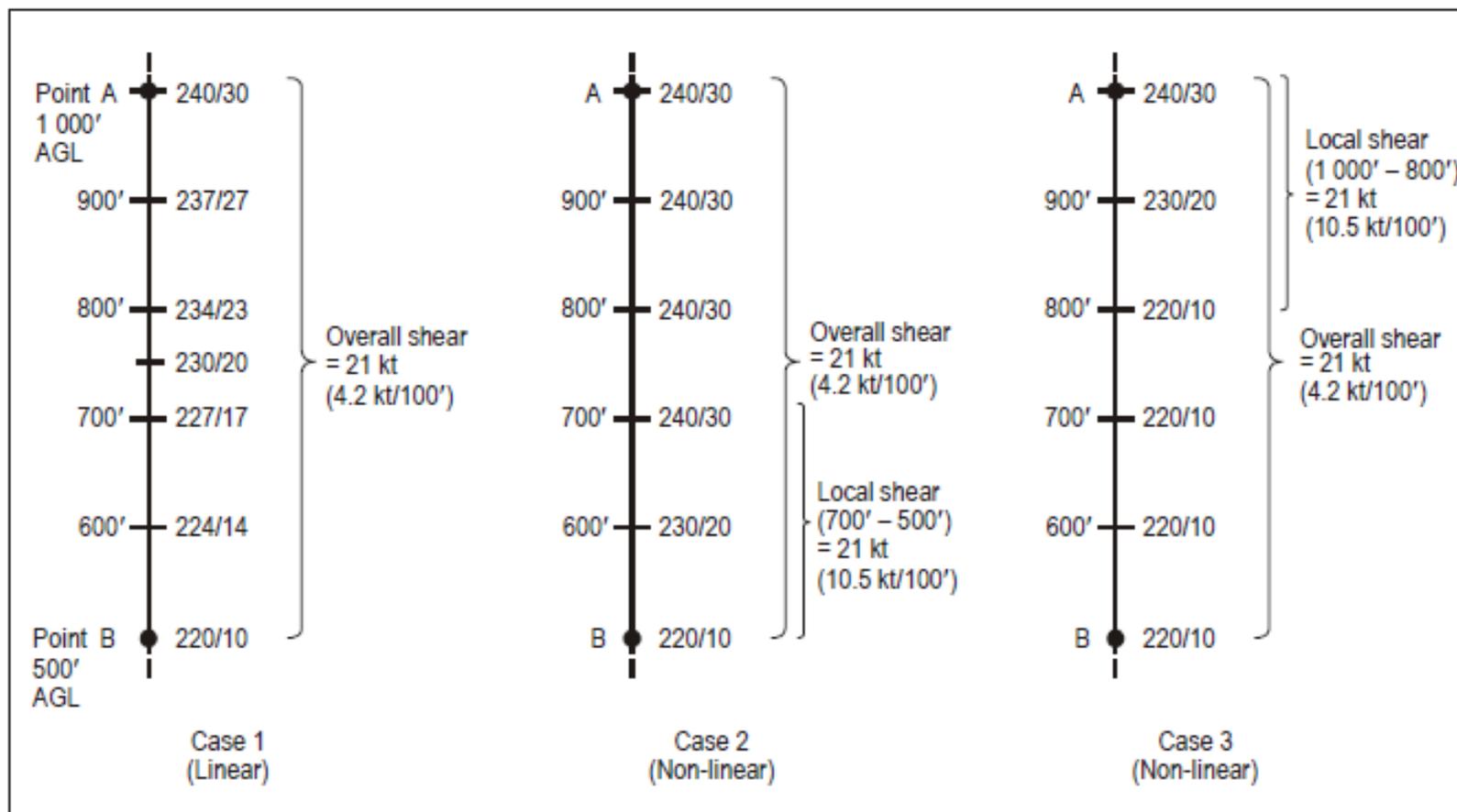


# CIZALLADURA Y TURBULENCIA

- ❑ Turbulencia → Cizalladura
- ❑ Cizalladura no implica necesariamente turbulencia

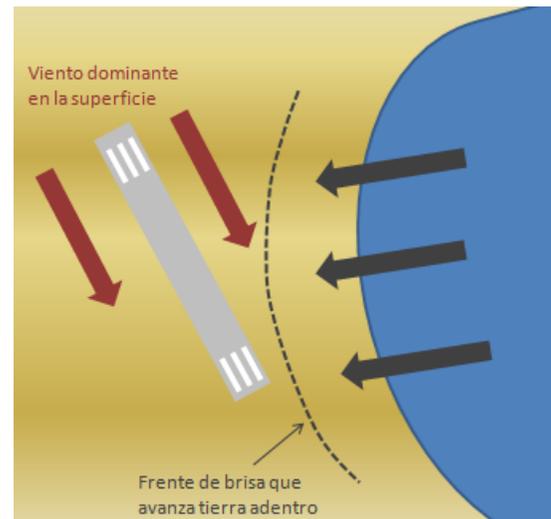
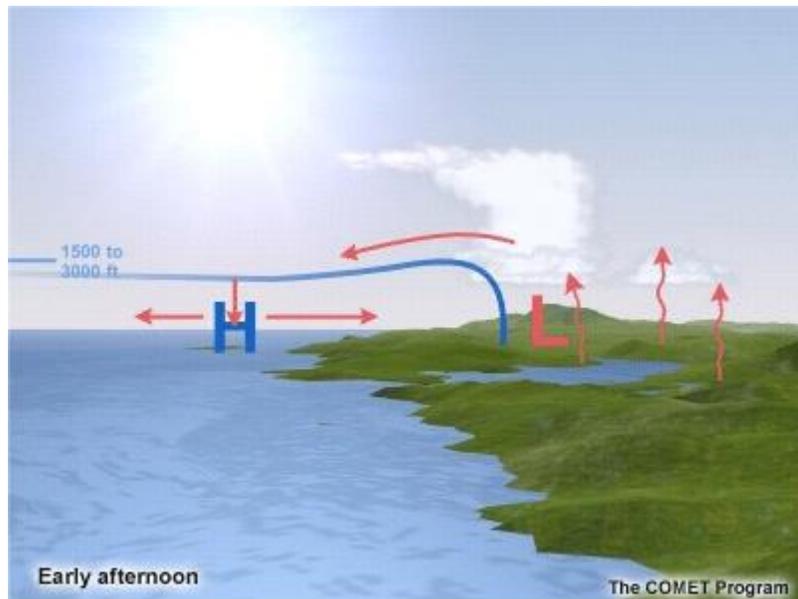
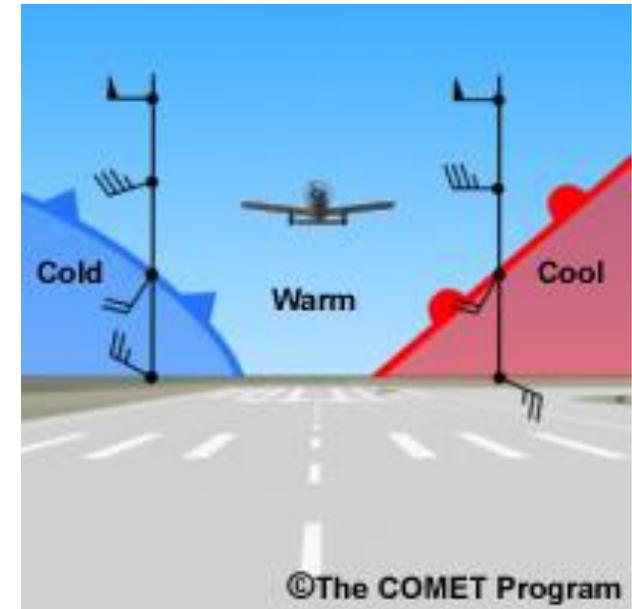


# CIZALLADURA VERTICAL



# FENÓMENOS QUE PRODUCEN CIZALLADURA

- ❑ Sistemas frontales
- ❑ Brisas



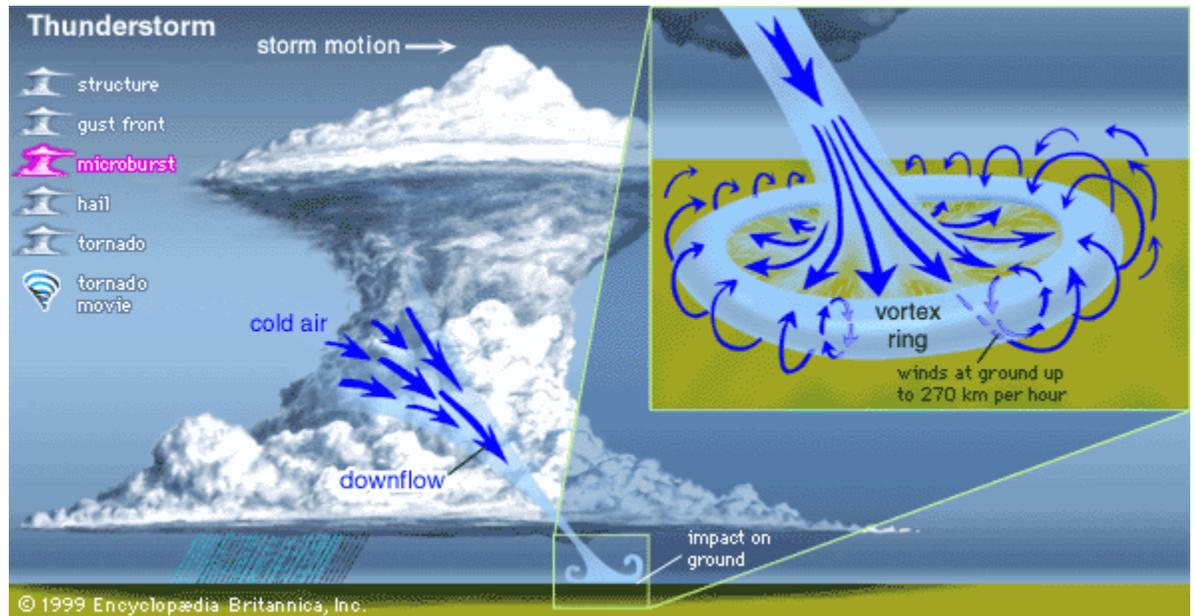
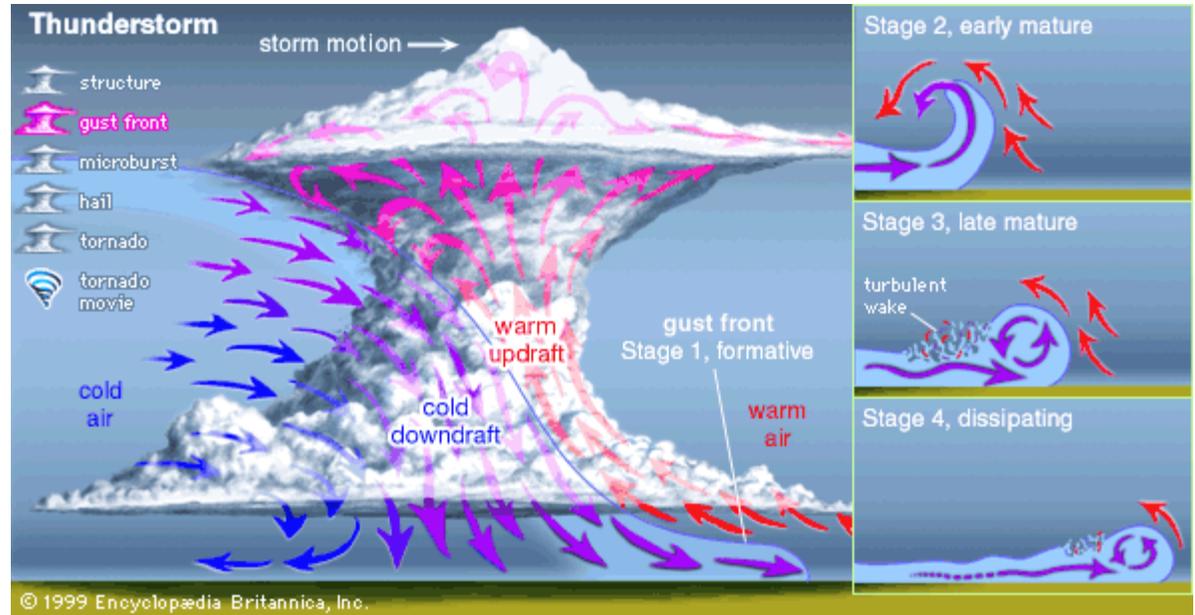
# FENÓMENOS QUE PRODUCEN CIZALLADURA

- Chorros de niveles bajos



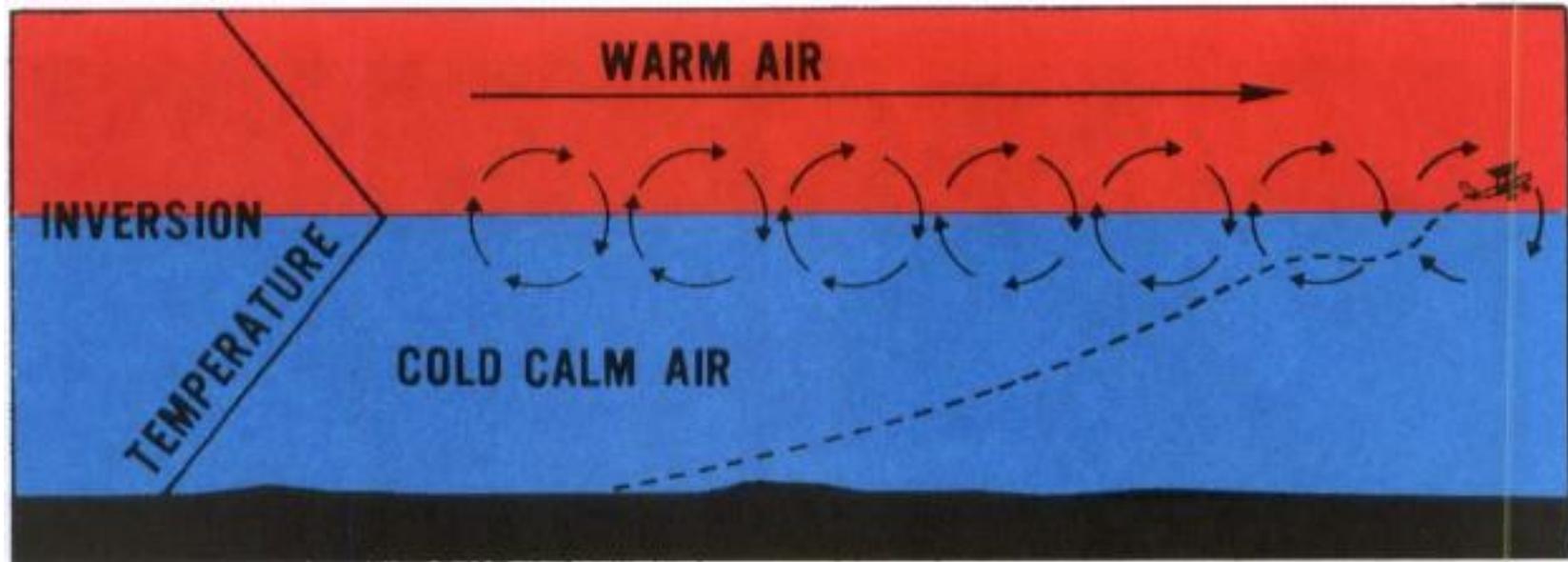
# FENÓMENOS QUE PRODUCEN CIZALLADURA

- Frentes de racha
- Reventones
  - Húmedos
  - Secos
- Vientos en línea
- Tornados
- Familias de reventones
- En el CB, en las proximidades, en el yunque y por encima.



# FENÓMENOS QUE PRODUCEN CIZALLADURA

- ❑ Inversiones térmicas
- ❑ Orografía
- ❑ Onda de montaña



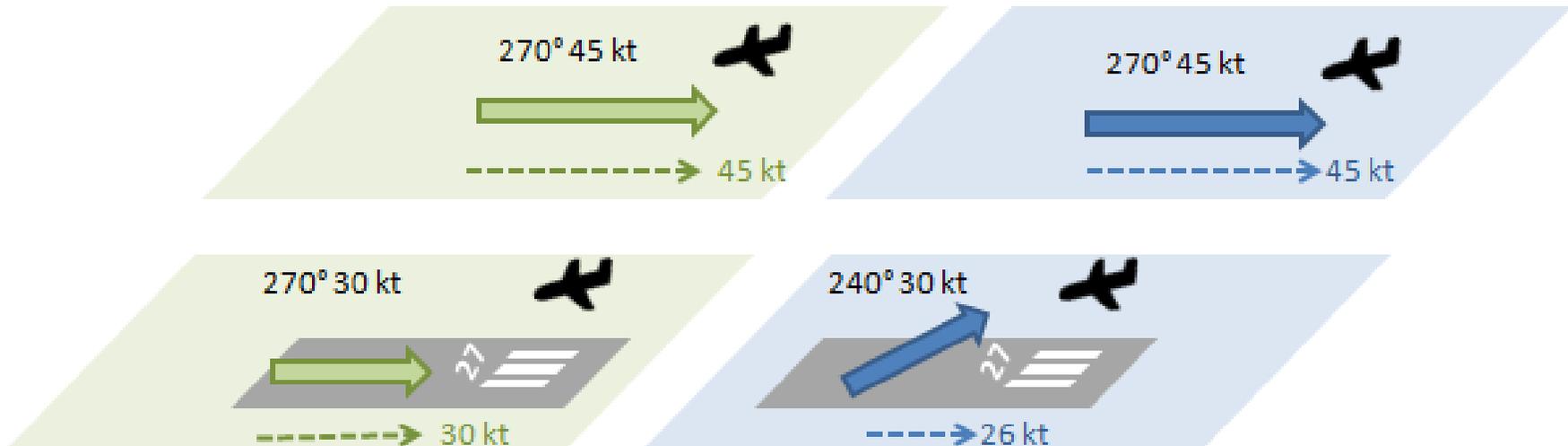
# FENÓMENOS QUE PRODUCEN CIZALLADURA

## ☐ Galernas



# EFECTOS EN LA AERONAVE

- ❑ La reacción de la aeronave a la cizalladura es compleja y depende de varios factores:
  - ❑ Tipo de aeronave
  - ❑ Fase del vuelo
  - ❑ Intensidad y duración de la cizalladura

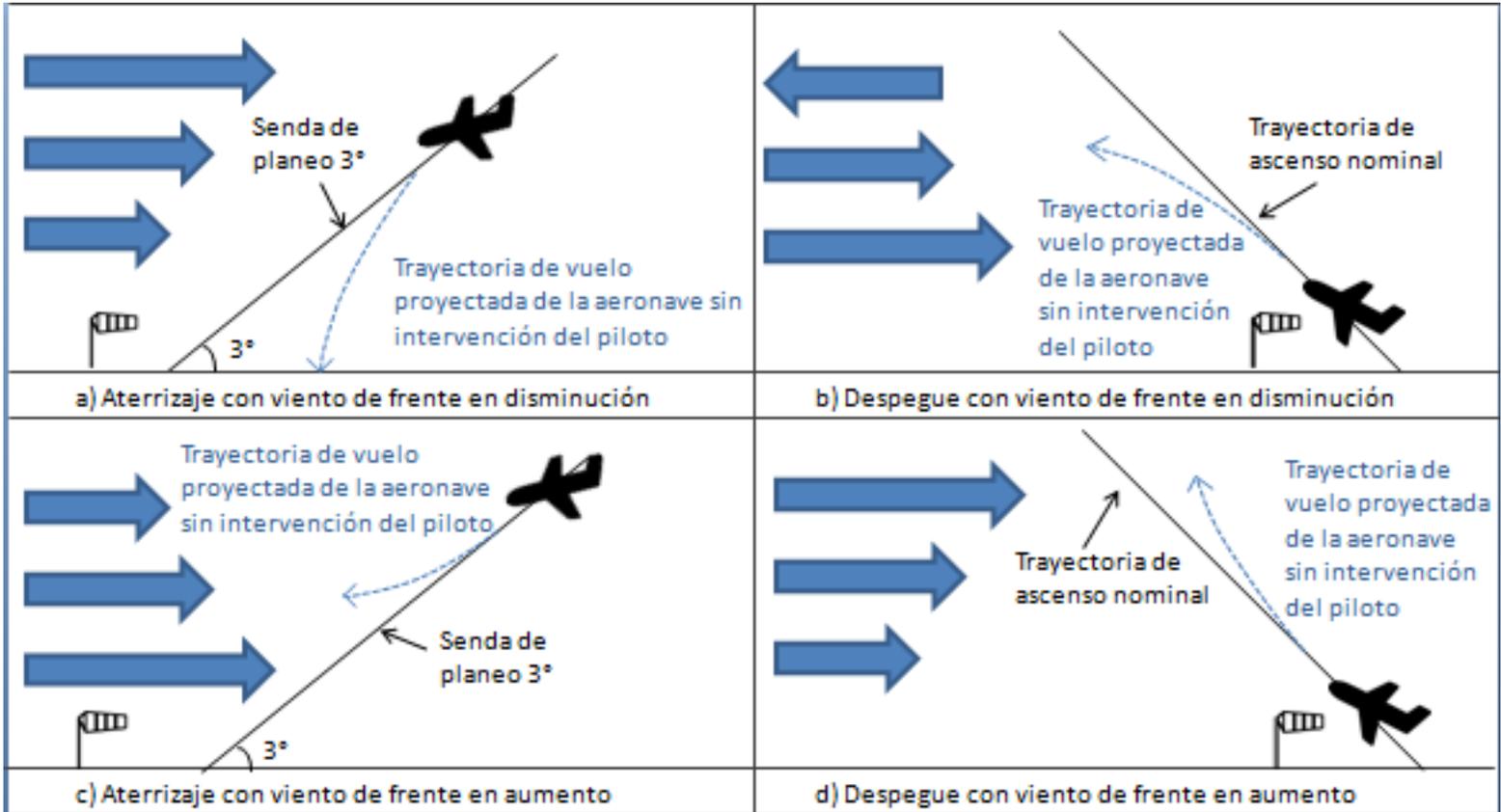


a) Disminución de 15 kt de viento de cara en el descenso

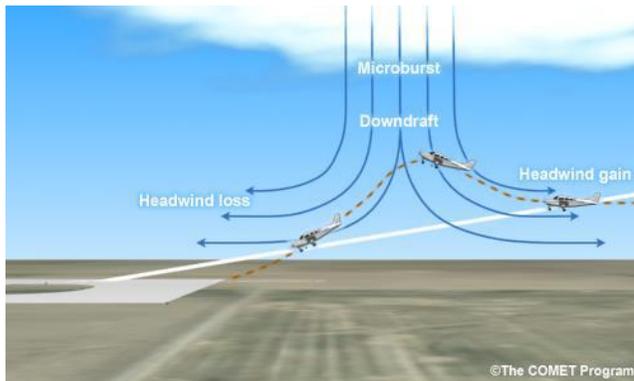
b) Disminución de 19 kt de viento de cara en el descenso

# EFECTOS EN LA AERONAVE

WS -



WS +



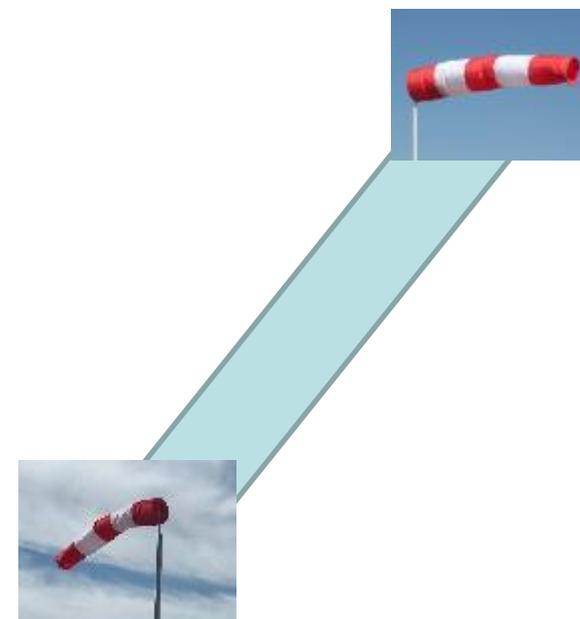
Aumento de compon. viento de cara => aumenta sustentación

Disminuc. .... => disminuye ...

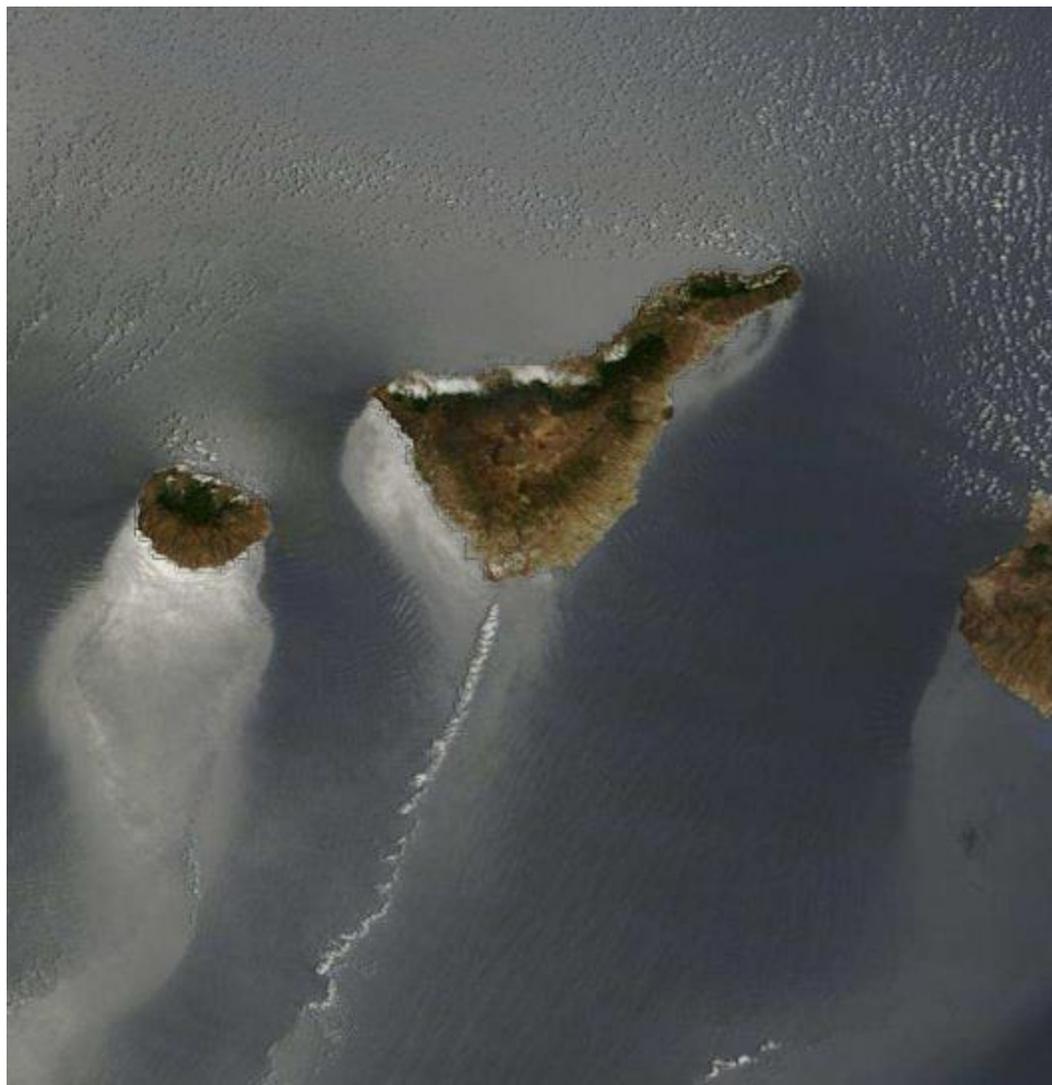
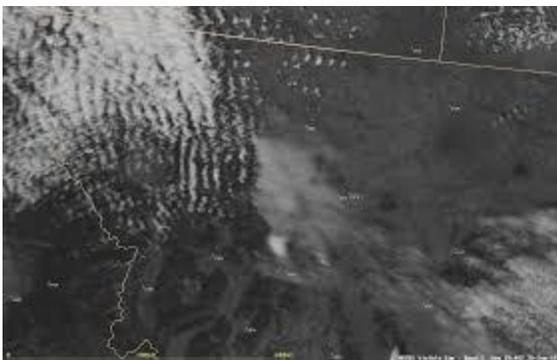
# DETECCIÓN



AEMET, Agencia Estatal de Meteorología

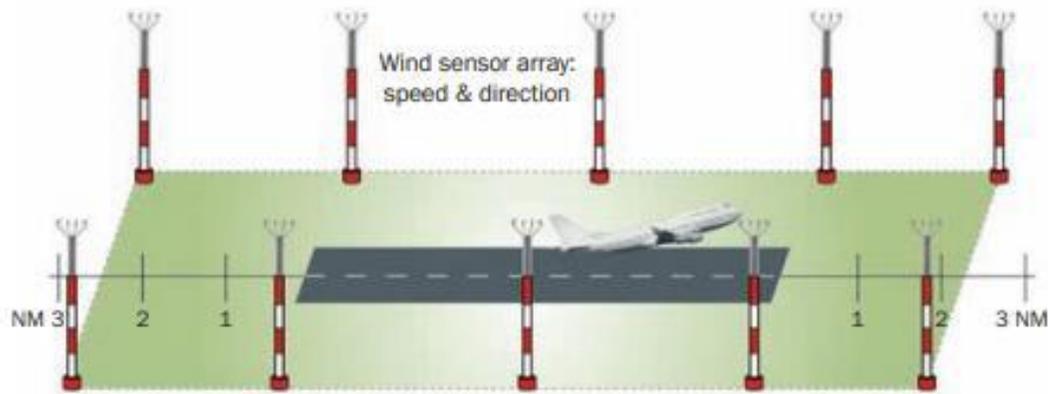


# DETECCIÓN



# DETECCIÓN

## LLWAS



*Torre del LLWAS de Tenerife Sur*

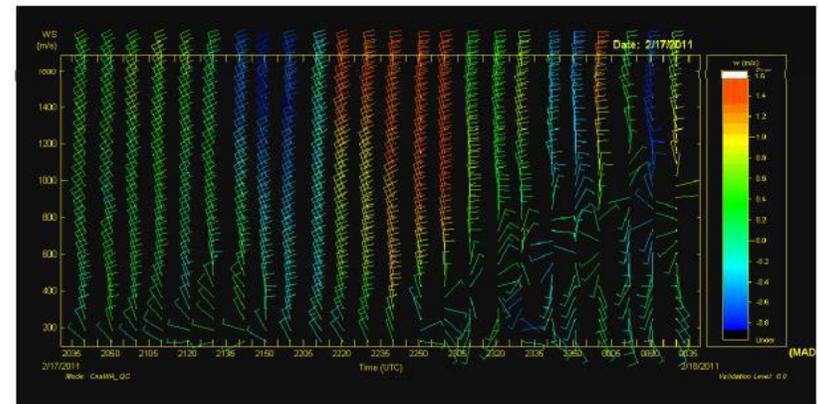


# DETECCIÓN

Perfilador vertical



Emite un pulso EM en la vertical y calcula la velocidad del viento a partir de las variaciones del índice de refracción del aire debidas a la turbulencia (mide cambio en la frecuencia de la señal de retorno).

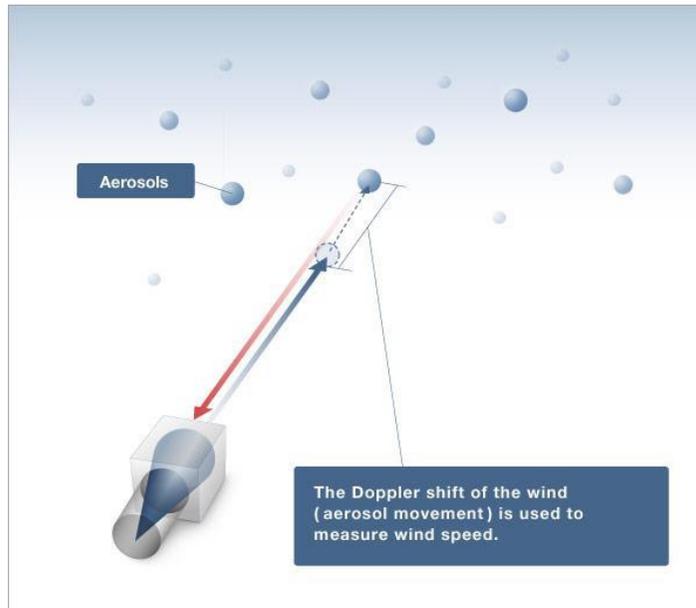


# DETECCIÓN

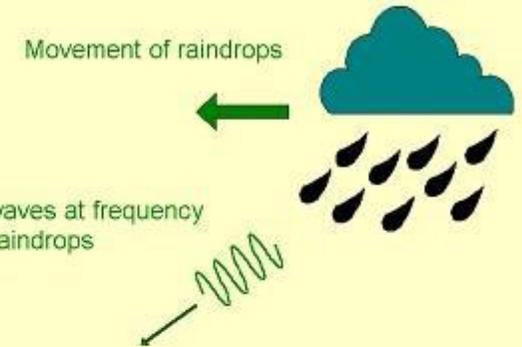
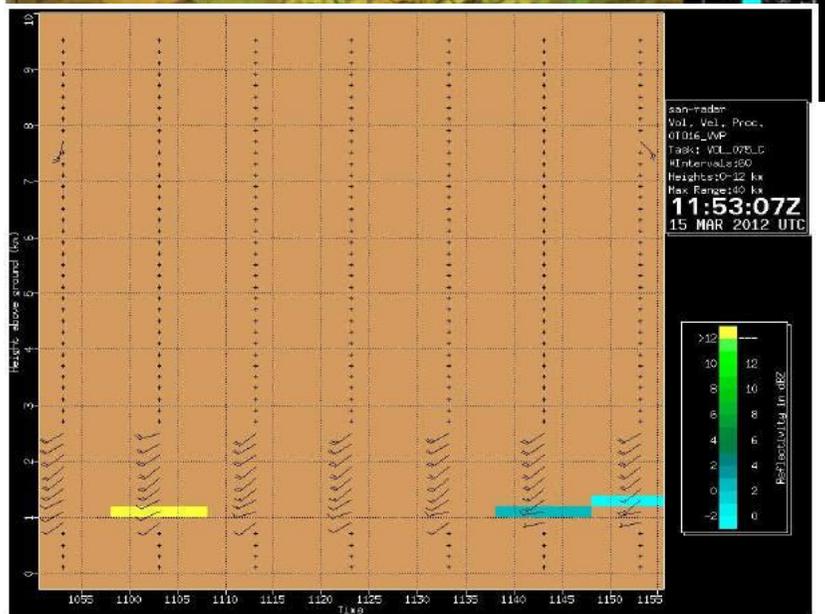
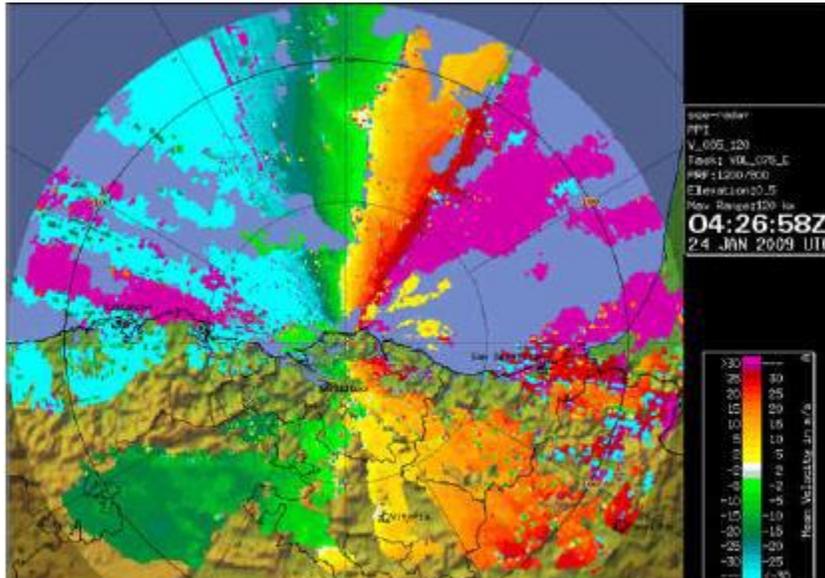
LIDAR Doppler3D



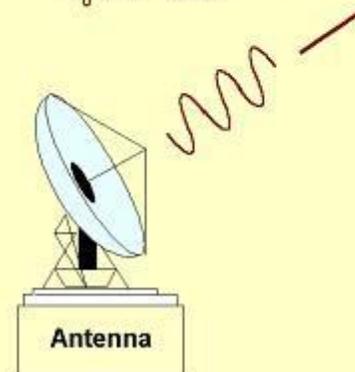
- Emite un haz láser pulsado y calcula la velocidad radial del viento a partir del cambio en la frecuencia de la señal de retorno de los aerosoles



# Doppler Weather Radar



Radio waves at frequency  $f_0$  from radar



*The frequency change ( $f_r - f_0$ ) allows the determination of the speed of movement of raindrops in the direction of the radar*

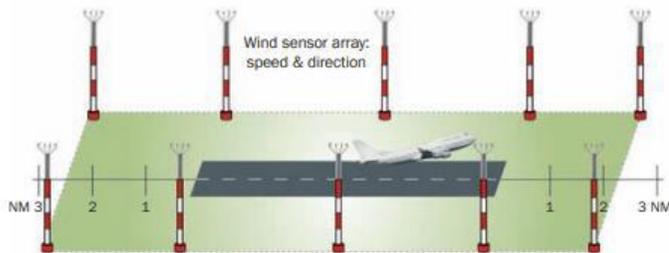
# DETECCIÓN

	LLWAS	Perfilador viento	Doppler weather radar	Lidar Doppler 3D
Cizalladura horizontal/vertical				
Aire seco/húmedo				
Alcance	3 NM - real 1 NM	3 - 5 km	20 - 100 km	4 - 10 km
Resolución espacial	1 NM	60 - 100 m	150 m	100 - 200 m
Resolución temporal	10 segundos	3-10 min	1-3 min	2-3 min
Medida directa	SÍ	NO	NO	NO
Problemas con ecos de tierra	NO	SÍ	SÍ	NO*
Precaución con interferencias	NO	SÍ	SÍ	NO
Puede detectar turbulencia	NO (no funciona bien si la hay)	SÍ *	SÍ *	SÍ *

# INFORMES DE PILOTOS



METAR

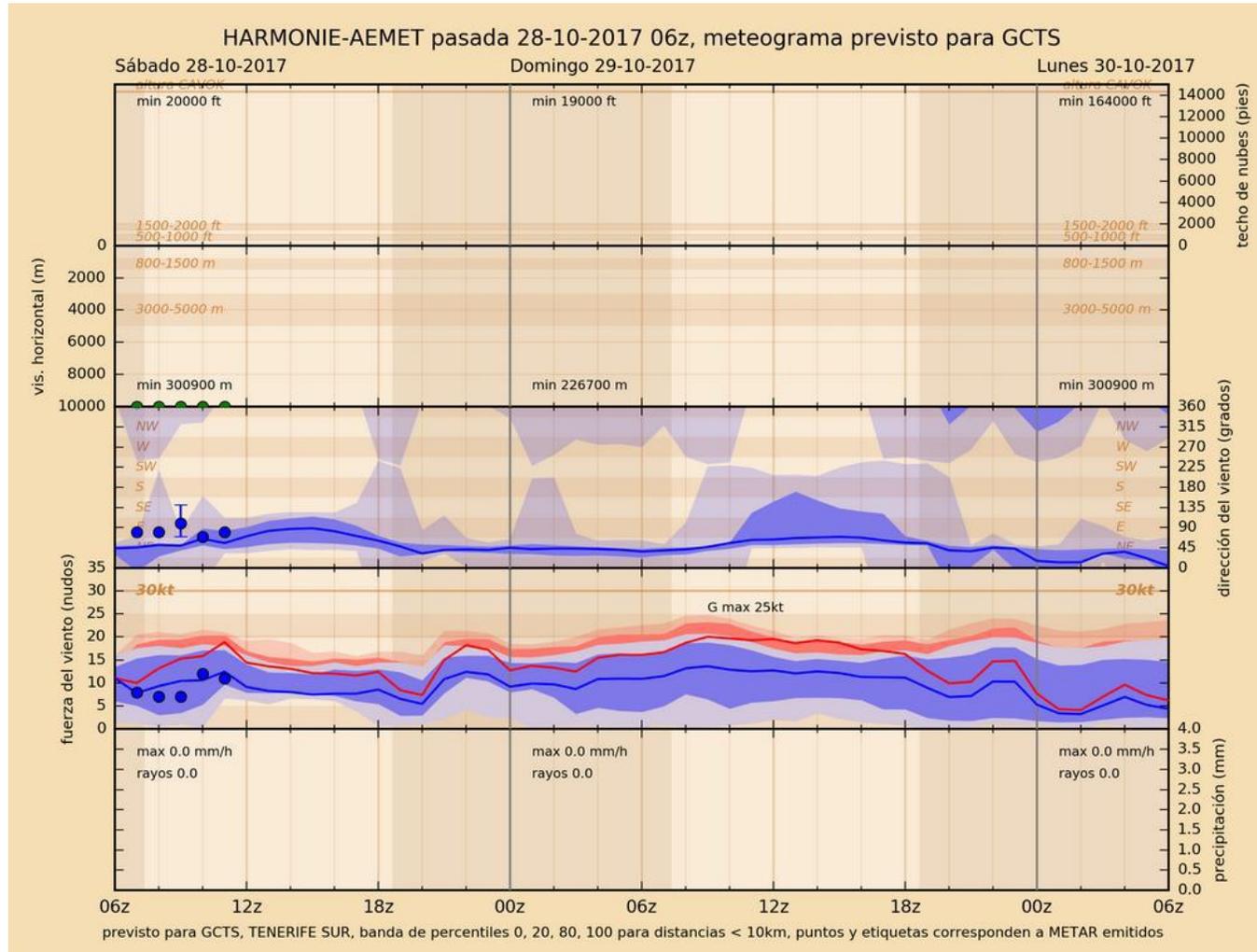


METAR LEBB 311330Z 17011G21KT 110V230 CAVOK 20/07 Q1013 **WS ALL RWY** NOSIG=

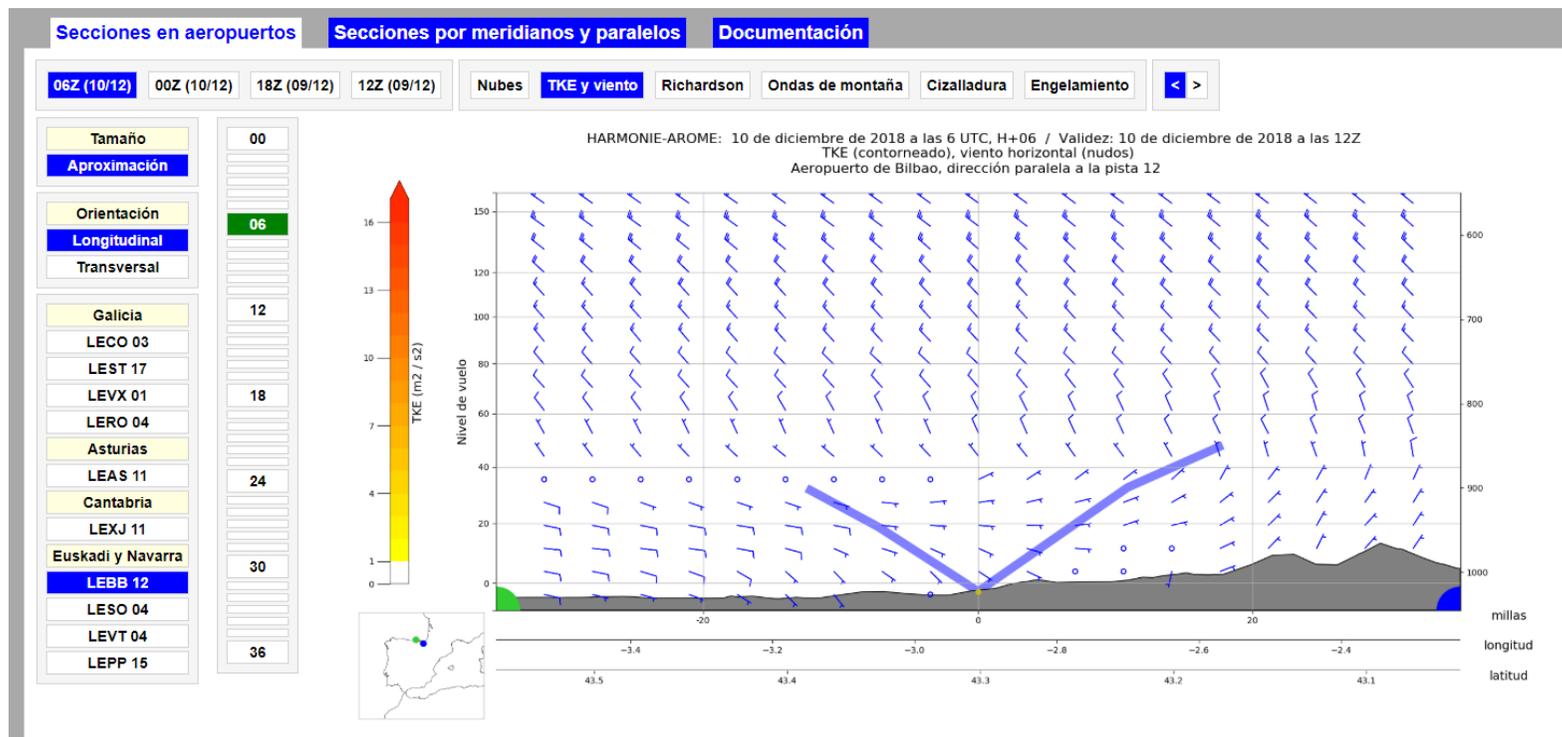
METAR LEBB 311330Z 17011G21KT 110V230 CAVOK 20/07 Q1013 **WS R12** NOSIG=

# PREDICCIÓN

## HARMONIE



# PREDICCIÓN



# PREDICCIÓN

Secciones en aeropuertos

Secciones por meridianos y paralelos

Documentación

06Z (10/12)

00Z (10/12)

18Z (09/12)

12Z (09/12)

Nubes

TKE y viento

Richardson

Ondas de montaña

Cizalladura

Engelamiento

< >

Tamaño

00

Aproximación

Orientación

06

Longitudinal

Transversal

12

Galicia

LECO 03

LEST 17

LEVX 01

LERO 04

18

Asturias

LEAS 11

Cantabria

LEXJ 11

24

Euskadi y Navarra

LEBB 12

30

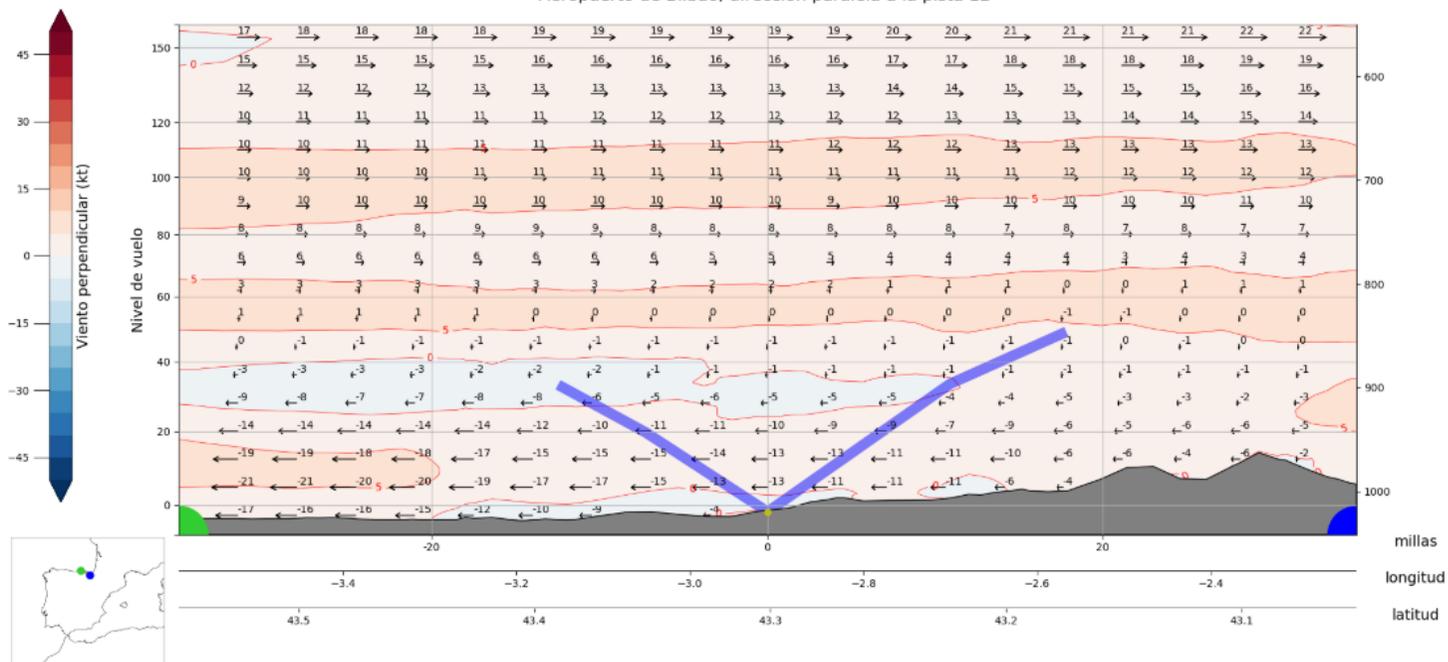
LESO 04

LEVT 04

LEPP 15

36

HARMONIE-AROME: 10 de diciembre de 2018 a las 6 UTC, H+14 / Validez: 10 de diciembre de 2018 a las 20Z  
Proyección del viento en el plano de la sección: flechas con leyenda en nudos / Viento perpendicular a la sección en colores: rojo hacia afuera, azul hacia adentro (nudos)  
Aeropuerto de Bilbao, dirección paralela a la pista 12



# PREDICCIÓN

## □ Eps-GRAMA (g-SREPS)

### Barcelona airport

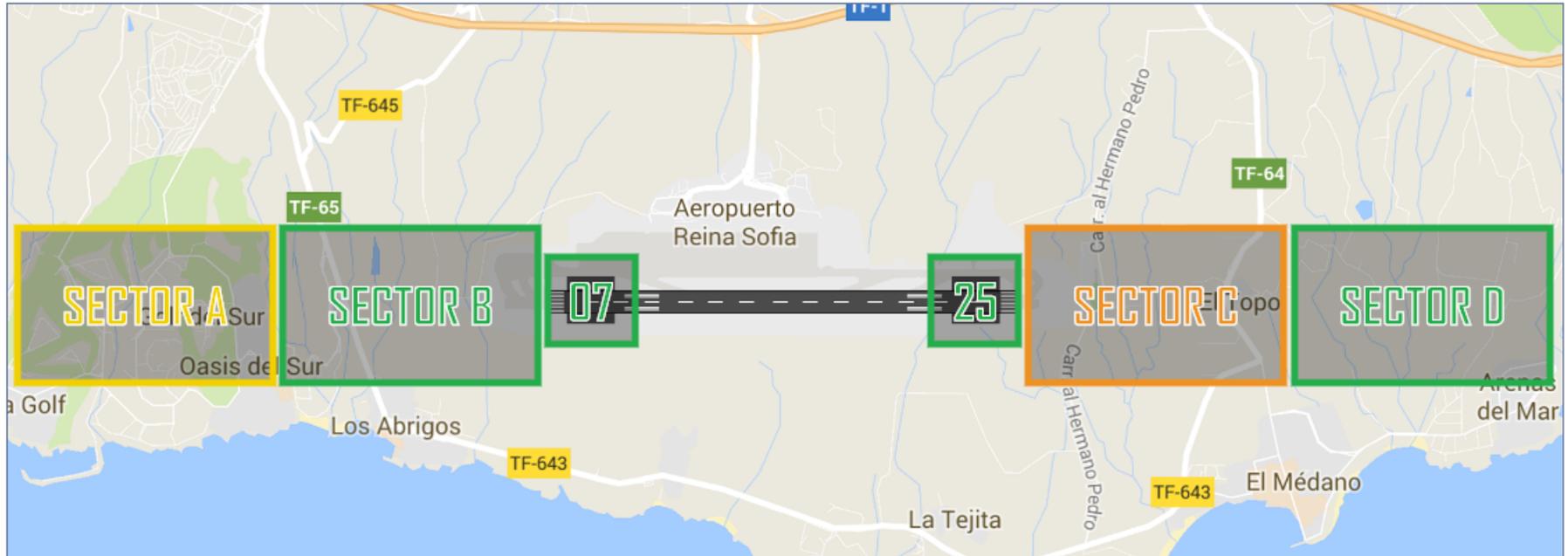


# PREDICCIÓN

## ☐ Tenerife Sur, viento de cara

Cizalladura - Aeropuerto de Tenerife Sur

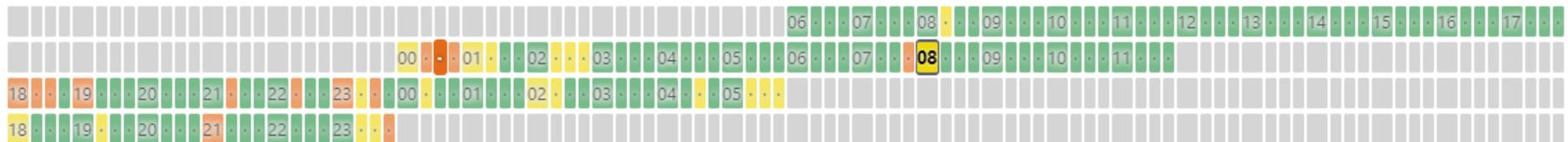
INFO



HeadWind

Percentil

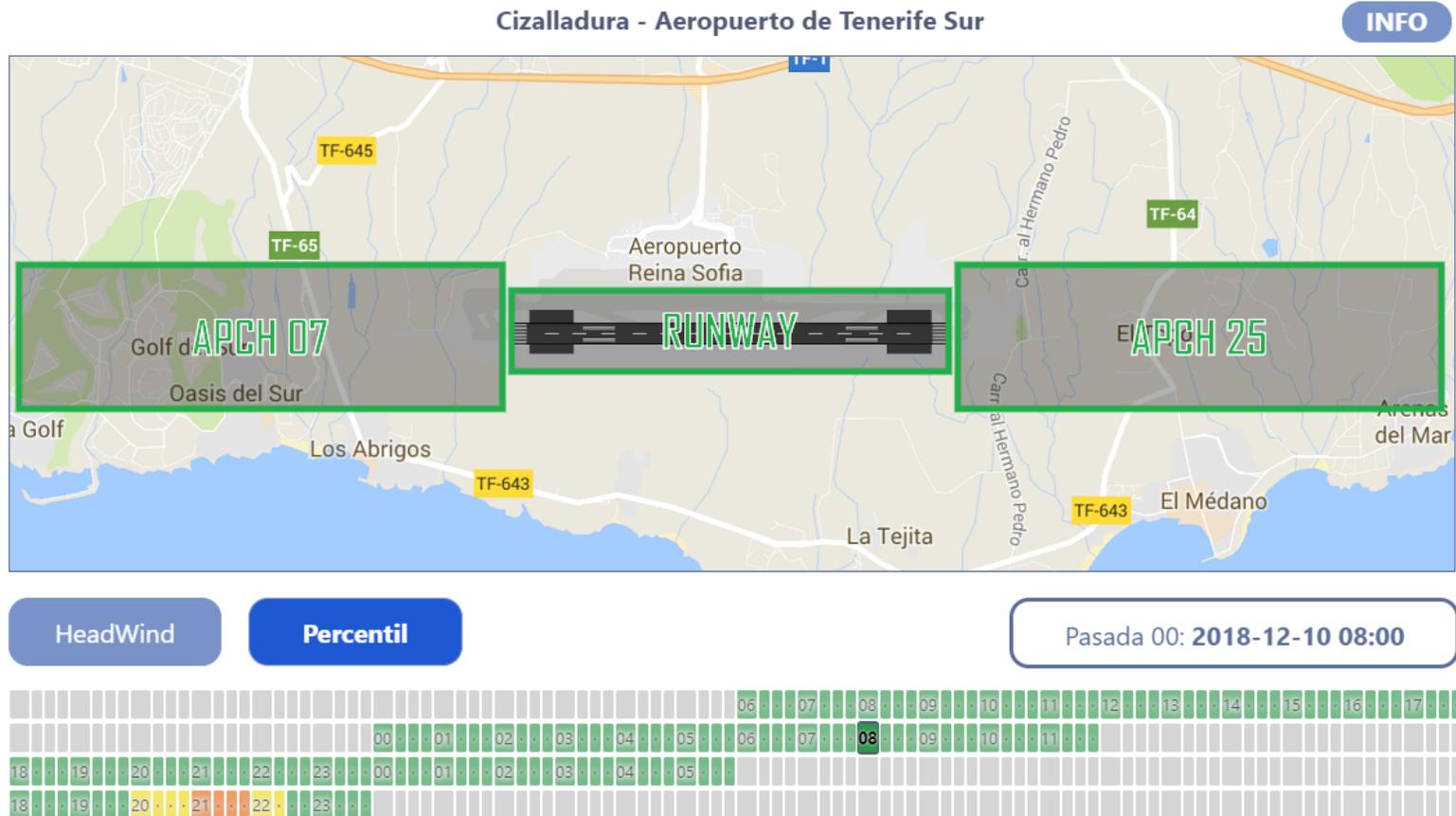
Pasada 00: 2018-12-10 00:30



<http://canarias.aemet.es/index.php/salida-modelos/cizalladura>

# PREDICCIÓN

## Tenerife Sur, percentil



<http://canarias.aemet.es/index.php/salida-modelos/cizalladura>



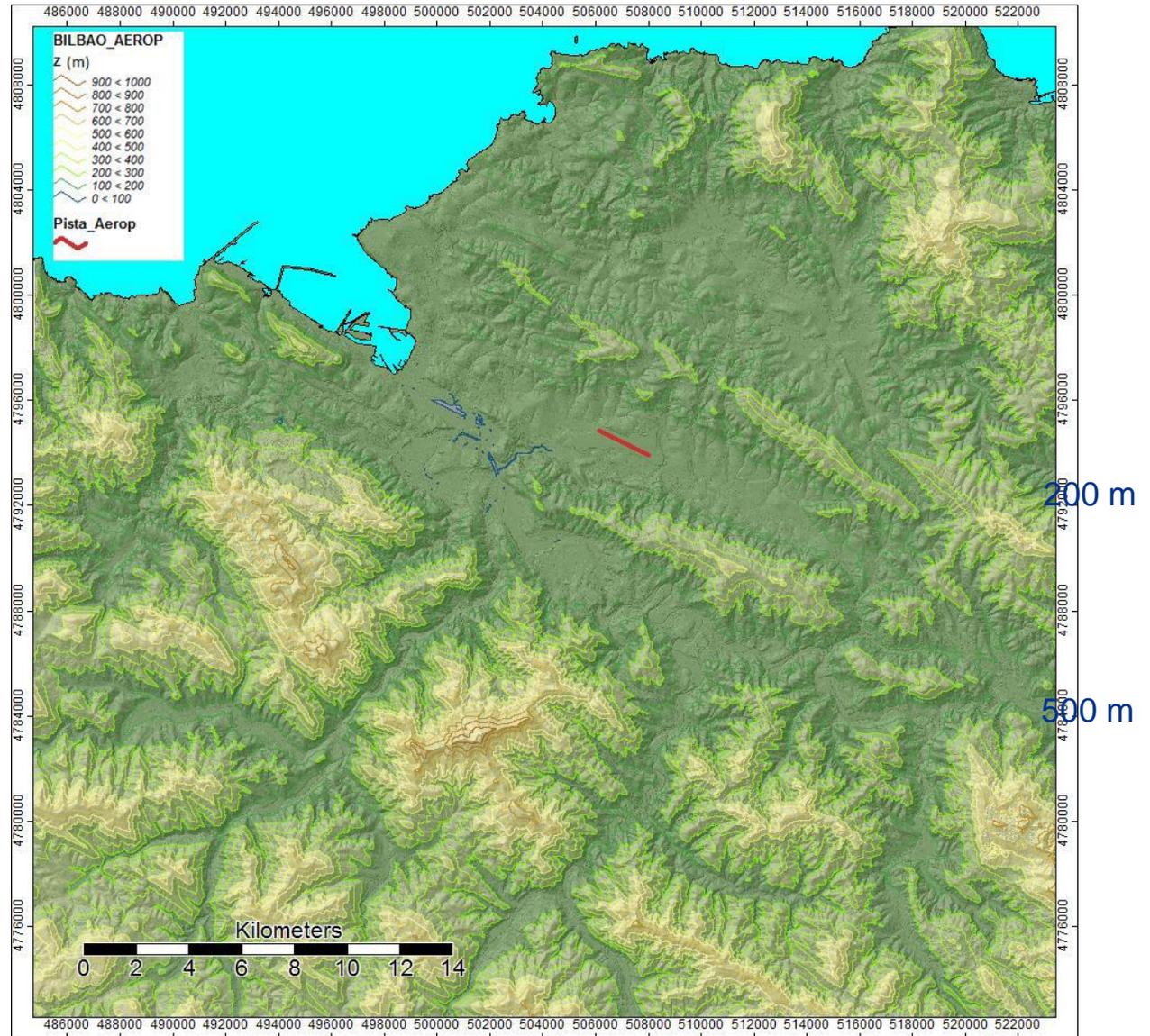
# PREDICCIÓN

## ☐ Aeropuertos con episodios de cizalladura significativa

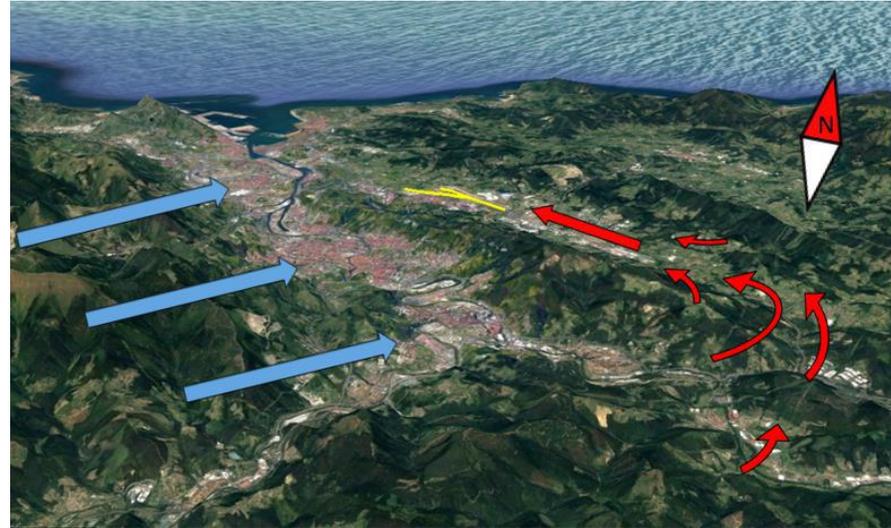
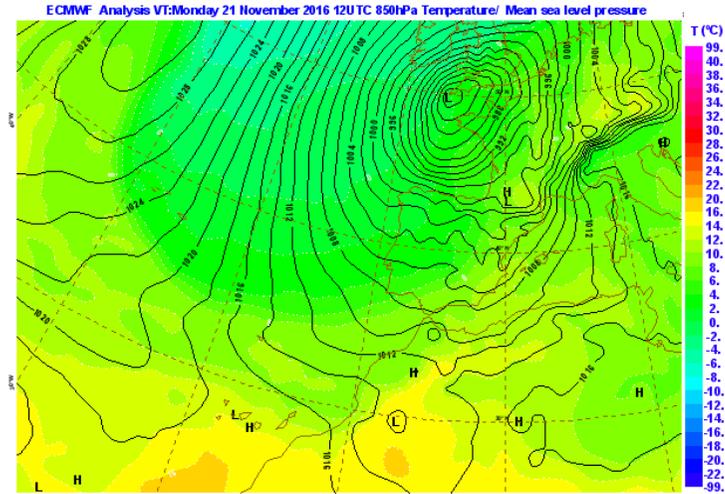


# □ Aeropuerto de Bilbao

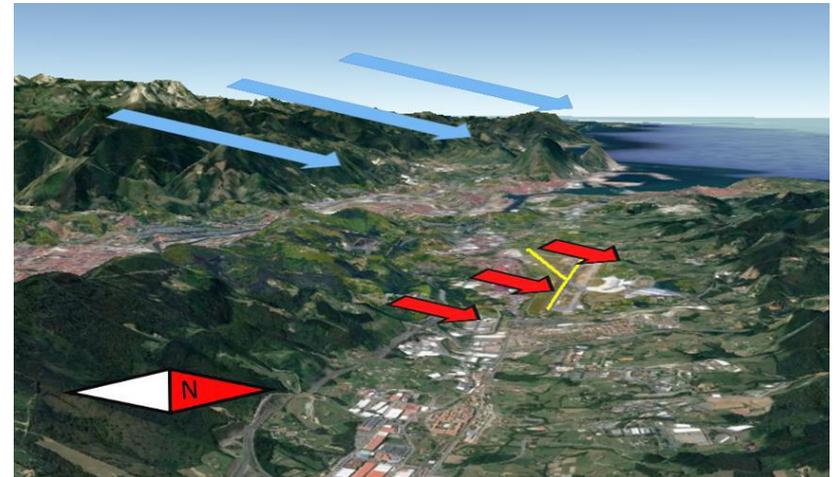
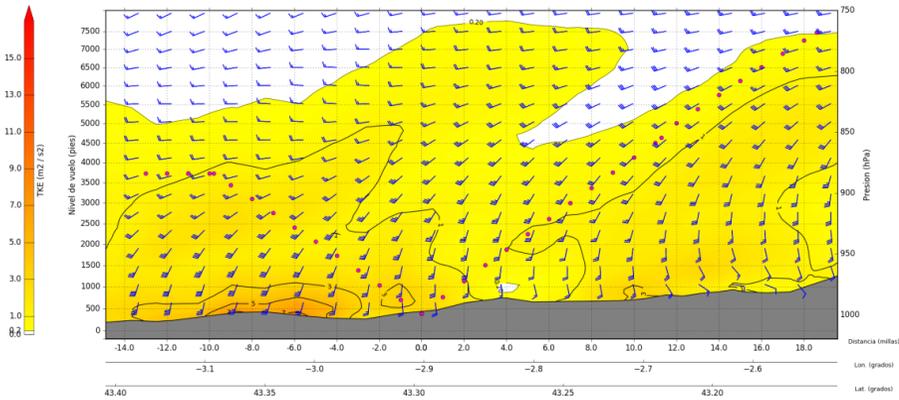
1000 m



# ☐ Aeropuerto de Bilbao



HARMONIE-AROME: 26 de enero de 2017 a las 12 UTC +006h  
 Validez: 26 de enero de 2017 a las 18 UTC.  
 TKE (contorneado), viento (nudos), T25.



## □ Aeropuerto de Barcelona

Las corrientes de densidad atrapadas (CTD) son un fenómeno de mesoescala que consiste en un incremento de velocidad y cambio de dirección bruscos del viento, junto con un aumento temporal de la cizalladura vertical y horizontal. Las conclusiones del estudio de GONZÁLEZ et al. (2018) indican que las CTD están asociadas comúnmente a las situaciones de tramontana-cierzo. Se producen en la frontera entre una masa de aire cálida y otra fría situada en la costa al norte de Barcelona que avanzan como una corriente de densidad hacia el suroeste en equilibrio antitriptico. El frente se desplaza en dirección hacia el aire cálido (al SW) debido a la diferencia de temperatura. La línea interactúa con la orografía debido a la fuerza de Coriolis que desvía ligeramente la masa de aire hacia la cordillera costero-catalana .

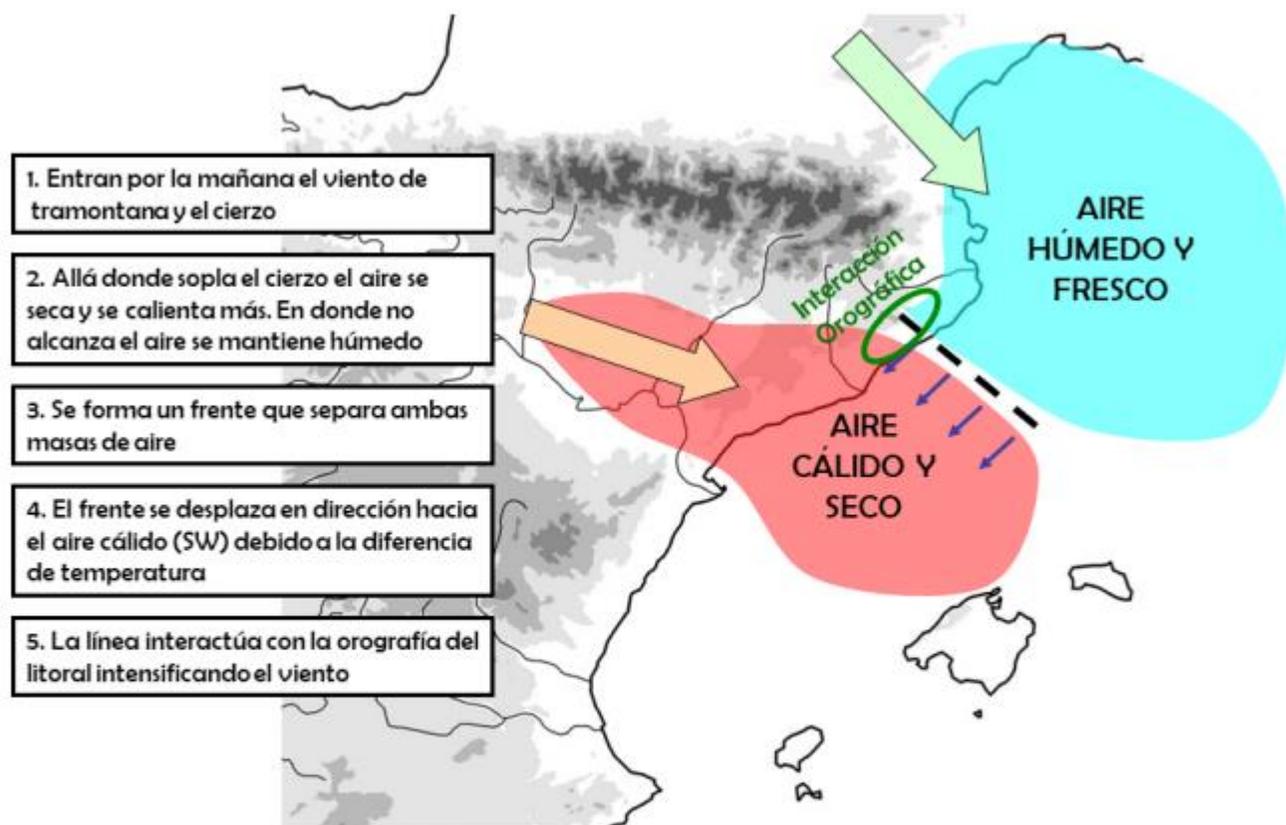


Figura 4. Modelo conceptual general de gran parte de las CTD en la costa central catalana.

## □ Aeropuerto de Barcelona

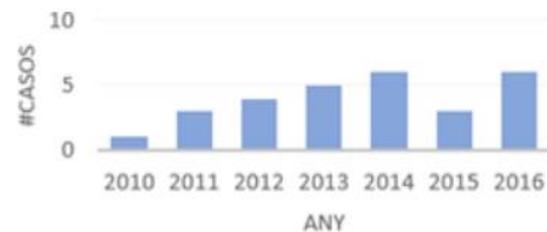


Figura 6.  
Distribución anual, mensual y horaria de los episodios de CTD en la costa catalana entre 2010 y 2016.





Gracias por su atención