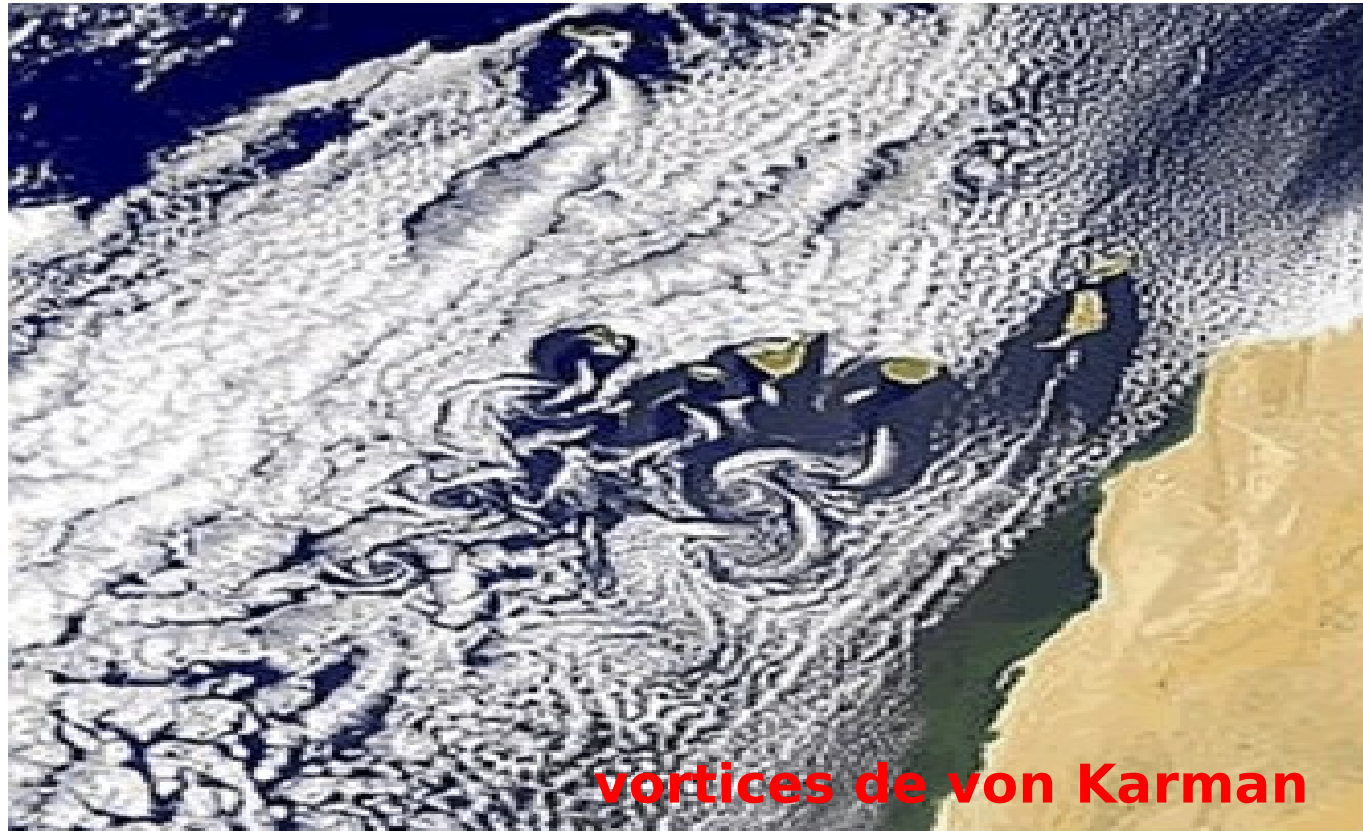


# METEOROLOGÍA DINÁMICA

- Repaso de Conceptos de Dinámica de Fluidos.
  - Circulación General de la Atmósfera
  - Masas de Aire, Frentes y Perturbaciones



**vortices de von Karman**

# METEOROLOGÍA DINÁMICA

- Tema 5.- Repaso de Conceptos de Dinámica de Fluidos.
- Tema 6.- Circulación General de la Atmósfera
- Tema 7.- Masas de Aire, Frentes y Perturbaciones

## Objetivo de la Meteorología Dinámica

*El estudio del movimiento del aire en la atmósfera, sus causas y evolución futura. Constituye la base teórica de la predicción del tiempo atmosférico*

# Tema 5

## Elementos de Dinámica de Fluidos. Fuerzas y Movimiento

El movimiento del aire en las proximidades de la superficie terrestre está controlado por cuatro factores:

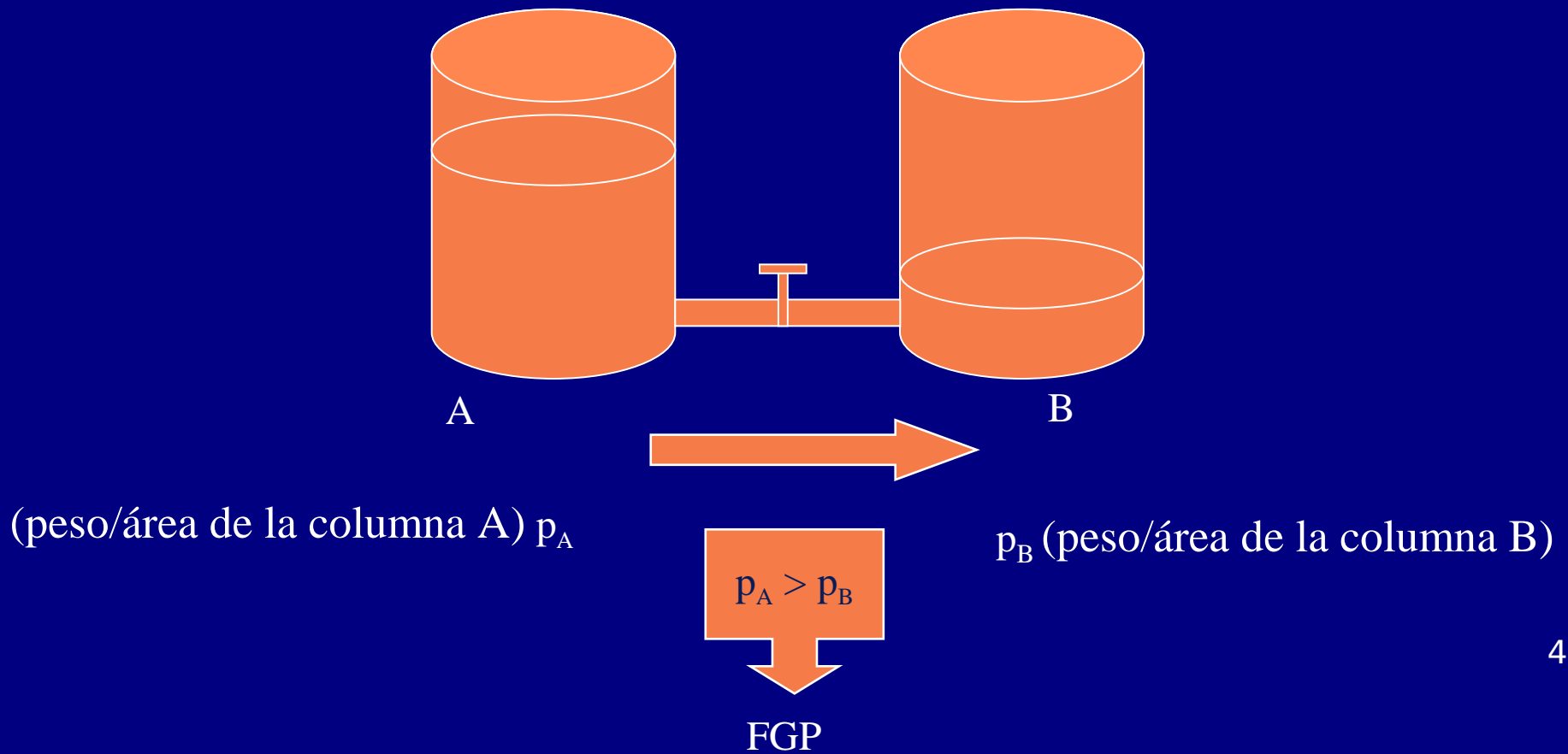
- **la fuerza del gradiente de presión**
- **la fuerza de Coriolis**
- **la aceleración centrípeta**
- **la fuerza de rozamiento**

*De éstos, la fuerza de Coriolis y la aceleración centrípeta son, en rigor, ficticios, pero conviene atribuir a dichas fuerzas ciertos efectos sobre el movimiento del aire en las proximidades de la tierra.*

## ELEMENTOS DE DINÁMICA DE FLUÍDOS

### Fuerzas del Gradiente de Presión

***El gradiente de presión, ocasionado por la diferencia de presión entre dos puntos, genera una fuerza que ocasiona el movimiento del aire desde la zona de altas presiones hacia las de bajas presiones.***

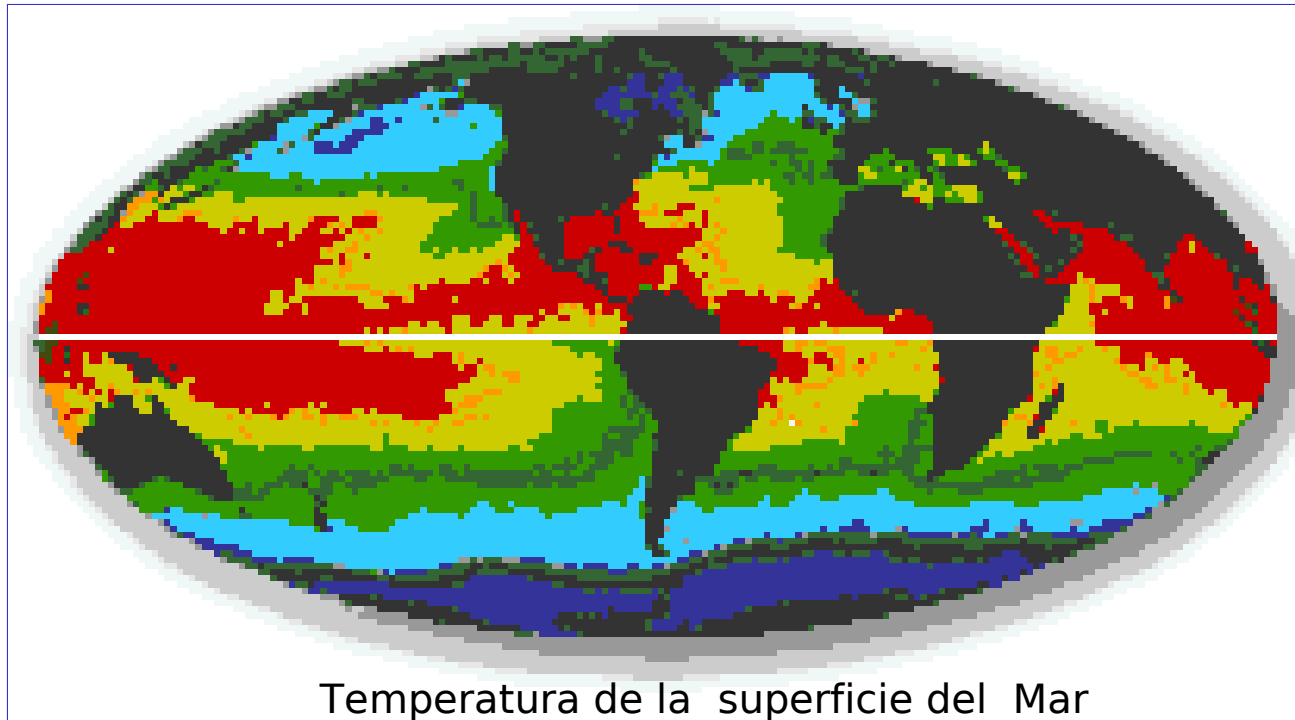




## ELEMENTOS DE DINÁMICA DE FLUÍDOS

### Fuerzas del Gradiente de Presión

*Estas diferencias de presión pueden ser debidas a causas mecánicas o térmicas. En cierto aspecto, la atmósfera puede compararse con una gigantesca máquina térmica donde la diferencia constante de temperatura existente entre los polos y el Ecuador proporciona la energía necesaria para la circulación atmosférica.*



Temperatura de la superficie del Mar



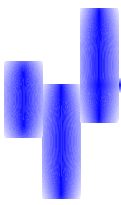
## ELEMENTOS DE DINÁMICA DE FLUÍDOS

---

### Fuerzas del Gradiente de Presión

***El aire, al calentarse, varía su densidad y por lo tanto su presión atmosférica. Las diferencias barométricas ponen en movimiento las masas de aire, las que entran en una constante pero inalcanzable “búsqueda de equilibrio bórico”.***

***La transformación de energía calorífica en energía cinética puede implicar un ascenso o descenso del aire, pero los movimientos verticales son generalmente mucho menos evidentes que los horizontales, que pueden abarcar amplias zonas y persistir durante períodos de tiempo que oscilan entre algunos días y varios meses.***



## ELEMENTOS DE DINÁMICA DE FLUÍDOS

---

### Fuerzas del Gradiente de Presión

***Cabría esperar que la diferencia de presión existente entre la superficie de la tierra y los niveles superiores de la atmósfera ocasionase el escape de ésta, hecho que no se produce a causa de la existencia del campo gravitatorio terrestre. El descenso de la presión del aire al aumentar la altura está compensado por la fuerza de la gravedad dirigida hacia abajo; esto es lo que se conoce como equilibrio hidrostático.***

***Este equilibrio, conjuntamente con la estabilidad general de la atmósfera y su escaso espesor, limita en gran manera los movimientos verticales del aire. Por término medio, la velocidad de los vientos horizontales es del orden de varios centenares de veces mayor que la de los movimientos verticales, aunque se producen algunas excepciones, particularmente en las tormentas convectivas.***

## ELEMENTOS DE DINÁMICA DE FLUÍDOS

### Fuerzas del Gradiente de Presión



$$FGP = - (1/\rho) (\Delta p/\Delta n)^*$$

$\rho$  es la densidad del aire  
 $\Delta p$  es la diferencia de presión  
 $\Delta n$  es la distancia entre los observatorios

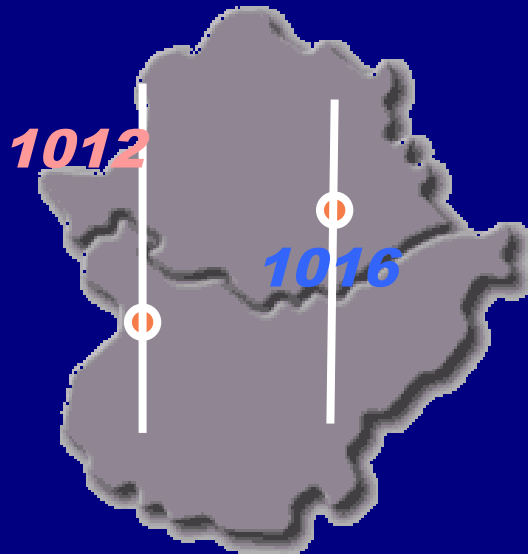
\* (por unidad de masa)

Tiene aplicación a los mapas del tiempo.....



## ELEMENTOS DE DINÁMICA DE FLUÍDOS

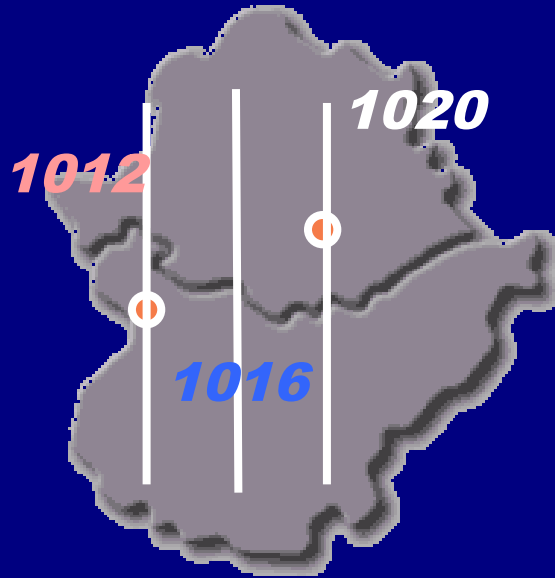
### Fuerzas del Gradiente de Presión



Ignoremos la densidad

Gradiente P ~ 4 mb/100 km

Gradiente P ~ 8 mb/100 km



cuanto más juntas están las isobaras, mayor es la fuerza del gradiente de presión

## ELEMENTOS DE DINÁMICA DE FLUÍDOS

### Fuerzas del Gradiente de Presión

- Como es un vector, la fuerza de gradiente de presión tiene 3 componentes: 2 en el plano horizontal y una en la vertical:

$$FGP_x = -(1/\rho) (\Delta p/\Delta x)$$

$$FGP_y = -(1/\rho) (\Delta p/\Delta y)$$

$$FGP_z = -(1/\rho) (\Delta p/\Delta z)$$

Como ya se vio en su momento en condiciones de **equilibrio hidrostático**  $FGP_z = -g$ . Ecuación válida en procesos a gran escala



## ELEMENTOS DE DINÁMICA DE FLUÍDOS

---

### Fuerzas del Gradiente de Presión

#### *Resumen*

*Las fuerza del gradiente de presión son generadas por las diferencias de presión atmosférica entre dos puntos de la superficie Terrestre. Estas fuerzas son directamente proporcionales al gradiente de presión, por consiguiente, cuanto más juntas estén las isobaras, más intenso será el gradiente de presión y mayor la velocidad el viento.*

*La fuerza del gradiente de presión es también inversamente proporcional a la densidad del aire y está relación es de especial importancia para comprender el comportamiento de los vientos en altura*

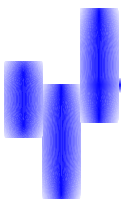


## ELEMENTOS DE DINÁMICA DE FLUÍDOS

### Fuerza de Coriolis

***La fuerza de Coriolis una consecuencia del hecho de que el movimiento de las masas de aire sobre la superficie de la tierra está generalmente referido a un sistema de coordenadas móvil ( por ejemplo, la red de meridianos y paralelos que gira con la tierra).***





## ELEMENTOS DE DINÁMICA DE FLUÍDOS

### Fuerza de Coriolis

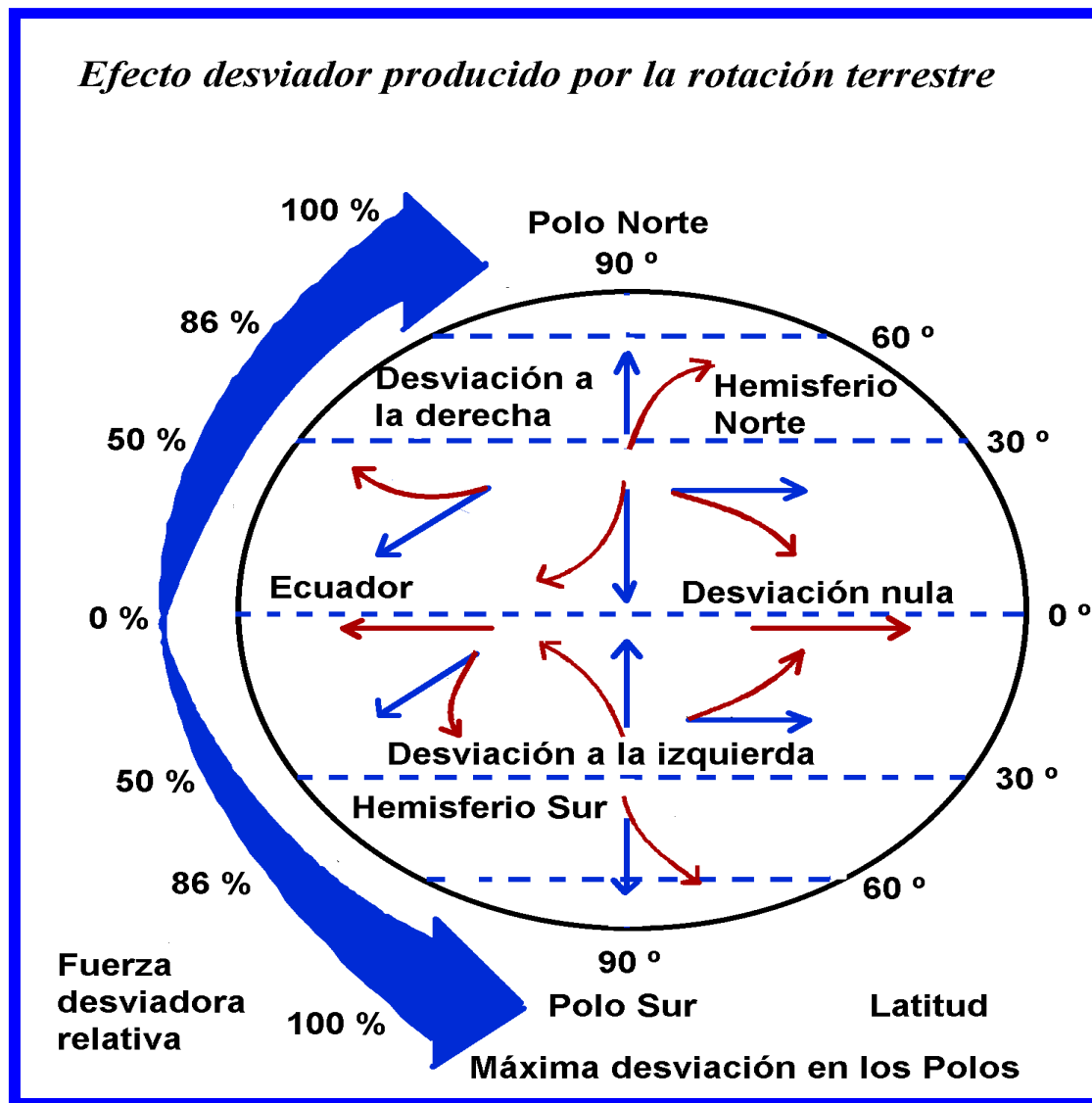
***Debido a la rotación del globo, cualquier movimiento en el hemisferio norte es desviado hacia la derecha, si se mira desde nuestra posición en el suelo (en el hemisferio sur es desviado hacia la izquierda). Esta aparente fuerza de curvatura es conocida como fuerza de Coriolis (debido al matemático francés Gustave Gaspard Coriolis 1792-1843)***



©1998 www.WINDPOWER.dk

©1998 www.WINDPOWER.dk

# ELEMENTOS DE DINÁMICA DE FLUÍDOS



**Esquema del efecto de Coriolis en la circulación planetaria.**



## ELEMENTOS DE DINÁMICA DE FLUÍDOS

---

### Fuerza de Coriolis

La fuerza de Coriolis es un fenómeno visible. Las vías del ferrocarril se desgastan más rápidamente de un lado que del otro. Las cuencas de los ríos están excavadas más profundamente en una cara que en la otra (de cual se trate depende en que hemisferio nos encontremos : en el hemisferio norte las partículas sueltas son desviadas hacia la derecha). En el hemisferio norte el viento tiende a girar en el sentido contrario al de las agujas del reloj (visto desde arriba) cuando se acerca a un Área de bajas presiones. En el hemisferio sur el viento gira en el sentido de las agujas del reloj alrededor de Areas de bajas presiones.



## ELEMENTOS DE DINÁMICA DE FLUÍDOS

---

### Fuerzas de Coriolis

- Para que aparezca la fuerza de Coriolis es necesario que el aire se mueva respecto de la Tierra. Esto es la velocidad relativa del aire debe de ser distinta de cero. Se puede ver que la fuerza de Coriolis vale por unidad de masa (módulo)

$$F_C = -2 \Omega \operatorname{sen}(\phi) v$$

siendo  $\mathbf{v}$  la velocidad relativa y  $\Omega$  la velocidad angular de rotación de la Tierra





## ELEMENTOS DE DINÁMICA DE FLUÍDOS

---

### La aceleración centrípeta

Para que un cuerpo siga una trayectoria curva debe existir una aceleración hacia dentro (c), hacia el centro de rotación. Se expresa como:

$$a = \frac{v^2}{r}$$

v es la velocidad a la que va esa masa es el radio de curvatura

***La aceleración centrípeta en general es pequeña y sólo adquiere importancia en el caso de vientos que se muevan a gran velocidad siguiendo su trayectoria muy curvados, es decir en las proximidades de las Bajas presiones muy intensas.***



## ELEMENTOS DE DINÁMICA DE FLUÍDOS

---

### Fuerzas de Rozamiento

Una fuerza que tiene un efecto importante sobre el movimiento del aire es el que se debe a la fricción con la superficie terrestre.

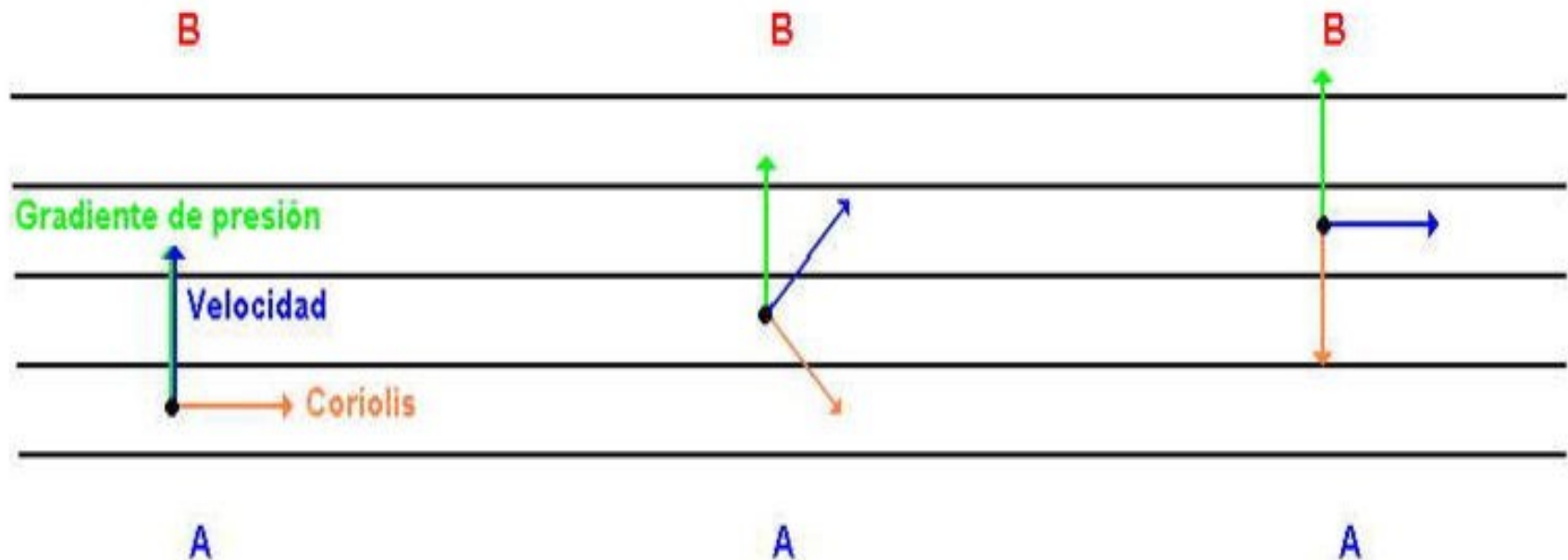
Hacia la superficie (por debajo de los 500 m en terrenos llanos) la fricción empieza a reducir la velocidad del viento por debajo del valor geostrófico. Esta capa de influencia de la fricción se denomina capa límite planetaria. La velocidad del viento disminuye exponencialmente cerca de la superficie terrestre debido a los efectos de rozamiento de la superficie. Éstos implican hacer fricción sobre los obstáculos, edificios, árboles, colinas..., y el esfuerzo ejercido por el aire en la superficie de contacto.



## ELEMENTOS DE DINÁMICA DE FLUÍDOS

### Viento Geostrófico

El viento geostrófico es una aproximación física viento real. En él se considera que existe un equilibrio entre la fuerza de Coriolis y la fuerza generada por el gradiente de presión o fuerza bórica (a esto se le llama aproximación geostrófica o equilibrio geostrófico) mientras que, para simplificar el problema, se eliminan de las ecuaciones la aceleración centrípeta y las fuerzas de rozamiento.





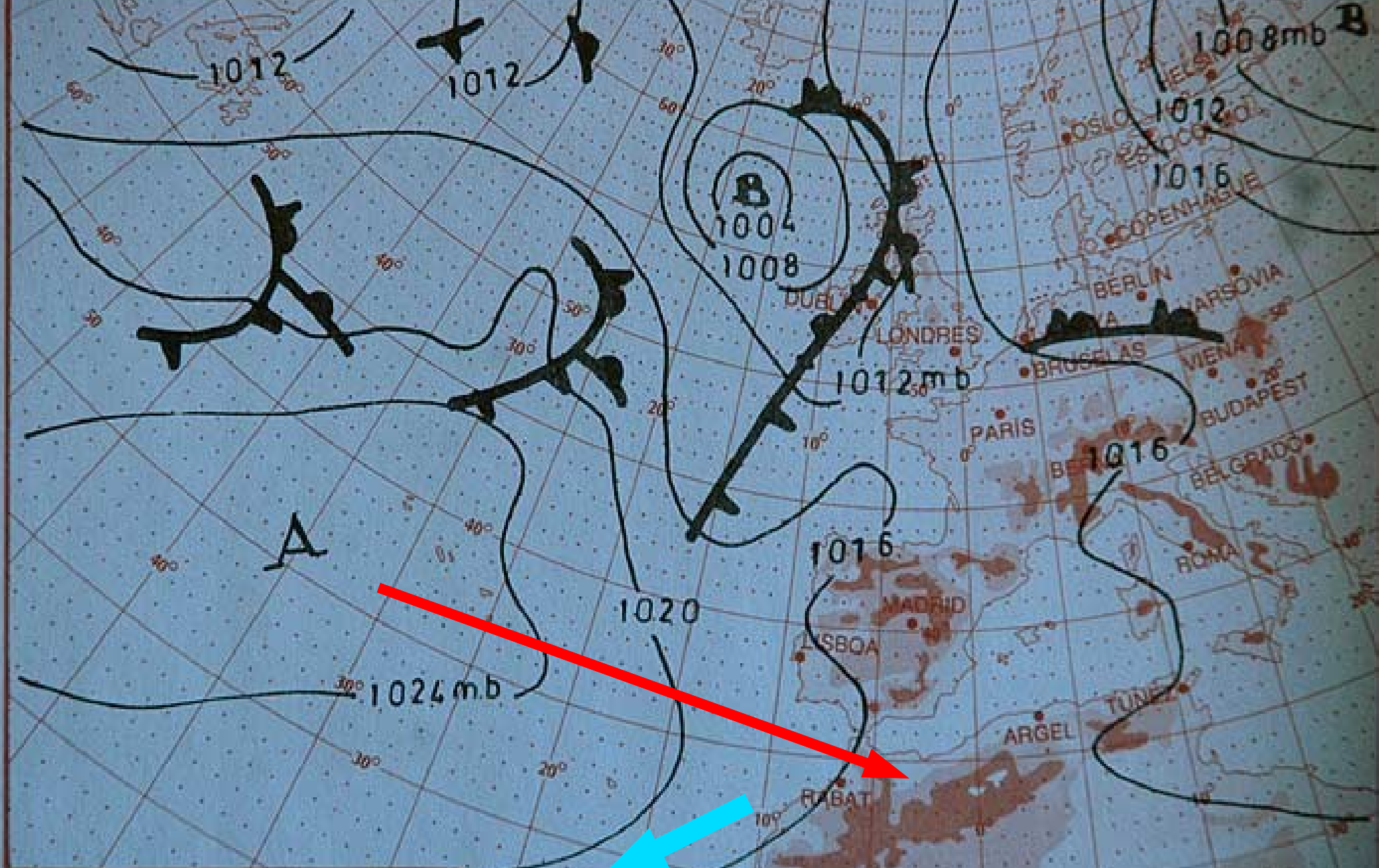
## ELEMENTOS DE DINÁMICA DE FLUÍDOS

### Viento Geostrófico

El viento geostrófico es una aproximación física viento real. En él se considera que existe un equilibrio entre la fuerza de Coriolis y la fuerza generada por el gradiente de presión o fuerza bórica (a esto se le llama aproximación geostrófica o equilibrio geostrófico) mientras que, para simplificar el problema, se eliminan de las ecuaciones la aceleración centrípeta y las fuerzas de rozamiento.

$$V_g = \frac{1}{\rho 2 \Omega \sin \varphi} \cdot P_H = \frac{1}{\rho 2 \Omega \sin \varphi} \cdot \frac{\Delta p}{\Delta n}$$

El viento geostrófico es directamente proporcional al incremento de presión e inversamente proporcional a la distancia de dos isobaras. De esta forma podemos establecer la siguiente regla: *"Si las isobaras están muy juntas, el viento es fuerte y si están muy separadas, el viento es flojo"*.

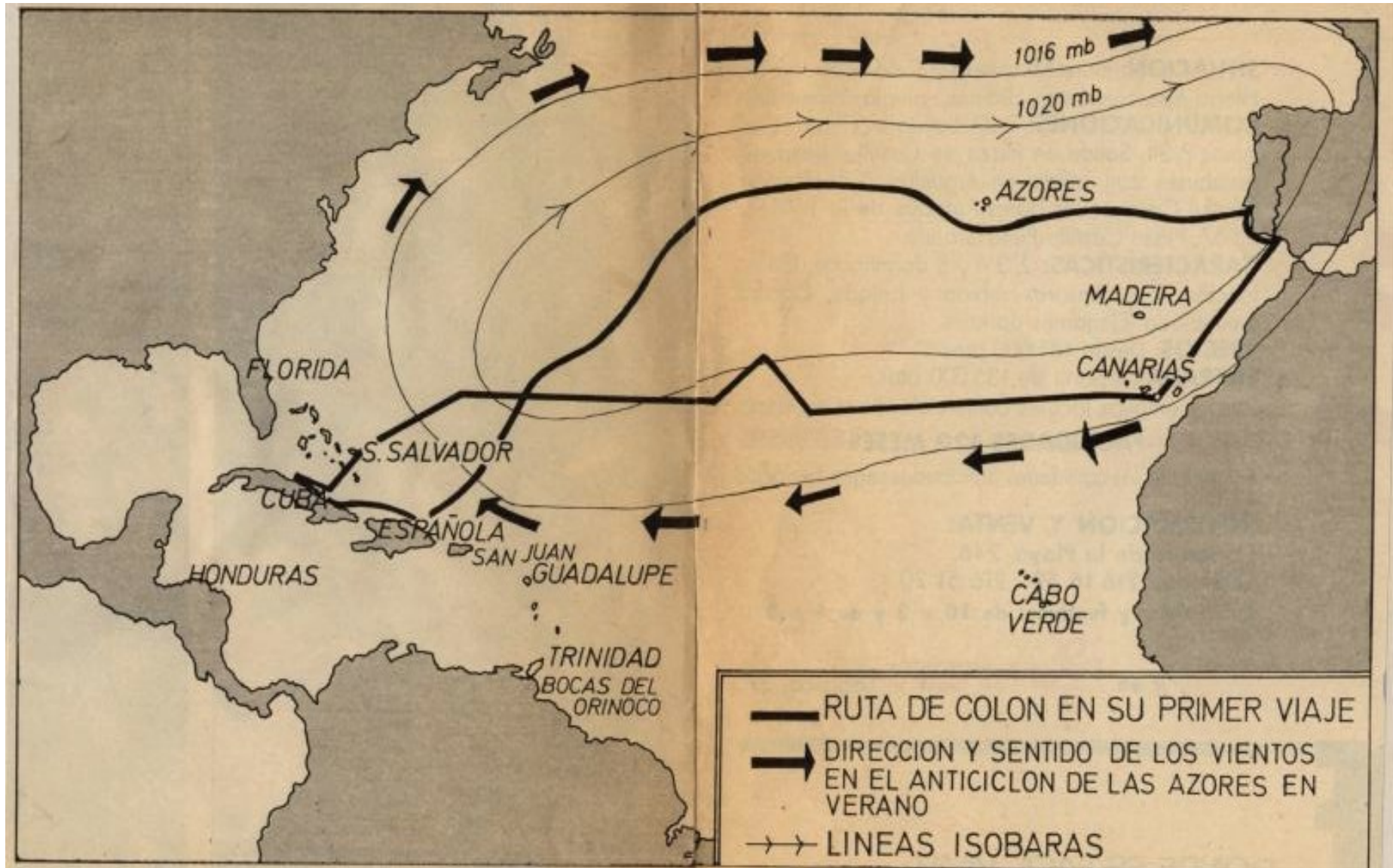


ANÁLISIS EN SUPERFICIE  
a 12 h (TMG)

Día 17/08/2003



## ELEMENTOS DE DINÁMICA DE FLUÍDOS



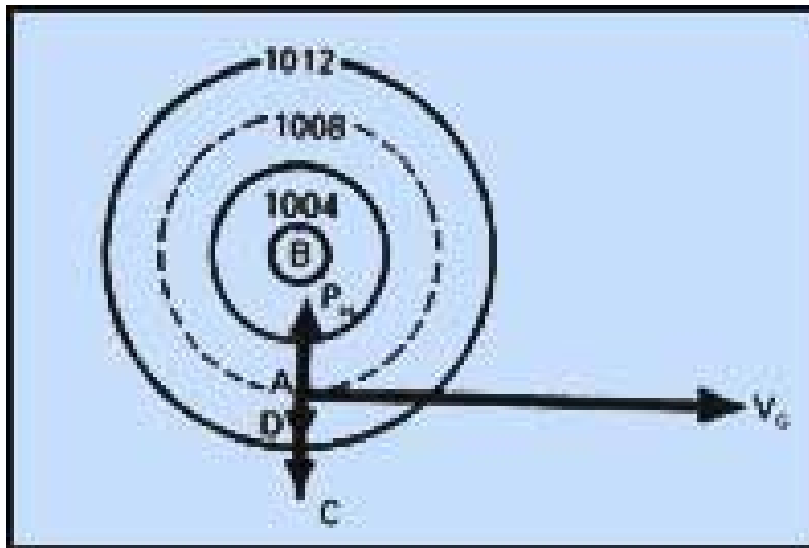


## ELEMENTOS DE DINÁMICA DE FLUÍDOS

### Viento del Gradiente

Este viento constituye otra aproximación al viento real. Es similar al viento geostrofico, pero en él se incluye la fuerza centrífuga.

Cuando un móvil recorre una trayectoria circular, parece como si actuase sobre él una fuerza que quisiera lanzarlo hacia afuera. Tal fuerza es la fuerza centrífuga. En nuestro caso tenemos la fuerza centrífuga representada por la letra C, tenemos también las fuerzas PH y D.



En un campo isobárico correspondiente a una borrasca de isobaras circulares, tenemos que a la fuerza desviadora de Coriolis se une ahora la fuerza centrífuga, que se opone al gradiente horizontal de presión, por lo que la velocidad del viento calculada así resultará menor que en el caso del viento geostrofico, en el que no teníamos en cuenta la fuerza centrífuga.

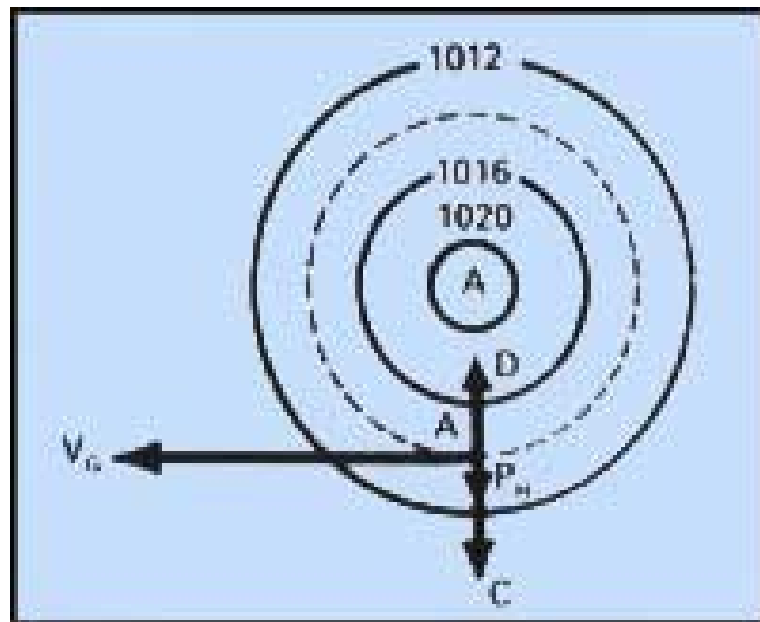


## ELEMENTOS DE DINÁMICA DE FLUÍDOS

### Viento del Gradiente

Este viento constituye otra aproximación al viento real. Es similar al viento geostrófico, pero en él se incluye la fuerza centrífuga.

Cuando un móvil recorre una trayectoria circular, parece como si actuase sobre él una fuerza que quisiera lanzarlo hacia afuera. Tal fuerza es la fuerza centrífuga. En nuestro caso tenemos la fuerza centrífuga representada por la letra C, tenemos también las fuerzas PH y D.



Si se trata de un campo isobárico correspondiente a un anticiclón con isobaras circulares, PH está dirigido hacia afuera, pues como sabemos, siempre va de alta a baja presión; D que se opone a PH irá hacia dentro, haciendo que A, que debiera ir impulsada hacia afuera, se desvíe a la derecha. Ahora la fuerza centrífuga se suma al gradiente de presión, por lo que la velocidad del viento resultante ha de ser mayor que la del viento geostrófico, calculada sin tener en cuenta c