

## Laboratorio de Física de Medio Ambiente

### Análisis y tratamiento de datos de dirección y velocidad de viento

#### Objetivos

- Familiarizarse con series estadísticas de datos de dirección y velocidad del viento
- Conocer y utilizar la rosa de los vientos
- Observar el funcionamiento de veletas y anemómetros
- Aprender a construir recorridos de viento y distribuciones de transporte y dirección

#### Material

- Veleta de laboratorio
- Anemómetro de laboratorio
- Series de datos de viento de una zona determinada
- Sistemas informáticos para el análisis de datos

#### Fundamento

El viento es la variable de estado que representa el movimiento del aire. Ese movimiento puede ser horizontal (viento propiamente dicho) o vertical (también denominado corriente de convección). Su origen está en las diferencias de temperatura existentes al producirse un desigual calentamiento de las diversas zonas de la superficie de la tierra y de la atmósfera. Las masas de aire más caliente tienden a ascender, y su lugar es ocupado entonces por las masas de aire circundante, más frío y, por tanto, más denso.

La dirección del viento depende de la distribución y evolución de los centros isobáricos. Se desplaza de los centros de alta presión (anticiclones) hacia los de baja presión (depresiones) y su fuerza es tanto mayor cuanto mayor es el gradiente de presiones. En su movimiento, el viento se ve alterado por el relieve. También tiene una importancia decisiva el movimiento de rotación de la Tierra (aceleración de Coriolis).

#### Dirección y velocidad del viento

En superficie, el viento viene definido por dos parámetros: la dirección en el plano horizontal y la velocidad.

- La **dirección del viento** viene definida por el punto del horizonte del observador **desde** el cual sopla. Para hacer un análisis espacial de dicha dirección se utiliza la **rosa de los vientos** (Figura 1) que se divide en varios sectores siendo la división más corriente en 16 sectores o rumbos: N, NNE, NE, ENE, E... con amplitudes de 22.5° entre cada dos rumbos consecutivos. El cálculo se realiza tomando como origen el norte y contando los grados en el sentido de giro del reloj. De este modo, un viento del SE equivale a 135°; uno del S, a 180°; uno del NW, a 315°, etc. (Figura 1).

## Laboratorio de Física de Medio Ambiente

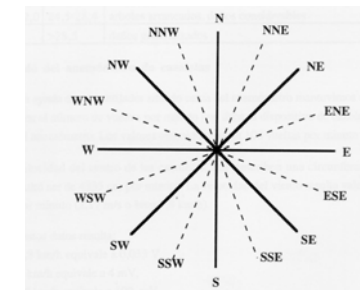
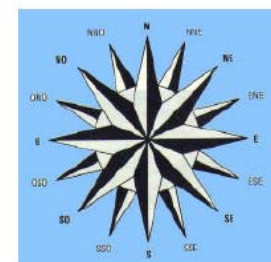


Figura 1.- La rosa de los vientos

- La **velocidad del viento** se mide preferentemente en náutica en nudos y mediante la escala Beaufort. Esta escala comprende 12 grados de intensidad creciente que describen el viento a partir del estado de la mar. Esta descripción es inexacta pues varía en función del tipo de aguas donde se manifiesta el viento. Con la llegada de los modernos anemómetros, a cada grado de la escala se le ha asignado una banda de velocidades promediadas en tiempos de 10 minutos y medidas a 10 metros de altura sobre el nivel del mar. En la meteorología sinóptica moderna, la escala Beaufort tiende a sustituirse por las mediciones precisas en nudos.

Sin embargo en el Sistema Internacional (SI) la velocidad del viento se da en  $\text{m s}^{-1}$  pudiéndose utilizar la siguiente ecuación de transformación:  $1 \text{ m s}^{-1} = 1.8 \text{ km/h} = 0.5 \text{ nudos}$ . En la alta troposfera entre los 5 y los 20 km de altura los vientos pueden llegar a ser mayores a 100 nudos ( $50 \text{ m s}^{-1}$ ) y se denomina corriente en chorro (Jet Stream).

Para indicar el valor de la velocidad del viento se emplea una simbología de flechas y barbas según la escala gráfica dada en la figura 2.

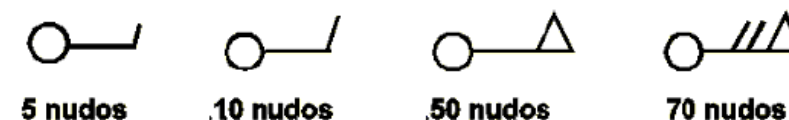


Figura 2.- Representación de la velocidad del viento

Así la barba de menor longitud equivale a 5 nudos ( $2.5 \text{ m s}^{-1}$ ), la de mayor longitud 10 nudos ( $5 \text{ m s}^{-1}$ ) y el triángulo 50 nudos ( $25 \text{ m s}^{-1}$ ); si queremos representar 70 nudos ( $35 \text{ m s}^{-1}$ ) será un triángulo y dos barbas grandes. Las velocidades inferiores a 5 nudos se representan con flechas sin barbas.

La figura 3 representa un viento de 120° (aproximadamente sureste) de velocidad  $7.5 \text{ m s}^{-1}$  (15 nudos).

## Laboratorio de Física de Medio Ambiente

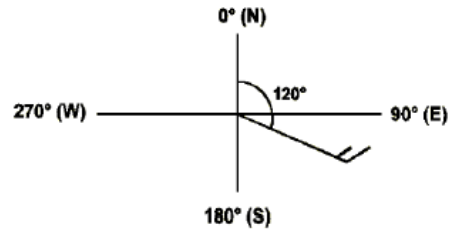


Figura 3.- Ejemplo de dirección y velocidad del viento

### Medición del viento

El aparato tradicionalmente empleado para medir la dirección del viento es la veleta que marca la dirección en grados en la rosa. Debe instalarse de acuerdo a los procedimientos internacionales vigentes para evitar perturbaciones. Se considera que a partir de 10 metros de altura las perturbaciones no afectan de forma notable a la medida. La velocidad del viento se mide con el anemómetro, que es un molinete de tres brazos, separados por ángulos de 120°, que se mueve alrededor de un eje vertical (figura 4). Los brazos giran con el viento y permiten medir su velocidad. Hay anemómetros de reducidas dimensiones que pueden sostenerse con una sola mano que son muy prácticos aunque menos precisos debido a las mencionadas perturbaciones.

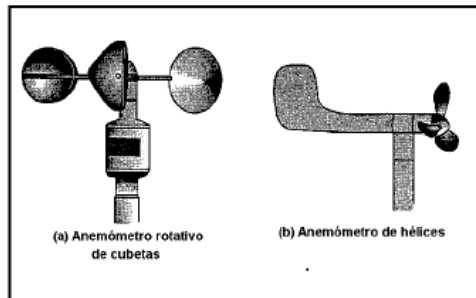


Figura 4.- Anemómetros

El tratamiento mas comúnmente empleado de las mediciones de dirección y velocidad de viento es la elaboración de cuadros estadísticos de frecuencias de simultaneidad de dirección y velocidad contruidos a partir de observaciones regulares de viento efectuadas en horas fijas. En estos cuadros se clasifican las mediciones por **intervalos de dirección**, que corresponden a los 16 rumbos antes descritos y por **intervalos de velocidad** como pueden ser 1-3 m s<sup>-1</sup>, 3-5 m s<sup>-1</sup>, 5-7 m s<sup>-1</sup>, 7-9 m s<sup>-1</sup>, >11 m s<sup>-1</sup>. La representación gráfica de estos cuadros se hace sobre la rosa de los vientos (Figura 1).

Cuando la velocidad de viento es inferior al umbral de sensibilidad del anemómetro, el viento se considera en calma. En este caso no se asocia ninguna dirección al viento. Sin embargo, en algunos casos puede ser interesante incluir los vientos en calma (inferiores a 1 m s<sup>-1</sup>) en el cuadro de

## Laboratorio de Física de Medio Ambiente

frecuencias. Para ello se reparte la frecuencia total de vientos en calma entre las 16 direcciones de viento, proporcionalmente a la frecuencia que resulta en cada dirección para los vientos de la clase mas baja (1-3 m s<sup>-1</sup>). Las clases de velocidad se ampliarán así con la correspondiente a 0-1 m s<sup>-1</sup>.

### Realización

Para el estudio estadístico de la velocidad y dirección del viento se suelen utilizar una serie de variables físicas que describimos a continuación.

Consideremos una serie temporal de pares de puntos (d<sub>i</sub>, u<sub>i</sub>), que corresponden a valores de dirección (en el sentido de las agujas del reloj desde el norte) y a velocidad (en m s<sup>-1</sup>), siendo i = 1, 2,..., N.

Estos datos se pueden expresar en función de la velocidad horizontal del viento  $\vec{v}_i$  (dirección **hacia** la cual el viento esta soplando), a partir de sus componentes:

$$v_{xi} = u_i \sin(d_i - 180) \quad \text{Este-Oeste. (Positiva hacia el Este, Figura 5)}$$

$$v_{yi} = u_i \cos(d_i - 180) \quad \text{Norte-Sur (Positiva hacia el Norte, Figura 5)}$$

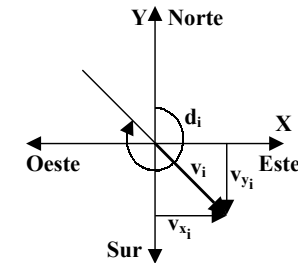


Figura 5.- Definición del sistema de coordenadas utilizado para encontrar las componentes de la velocidad

Esto proporciona una serie temporal discreta de vectores del viento horizontal, cuyo módulo viene dado por:

$$|\vec{v}_i| = u_i = \sqrt{v_{xi}^2 + v_{yi}^2}$$

El tiempo para cada dato vendrá dado por:

$$t_i = t_0 + (i-1)T$$

## Laboratorio de Física de Medio Ambiente

donde  $t_0$  es el tiempo para el primer punto y  $T$  es el intervalo en que se promedian los datos. A partir de aquí se pueden definir otras cantidades que se calculan para cada tiempo  $t_i$ .

- Recorrido del viento:  $S_i = T \sum_{j=1}^{i+p} |v_j|$
- Distancia de transporte E-W:  $X_i = T \sum_{j=1}^{i+p} v_{xi}$
- Distancia de transporte N-S:  $Y_i = T \sum_{j=1}^{i+p} v_{yi}$
- Distancia de transporte resultante:  $L_i = \sqrt{X_i^2 + Y_i^2}$
- Dirección de transporte:  $\theta_i = \arccos\left(\frac{Y_i}{L_i}\right) \quad X_i \geq 0$   
 $\theta_i = 360 - \arccos\left(\frac{Y_i}{L_i}\right) \quad X_i < 0$
- Factor de Recirculación:  $R_i = 1 - \frac{L_i}{S_i} \quad 0 \leq R \leq 1$

donde:  $i=1, \dots, N-p$ ;  $p = \tau/T - 1$ ;  $0 \leq p \leq N$ , ( $T \leq \tau \leq NT$ ), siendo  $\tau$  el tiempo de transporte deseado.

La dirección de transporte resultante se mide en el sentido de las agujas del reloj desde el Norte, y representa la dirección hacia la cual una partícula viajará. En la Figura 6 se representa el recorrido del viento, la distancia de transporte y la dirección suponiendo un tiempo de 24 h (NT) y 3 h ( $\tau$ ) de observaciones medias.

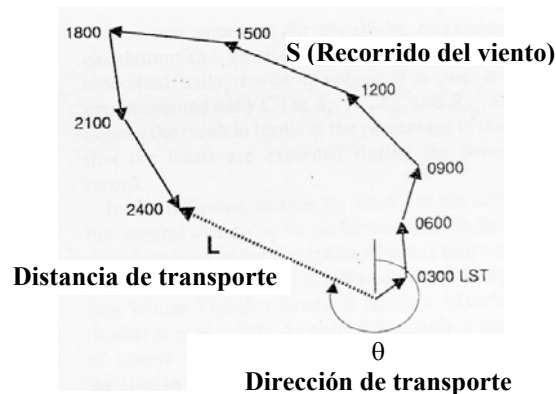
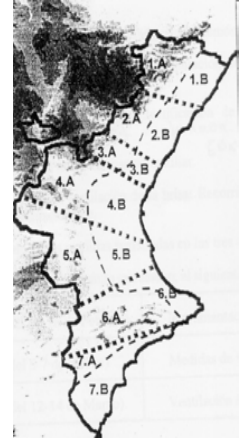


Figura 6.- Recorrido del viento, distancia y dirección de transporte.

## Laboratorio de Física de Medio Ambiente

### Zona de estudio.

En el mapa adjunto se representa una posible zonificación de la Comunidad Valenciana realizada, atendiendo únicamente al régimen de brisas. La zonificación queda establecida, principalmente, en función de la topografía y de la dinámica atmosférica, factores que por otra parte están muy relacionados. Los accidentes topográficos actúan a la vez como barreras y cauces de la circulación del aire y por lo tanto contribuyen a definir los sistemas de vientos zonales. En este sentido tienen especial importancia las cuencas de los ríos Mijares, Palancia, Turia, Júcar, Vinalopó y Segura. La orografía establece a su vez y en función de la altura, una subclasificación en dos zonas: una interior y montañosa, con una frontera estimativa en la cota de 500 m, y la otra litoral y llana. Con este doble criterio se han identificado siete zonas, divididas a su vez en dos subzonas, interior (A) y litoral (B):



- Cuenca del Cérvol- Els Ports (1.A,B).
- Cuenca del Mijares-Peñagolosa (2.A,B).
- Cuencas del Palancia-Javalambre (3.A,B).
- Cuenca del Turia (4.A,B).
- Cuenca del Júcar-Cabriel (5.A,B).
- Estribaciones Béticas-Cuenca del Serpis (6.A,B).
- Cuencas del Segura-Vinalopó (7.A,B).

La tabla adjunta recoge algunos datos de las tres estaciones de las que se facilitan los datos.

Nombre estación	Nº Emplazamiento	Coordenadas UTM		Coordenadas terrestres	
		x	y	Lat N	Lon W
BURRIANA	13	750.62	4422.37	39° 54' 46"	0° 4' 4"
CIRAT	10	716.25	4436.80	40° 3' 28"	0° 27' 10"
VALBONA	07	687.0	4456.0	40° 13' 26"	0° 48' 28"

### Resultados

- Representad, para todos los datos de medida, mediante los histogramas adecuados los hechos más representativos de la zona de estudio como son los valores medios, velocidad, dirección y componentes de la velocidad. Interpretar los resultados.
- Construid una Rosa de los vientos (para todos los datos, con la media para cada sector, con velocidad y con frecuencias (número de datos))
- Construid un día tipo con los datos proporcionados, promediando los valores de cada hora para los dos meses de medidas diezminutales que se proporciona a cada grupo de estudiantes.
- Obtened el recorrido del viento, distancia y dirección de transporte para el día tipo realizando un diagrama como el mostrado en la figura 6.