

CARACTERIZACIÓN DE LA BRISA EN SANTANDER

José Luís Arteché García

SED del CMT en Cantabria y Asturias. INM

RESUMEN

Parece demostrada la importancia que, de forma superior a otros factores, tiene el viento de retorno hacia la mar como desencadenante de la brisa costera. Se han estudiado regímenes de brisas con casos de cinco años y correspondiendo al periodo de mayo a septiembre. Para ello se han utilizado datos de una EMA de superficie y de radiosondeo (00 y 12 UTC). Se ha pretendido caracterizar la brisa en Santander, en el tiempo y en el espacio, en función de dicho viento de retorno, junto a otro grupo de factores, generalmente de tipo térmico. Primeramente se muestran los criterios de selección de casos a efectos de discernir claramente entre un día de brisa genuina de muchos otros que aparentemente lo son, por la coincidencia en la dirección dominante del viento, pero que tan solo muestran una oscilación diaria en la fuerza, de forma similar a la brisa, motivada por un idéntico ciclo diario en la intensidad de la turbulencia

1. Introducción

Con el fin de caracterizar de forma descriptiva el comportamiento de las brisas se han estudiado 57 casos a lo largo del periodo 1992 a 1996, distribuidos entre los meses de mayo a septiembre. A pesar de que existe algún trabajo en este sentido (Redaño y otros, 1990) para brisas en ausencia de viento de gradiente, se ha podido comprobar que siempre existe este tipo de viento una vez que se analizan los datos aerológicos. De cualquier modo se han eliminado las situaciones en las que este es fuerte.

Las situaciones se han entresacado a partir de la observación visual de las gráficas de dirección de viento de la Estación Meteorológica Automática de Santander (antiguo Observatorio), la cual está situada a 75 m sobre el nivel medio del mar. Se seleccionaron las fechas en función de que la brisa siguiese un patrón de vientos según el cual amainara claramente al final del día, saliéndose del primer cuadrante y pasando de madrugada en algún momento por la dirección del segundo cuadrante (Figura 1). Con ello se pretendía eliminar aquellas situaciones en las que el viento sinóptico del primer cuadrante –con apariencia de brisa– marcara esa dirección sobre los sensores a lo largo del día, lo cual ocurre en numerosas ocasiones a lo largo de la época más calurosa. Este criterio fue utilizado, sin embargo para una primera selección automática de casos de viento similar a la brisa dentro de la base de datos del Observatorio.

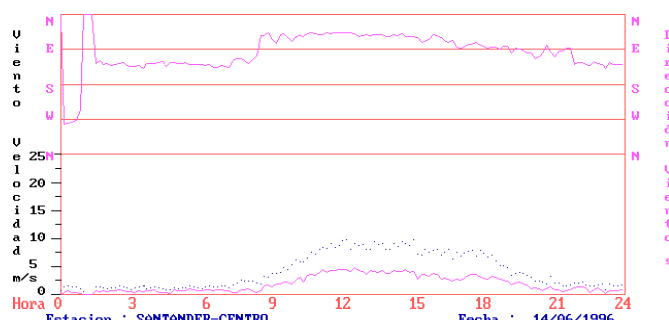


Figura 1: Típico día de brisa en Santander.

2. Criterios para definir el espesor del estrato de la brisa

Debido a la génesis de la brisa, quizás diferente en cada tipo de situación, se han empleado tres criterios para determinar dicho espesor, en función de que sobre el mismo hubiese:

- Presencia de una inversión térmica
- Giro del viento
- Presencia de un mínimo de viento por encima de dicho estrato de brisa.

Se han podido observar coincidencias de dos criterios, nunca de los tres.

Se comprueba, en todas las situaciones, que el giro del viento, al segundo o cuarto cuadrante y de forma continua, es el criterio que más se cumple por sí mismo. En otros casos viene acompañado por la presencia de una inversión o de un viento mínimo.

3. Distribución de valores máximos diarios de viento y de las calmas en días de brisa

Las rachas máximas de brisa se producen entre las 13 y las 15 horas UTC, presentando el doble de probabilidad de producirse con la dirección 80° más que de la dirección predominante a esas horas, la cual es de 50°. No se producen fuera del intervalo 15°-115°.

La hora preferida por las encalmadas es la de las 02 UTC, en la madrugada. Entre las 09 y las 20 horas UTC el viento no se encalma prácticamente nunca en este tipo de situaciones.

4. Radiosondeo medio en situaciones de brisas más fuertes

En la Figura 2-a se observa como, en promedio, no es hasta los 220 m que el viento pasa a ser del segundo cuadrante, es decir, el viento ya no penetra de la mar sino que viene de tierra, y así hasta los 400 metros, con mayor carácter “terral” cada vez según vamos ascendiendo.

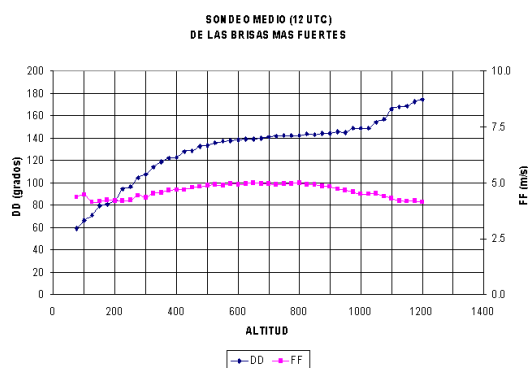


Figura 2-a: Radiosondeo medio.

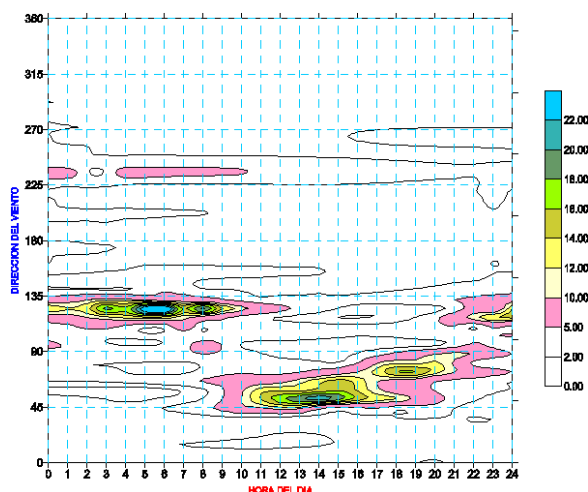


Figura 2-b: Evolución horaria de la brisa. Frecuencias de casos

A esa última altitud la componente de retorno perpendicular a tierra es equivalente al viento sobre tierra en niveles bajos, pero de sentido opuesto. Por encima de dicho nivel esa componente es aún mayor.

En la Figura 2-b se aprecia la evolución de la dirección de la brisa a lo largo del día. Se observa el salto brusco entre las 09 y 10 UTC así como el “abatimiento” hacia la dirección de costa a lo largo de la tarde. Hacia las 21 horas UTC hay otro salto brusco hacia los 117°, buscando los 125° de dirección de la próxima madrugada.

La Figura 3 muestra el perfil del viento a diferentes alturas, obtenidos de los datos del radiosondeo de 00 y 12 horas UTC.

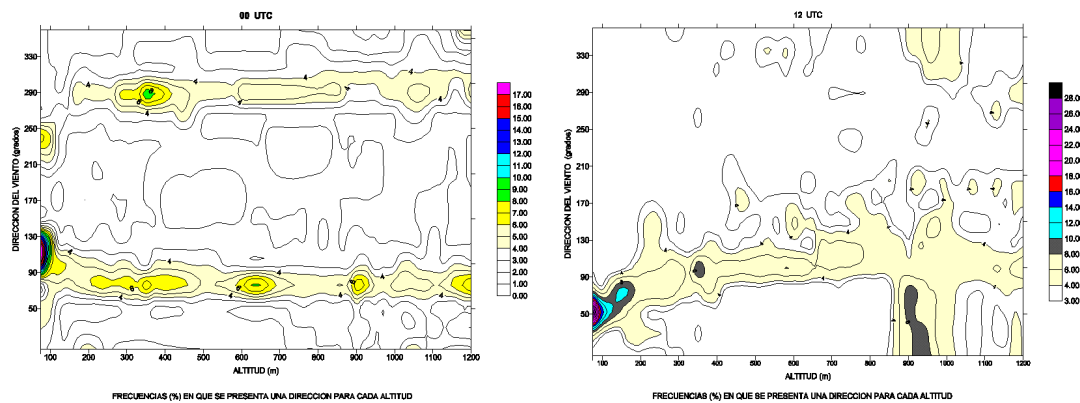


Figura 3: Perfil del viento a diferentes alturas, obtenidos de los datos de radiosondeos de 00 y 12 UTC

5. Análisis de los datos de altura

Analizando por capas los datos de las 12 UTC del radiosondeo de Santander y realizando una distribución de frecuencias se observa que la aparición de casos en el segundo cuadrante ($90^\circ \leq ddd \leq 180^\circ$) no se da hasta el nivel de 200 metros. Este mismo cuadrante ya domina en el nivel de 300 metros. En el mismo se aprecian igualmente unos pocos casos con vientos del tercer cuadrante ($180^\circ \leq ddd \leq 270^\circ$). Este último cuadrante es poco representativo en todos los niveles salvo un poco en el de 800 metros.

Los vientos del cuarto cuadrante (sector NW) aparecen rutinariamente ,y de forma casi idéntica, a partir de los 400 metros.

Es de destacar que a partir de los 500 metros prácticamente no se presenta el viento del primer cuadrante ($ddd < 90^\circ$) y el hecho de que a partir de ese nivel domina claramente el segundo cuadrante. En el espacio 300-500 metros, ambos cuadrantes (primero y segundo) se reparten las frecuencias de casos.

El estudio según los vientos de gradiente(viento por encima del estrato de brisa) dominantes muestra lo siguiente:

ESE –

La altura del estrato en el cual se desarrolla la brisa, es un poco mayor en este tipo de situaciones: en la mayor parte de los casos no es menor de 200 metros sobre el nivel del mar. Se extiende en algunas situaciones hasta los 300 o 350 metros.

El viento medio en el estrato más bajo es algo superior al de la brisa “genuina” : $3,9 \text{ m s}^{-1}$ frente a $2,76 \text{ m s}^{-1}$.

Parece obvio que siempre existe viento de gradiente. Tan solo en unos pocos casos se observa, entre los 300 y 700 metros, una zona de calma. Suele ocurrir esto último ,y así se observa en las situaciones estudiadas, en las que el viento ha girado del primer al tercer cuadrante conforme se sube en altitud, dejando la encalmada –de unas pocas decenas de metros- en el medio.

Con este ligero viento de gradiente no se tiene “teóricamente” una brisa. Tan solo hay un viento que rola “con el sol” para ponerse paralelo a la costa desde por la mañana. De cualquier modo se le ve comportarse como si de una brisa genuina se tratara.

En el comportamiento del viento en función de la altitud se observa que en un 78 % de los casos aquél crece en su fuerza conforme se asciende. Tan solo en un 11 % de los casos disminuye con la altura, para luego crecer y en otro 11 % de los casos disminuye claramente con la altura.

El viento medio en el nivel de 600 metros es de unos $6,5 \text{ m s}^{-1}$, con un valor de $3,56 \text{ m s}^{-1}$ de promedio al nivel de arrancada del radiosondeo (77 metros), representando este aumento de su fuerza un 54,8 %.

SE –

Esta es la dirección del viento de “gradiente” para las brisas genuinas. A unos 600 metros de altitud los vientos son de esa dirección y con unos $2,8 \text{ m s}^{-1}$ de fuerza promedio (a observar que cuando es del ESE, como se menciona en el apartado anterior, la fuerza del viento es mayor), siendo dicha fuerza de unos $3,32 \text{ m s}^{-1}$ al nivel de arrancada cerca del suelo.

En el comportamiento del viento con la altura se ha comprobado que en un 82 % de los casos el viento disminuye con la misma para luego crecer. En un 12 % de los casos disminuye claramente conforme se

asciende y en tan solo un 6 % de las situaciones crece la fuerza del viento según se va ascendiendo en la vertical. El viento que vuelve a crecer en niveles superiores es del segundo cuadrante. La zona de viento más flojo constituye la zona de transición de la brisa al SE. Cuando aquella no se observa en el perfil de viento es porque, posiblemente, esté camuflada por la propia brisa.

NW -

El viento en el estrato más bajo presenta una fuerza promedio de $1,44 \text{ m s}^{-1}$. Conforme se va subiendo en altitud, el viento gira “contra el sol” para ser del cuarto cuadrante en las capas superiores. En dos casos se ha encontrado que continua girando, conforme se asciende, para situarse del SW en capas más altas. En todos los casos la fuerza del viento disminuye desde los primeros niveles junto al suelo para pasar por una zona de mínimo (normalmente cuando se da la transición del primer al segundo cuadrante) y volver luego a crecer con la altura.

En la Figura 4 se muestran cuatro sectores o direcciones de vientos dominantes, de entre todos los casos estudiados, por encima de la capa o estrato de brisa: SE, ESE, NW y SSW. Cada caso planteado se representa por el espesor de dicho estrato y por el viento promedio de brisa en el mismo. Los valores numéricos constituyen las rachas máximas diarias de la brisa en superficie (no se representan todos sino unos pocos). Para el resto, en grupos, se indica el valor medio de dichas rachas. El cuadrante SE es el más compacto. Si el valor central o promedio pudiera situarse en el centro de la recta (coincide casi con un valor aislado de $9,0 \text{ m s}^{-1}$ de racha) se correspondería con un estrato de entre 180 a 190 metros de espesor y un viento medio dentro de dicho estrato de unos $3,0 \text{ m s}^{-1}$. Los casos son quince.

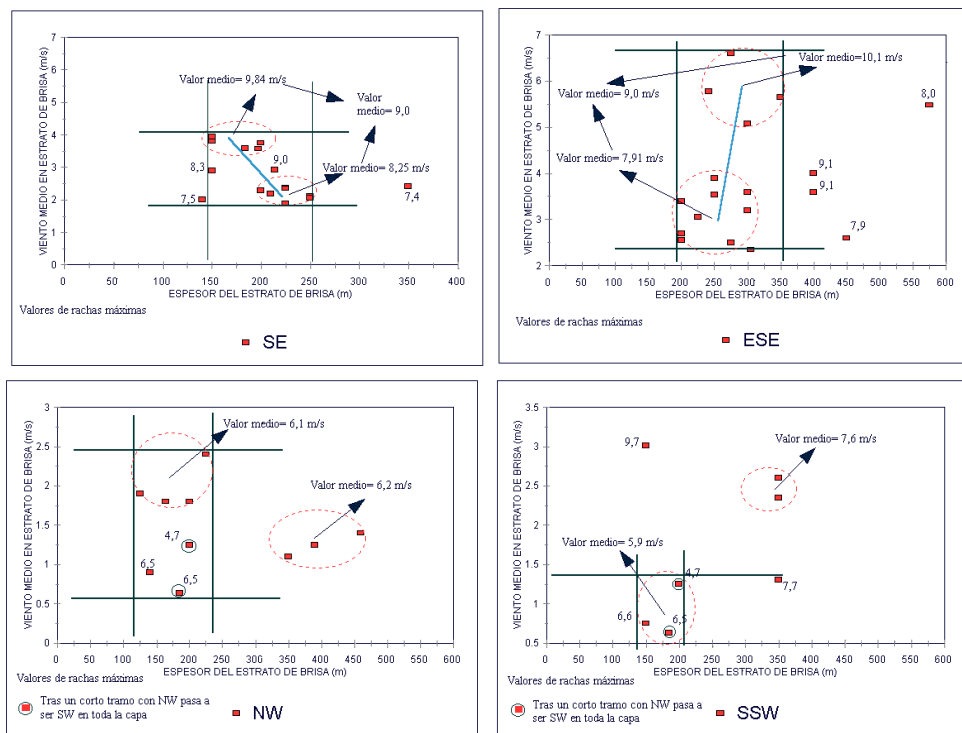


Figura 4

El cuadrante ESE presenta algo más de dispersión. Los casos agrupados en el estrato dominante son catorce. El valor promedio, $10,4 \text{ m s}^{-1}$, situado en el punto central de la recta, correspondería a un viento medio de unos $4,5 \text{ m s}^{-1}$ y un espesor de unos 275 m.

Si promediamos para estos dos cuadrantes, que representan el mayor número de situaciones, se obtendría un estrato medio de 225 metros. Los otros dos cuadrantes, NW y SSW, presentan de particular que tanto las rachas como los vientos medios en el estrato de brisa son inferiores. Dichos estratos son, a su vez, tales que no sobrepasan casi los 200 metros. Si estos valores, en un número inferior de casos que en el de

las situaciones arriba estudiadas, se promedian con los 225 metros anteriores nos situaríamos en los 220 metros, como altura máxima de desarrollo de la brisa, de los que se habla cuando estudiamos el radiosondeo medio (Figura 2-a) para el conjunto de todas las situaciones estudiadas.

6. La brisa máxima y la temperatura máxima en tierra

En todos los meses de mayo septiembre –salvo en el mes de julio, en que va retrasada- la temperatura máxima se adelanta entre 45 minutos y una hora al momento de la máxima fuerza de la brisa.

	SST	TMAX	TMIN	TMAX-SST	TMIN-SST	Hora TMIN	Hora TMAX	Hora Salida brisa	Hora Puesta brisa	Hora racha	GRAD
MAY	14,4	20,2	12,3	5,8	-2,1	4,77	13,99	9,12	21,08	14,77	0,54
JUN	17,7	21,0	14,3	3,3	-3,4	5,28	13,30	8,84	21,7	14,10	0,33
JUL	20,2	22,5	15,9	2,3	-4,3	5,14	14,47	8,96	21,66	13,79	0,19
AGO	18,4	24,1	18,0	5,7	-0,4	5,20	13,16	9,07	21,28	14,36	0,5
SEP	17,2	22,0	15,7	4,8	-1,5	6,28	13,36	9,7	21,36	14,28	0,66

Tabla 1: Valores promedios de algunos parámetros en los meses veraniegos

En la Figura 5 se muestra: en el eje Y las diferencias entre la temperatura del aire de los días de brisa y la temperatura media del agua del mar (IEO, Santander); en el eje X la hora del día. Cada curva, que representa un mes distinto, muestra los siguientes puntos: TTMIN-SST(en la hora promedio de la temperatura mínima promedio de ese mes), TTMAX-SST (idénticamente para la temperatura máxima),

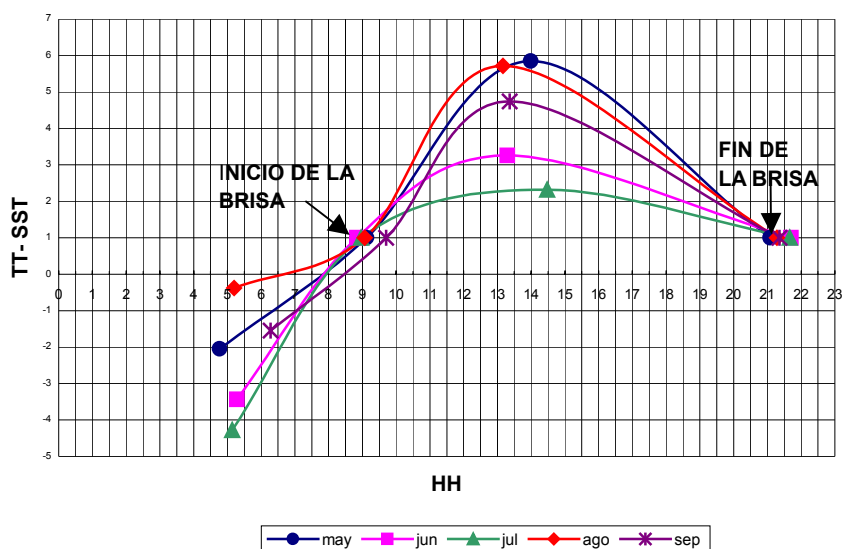


Figura 5

TT-SST para la hora y temperatura de los momentos de salto y puesta de la brisa. Se aprecian diferentes apuntamientos (TTMAX-SST) de las curvas, siendo máximo en los meses de mayo, agosto y septiembre, periodos en los que el máximo de la brisa aparece más tarde con respecto a la hora de la temperatura máxima. La hora a la que se da la máxima fuerza de la brisa parece que tiene que ver con el máximo calentamiento, pero ¿cómo?. En el mes de julio aparece tan pronto ese máximo que lo hace, a diferencia de los otros meses, antes de la hora de la temperatura máxima. Si utilizamos un “*gradiente de calentamiento*” cerca del máximo de la curva, expresado en grados h^{-1} , y lo hacemos relacionar con el tiempo T de diferencia entre la hora de la máxima brisa y de la temperatura máxima, obtenemos un recta de regresión ($R^2=0,6$) tal como:

$$T = -0,77 + 3,1 \times GRAD$$

Si la temperatura máxima se alcanza de forma “rápida”, que no significa necesariamente “muy pronto”, necesitaríamos más tiempo para que se produzca la racha máxima de la brisa.

7. La brisa máxima y la estabilidad / El viento sinóptico en altura.

La Figura 6 muestra los vientos sinópticos existentes a unos 600 metros de altitud, de forma separada cuando son del SE del caso en que son del ESE, junto con las rachas máximas de la brisa y el gradiente térmico α del aire ($^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$) dentro del estrato de desarrollo de la brisa.

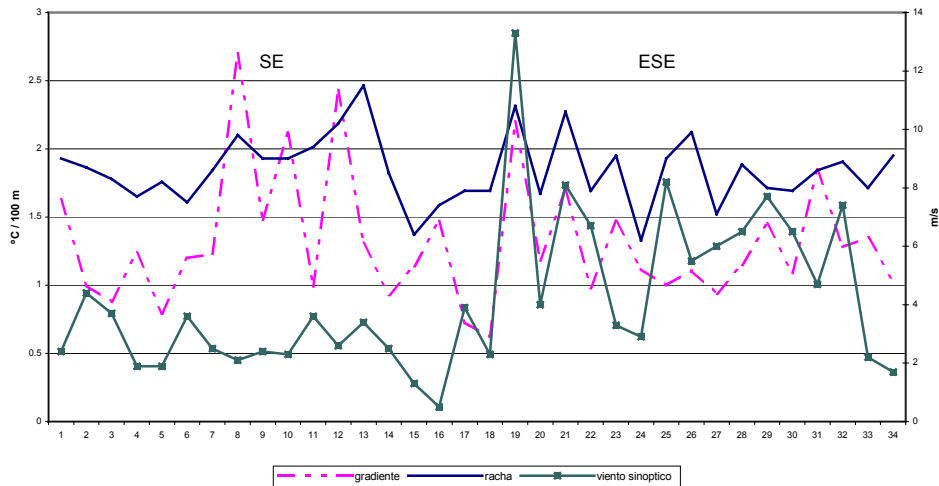


Figura 6

8. Conclusiones

Se ha comprobado la ocurrencia de un régimen de brisas cuando dentro de un esquema de circulación en dos dimensiones, en un circuito perpendicular a la costa, dicha brisa es alimentada por un viento de retorno hacia la mar y que, en nuestra costa, proviene del segundo cuadrante a cierto nivel sobre el suelo. Este viento es producido por la situación sinóptica reinante, pareciendo ser éste el factor al que el hecho de ocurrencia, o no ocurrencia, de la brisa es más sensible, más que la temperatura máxima del aire, la temperatura de la superficie de la mar o la diferencia entre ambas.

No parece fácil establecer –como tal no se ha encontrado– una relación entre la fuerza de la brisa y dichos parámetros térmicos.

Tampoco se ha podido encontrar una relación clara de la fuerza del viento sinóptico a una cierta altitud sobre el suelo y/o el gradiente térmico en capas bajas (indicador del grado de estabilidad) con la fuerza máxima de la brisa. Lo que sí parece algo más claro es que contemplar estos dos factores conjuntamente mejora la relación que habría de forma separada. Sí se ha encontrado una cierta relación entre la diferencia de temperatura tierra-mar y la hora de ocurrencia de la máxima brisa.

Referencias

- Atkinson, B.W., 1981: Meso-scale atmospheric circulations, Ed. Academic Press.
- Carmona, P., 1990: Vientos en la bahía de Cádiz. INM
- Houghton, D., 1989: Estrategia del viento, Ed. Pirámide.
- Neumann, J., 1977: On the rotation rate of the direction of sea and land breezes. Journal of Atmospheric Sciences, 34, 1913-1917.
- Redaño, A. y otros, 1990: Main features of the sea-breeze in Barcelona. Meteorol. Atmos. Phys., 46, 175-179
- Wün-Nielsen, A., 1974: Compendio de Meteorología. Vol. 1: Meteorología dinámica. WMO