C E T, S.L.
Consultora de Estudios Técnicos, S.L.

ESTUDIO CLIMATOLÓGICO DE LA ZONA DE FERROL, A CORUÑA.

Datos para aplicación de modelos de dispersión atmosférica

Mayo, 2010

Estudio Climatológico de la zona de Ferrol, A Coruña. Datos para aplicación de modelos de dispersión

I N D I C E

Pag

Introducción

Capitulo I
Aspectos generales. Fuentes de datos Meteorológicos. Climatología. 5

1. **Emplazamiento**
2. **Orografía y población**
3. **Fuentes de datos meteorológicos**
4. **Climatología de la zona**
5. **Resumen operativo**

A N E X O

Capítulo II
Análisis general del régimen de vientos en la zona .
Selección del año representativo 16

1. **Periodo seleccionado para el estudio**
2. **Análisis efectuado**
3. **Documentación elaborada**
   - **Rosas de viento de dirección y velocidad**

Capítulo III
Datos complementarios. Resultado final. Matriz meteorológica
de aplicación para modelos de dispersión 27

1. **Datos complementarios**
2. **Resultado final**

CD de datos
Archivo FERROL, 2005 . TXT
Copia de la presente Memoria 43

I N T R O D U C C I Ó N

Objetivo

El presente estudio tiene como objetivo el análisis de las series meteorológicas disponibles y aplicables para la zona de Ferrol, provincia de A Coruña, a fin de establecer las condiciones climatológicas del emplazamiento para realizar estudios de dispersión de contaminantes utilizando diversos modelos de difusión atmosférica.

Metodología del estudio

La metodología que se seguirá en el estudio comprende las siguientes fases:

1. **Descripción general**
2. **Datos meteorológicos disponibles. Climatología de la zona**
3. **Análisis de las series meteorológicas seleccionadas y depuración de las mismas.**
4. **Estudio del régimen de vientos**
5. **Año climatológico. Cálculo de datos complementarios**
6. **Recopilación de datos y cálculos complementarios. Resultado Final**

En todo el tratamiento de la información se seguirán las **normas establecidas por la Organización Meteorológica Mundial, OMM**, para la evaluación de datos meteorológicos y climatológicos, y, en su aplicación a los análisis de contaminación atmosférica, se atenderán las **recomendaciones de la Agencia Estadounidense para la Protección del Medio Ambiente, USEPA,** en su publicación **"Meteorological Guidance for Regulatory Modeling Applications",** EPA 454/R-99-05, de febrero de 2000.

Estructura del trabajo

Las diferentes fases se estructuran en forma de capítulos cuyos contenidos son los siguientes:

Capítulo I.

Aspectos Generales. Fuentes de datos meteorológicos. Climatología

Capítulo II.

Análisis general del régimen de vientos en la zona. Selección del año representativo.

Capítulo III.

Resultado Final. Matriz meteorológica de aplicación para modelos de dispersión.

Cada capítulo se desarrolla mediante un apartado de texto y un apartado de gráficos y tablas a los que se hace alusión en el documento.

El resultado final del estudio, matriz horaria del año representativo, se acompaña en soporte informático en el capítulo final.

C a p í t u l o I.

Aspectos Generales. Fuentes de datos meteorológicos. Climatología.

1. Emplazamiento

El emplazamiento seleccionado para el proyecto analizado se encuentra situado en terrenos localizados junto a la ría de Ferrol, en la margen izquierda del río Xuvia, entre las ensenadas de Santa Lucía y la de a Barca, en terrenos de una estación degasificadora que se localiza en coordenadas aproximadas de 43º 27' 48" N, 8º 14' 01" W.

El emplazamiento se encuentra frente por frente de las edificaciones y tinglados de la Gran Dársena del Puerto de Ferrol, junto a las instalaciones de la antigua Empresa Nacional Bazán.

2. Fuentes de Datos Meteorológicos

En el entorno del emplazamiento considerado aparece la base naval de A Graña, a unos 2,8 km de distancia en línea recta, donde se encuentra una estación meteorológica adecuada para ser utilizada en los estudios climatológicos de la zona debido a su proximidad al emplazamiento del proyecto y con un registro de datos suficientemente extenso para este fin.

Se trata de la estación meteorológica de A Graña, de la Agencia Española de Meteorología, situada en terrenos de la base naval y localizada en coordenadas 43º 28' 31" N, 08º 15' 37" W, elevación 4m, que dispone de datos meteorológicas suficientes como para poder llevar a cabo los estudios del régimen climático de la zona, si bien hay que señalar la pantallas que puede aparecer en el flujo del viento debido a las alturas detectadas el norte y oeste de la estación.

En el anexo del presente capítulo se encuentran varios mapas e imágenes que abarcan la ría del Ferrol, la ensenada de Malata, la base naval de A Graña, y la población de Ferrol, donde se puede situar el emplazamiento del proyecto y de la estación meteorológica..

Los mapas que se incluyen en el anexo del presente capítulo recogen la orografía de la zona del emplazamiento así como los márgenes de la ría. Y las poblaciones cercanas importantes.

3. Orografía y población

El emplazamiento del proyecto, en la Estación Degasificadora, se encuentra en terrenos próximos a la ría, en cota 0 aproximadamente. Por la parte oeste el terreno marca alturas muy pequeñas en la ensenada de Santa Lucía, se adentra en la ría en el cabo Leira que abarca la población de Mugardos, y sigue por el oeste, en el margen de la ría, entrando en la ensenada do Baño y alcanza la punta da Redonda donde el terreno en más elevado, con el castillo da Palma. Desde esa zona hasta el Atlántico, el terreno es el más escarpado de todo el contorno ya que comienza una loma que llega a alcanzar los 266 m en su punto más elevado, casi en la parte central del extremo occidental.

Por el norte el terreno limita con la cota del nivel del mar, y por el este y el sur aparecen suaves ondulaciones del terreno que en ningún caso superan los 100 m de altura en la parte central, desciende por el sur hasta la paya de Ares.

La estación meteorológica se encuentra en la base naval de A Graña, que se localiza en la margen derecha de la ría, justo al oeste del puerto comercial de Ferrol. En esta margen derecha el terreno es mucho más escarpado que el de la margen izquierda. La base naval se asienta en una estrecha franja que terreno llano donde se encuentran los edificios e instalaciones y desde donde arrancan los muelles y espigones de amarre y atraque de los buques de la flota. Desde ese punto hacia el oeste el terreno asciende rápidamente con una abrupta subida hasta el monte Fontelo, primero, y hasta el monte da Chá después, el cual forma una pequeña meseta en su cima con alturas superiores a los 260 m. Después la cota baja hasta el Atlántico en un rápido descenso, con bajada muy escarpada. .Por el norte de la base naval el terreno es muy irregular, alternado vaguadas y lomas de hasta los 219 m en Monte do Coto mientras que siguiendo más hacia el oeste aparece la laguna de Doniños antes de llegar a la playa del mismo nombre. Siguiendo la costa el terreno es fundamentalmente llano en las cercanías de la ría la cual penetra en tierra para formar la ensenada de Malata, vuelve después para abarcar el puerto Comercial y zona Vieja de Ferrol, sigue por la Gran Dársena, luego por la instalaciones de la antigua Empresa Nacional Bazán, actualmente IZAR, y prosigue en terrenos de escasa elevación por las ensenadas de Caranza y de Gándara.

Básicamente se puede definir el terreno cono una zona fundamentalmente de poca elevación en la zona de la margen izquierda, después de haber sobrepasado las cimas de la desembocadura de la ría, e igualmente llana en la margen derecha tras haber sobrepasado la zona de la desembocadura.

Esta orografía permite señalar la barrera de protección del puerto y que impide la llegada de los fuertes vientos de componente NW y el encauzamiento natural que permite la salida del río al mar a través del rumbo SW, con lo cual se puede admitir un eje prioritario de difusión del viento según las direcciones aproximadas NE-SW, de modo que el flujo general queda encauzado en esos dos rumbos principales y en sus adyacentes.

En cuanto a la población del entorno, partiendo del emplazamiento, en la Estación Degasificadora, aparece por el oeste la población de Mugardos y multitud de pequeñas parroquias, en rumbo N aparecen las poblaciones de Ferrol, Narón y Fene, como las más importantes, mientras que en rumbo S y SE aparecen las poblaciones de Ares, Puentedeume y Cabañas, aunque a mayor distancia. Diseminados por todo el entorno aparecen urbanizaciones, pazos y casas rurales que se extienden muy irregularmente por un entorno de unos 10 km en donde se puede admitir una población de unos 300.000 habitantes.

4. Climatología de la zona

El clima de una zona se define como el conjunto de condiciones atmosféricas que corresponde a un periodo de tiempo lo suficientemente largo para que sea geográficamente representativa.

Esto supone que se puede caracterizar el clima mediante dos conjuntos de parámetros bien diferenciados:

- **Los valores estadísticos de los elementos climáticos**
- **Los estados sinópticos de la atmósfera y su evolución**

La primera selección permite caracterizar el clima de una zona por los valores normales obtenidos por técnicas estadísticas de las series meteorológicas. La segunda selección supone estudiar el clima mediante la evolución de las situaciones sinópticas encontradas en diversos periodos de tiempo.

La primera se aplica en fase de proyecto para diseñar elementos del proyecto, mientras que la segunda es aplicable en fase de explotación para explicar anomalías y diseñar planes de actuación en condiciones de emergencia.

4.1. Climatología sinóptica.

La climatología sinóptica de la zona en estudio señala las diversas situaciones meteorológicas que se producen en la Península y que afectan a las variaciones de la atmósfera en la zona.

De acuerdo con la nomenclatura internacional las masas de aire, una letra inicial minúscula que indica la calidad del aire, --marítima o continental--, una segunda, mayúscula, que indica el origen geográfico, que afectan a la Península Ibérica de manera más frecuente son las que se indican en el siguiente cuadro.

Clasificación	O r i g e n	Indicativo	Época más frecuente
Masa Fría			
● Marítima	Ártico	mA	Invierno y Abril
	N de Canadá	mP	Invierno
● Continental	Europa, Siberia	cP	Invierno
Masa Cálida			
● Marítima	Atlántico Subtropical	mT(sub)	Verano
	Atlántico Tropical	mP	Otoño, Invierno
● Continental	Norte de África	cT	Verano, primavera

La zona del NW peninsular donde se encuentra el emplazamiento se ve afectada por unas masas de aire identificadas como cT, mT(sub), mP, cP y sus variantes, responsables de las variaciones del tiempo a lo largo de todo el año y que se corresponden con tiempo estable y frío, con aire continentales, tiempo anticiclónico templado con masas del SW y NW, temporales de vientos y chubascos, con masas del W y, ocasionalmente, tiempo muy frío con aire continental, y tiempo cálido con aire sahariano.

Los efectos de los centros de presión a escala sinóptica quedan muy levemente modificados cuando predomina la componente W ya que la proximidad al mar procura un recorrido del aire muy escaso sobre el terreno.

El cauce del Xuvia aparece como un camino natural del aire atlántico que permite el paso de las masas de aire hacia el interior de una manera muy franca, mientras que los flujos de componente norte quedan desviados por las lomas indicadas anteriormente hasta encauzarse principalmente sobre la dirección NE.

En resumen, puede admitirse como válido que el estudio climático de la zona tiene unos flujos principales con rumos de viento prioritarios que se corresponden con los ejes NE-SW.

4.2. Climatología estadística

La climatología aplicable a la zona proviene de los registros analizados del Aeropuerto de A Coruña, situado en 43º 22' 02" N, 08º 25' 10" W, y 58m de altitud, que se ha tomado como estación meteorológica de referencia por ser la estación completa más cercana, aunque las serranías próximas y la distancia entre estaciones no permiten una estricta comparación.

Los datos básicos están recogidos por la AEMET y en el siguiente cuadro se muestran los valores medios normalizados para el periodo 1971 – 2000.

Valores Climatológicos Normales (1971 - 00) Aeródromo de Almería (Almería)								
Meses	**T med**	**TM**	**Tm**	**RR**	**HR**	**DR**	**DD**	**I**
Enero	10,4	13,1	7,6	128	76	14	4	108
Febrero	10,9	13,7	8,0	102	76	14	3	112
Marzo	11,7	14,9	8,6	79	73	12	4	155
Abril	12,5	15,5	9,4	85	75	13	4	167
Mayo	14,4	17,4	11,4	80	77	11	2	191
Junio	16,7	19,8	13,7	42	77	7	4	220
Julio	18,7	21,8	15,6	30	79	5	6	240
Agosto	19,2	22,5	16,0	35	78	6	5	240
Setiembre	18,2	21,5	14,8	68	78	8	5	179
Octubre	15,6	18,7	12,6	110	78	12	3	150
Noviembre	13,0	15,8	10,3	114	78	14	3	107
Diciembre	11,5	14,0	8,9	135	77	15	4	93
AÑO	14,4	17,4	11,4	1008	77	13	48	1966

Leyenda

Tmed **Temperatura media del mes**

TM **Temperatura media mensual de las máximas**

Tm **Temperatura media mensual de las mínimas**

RR **Precipitación mensual**

HR **Humedad Relativa mensual del aire**

DR **Número medio mensual de días con precipitación**

DD **Número medio mensual de días despejados**

I **Total mensual de horas de Sol**

Fuente Agencia Estatal de Meteorología. Periodo de Cálculo: 1971 – 2000.

5. Resumen operativo

De acuerdo con lo señalado en los puntos anteriores el estudio se va a basar en las siguientes condiciones:

- ✓ **Las instalaciones técnicas de la estación meteorológica de la estación de la base naval de A Graña, cumplen las condiciones requeridas por EPA en su publicación "Meteorological Guidance for Regulatory Modeling Aplications" EPA-454/R-99-05 de 5 de febrero de 2000.**

- ✓ **Se acepta que el régimen de vientos observado es válido para el emplazamiento seleccionado con las debidas precauciones en la evaluación de los vientos del eje norte-sur.**

- ✓ **La variable de la nubosidad se considera típica de mesoescala y se admite que pueden ser similares en puntos próximos. En este caso, los valores adoptados para nubosidad serán los correspondientes a la estación del Aeropuerto de Coruña.**

Capítulo I

A N E X O

- **Mapa del entorno**
- **Mapa General**
- **Mapas de Ferrol y zonas próximas**
- **Mapa de señalización del emplazamiento**

Mapa general de la zona.
A Coruña y Ferrol.

Vista Aérea de Ferrol.
Se aprecia la entrada de la ría, la ciudad, en la margen derecha, y, en la otra margen, la Planta Degasificadora.

Mapa topográfico descriptivo de la zona en estudio.

Mapa localizador de la zona del proyecto y de la estación meteorológica

C a p í t u l o II.

Análisis general del régimen de vientos en la zona.
Selección del año representativo.

1. Periodo seleccionado para el estudio

Del archivo de datos del Observatorio de A Graña se han seleccionado los datos correspondientes a la dirección y velocidad del viento registrados durante el periodo 2005 – 2009, lo que supone un periodo suficiente para considerar estables las variables estudiadas.

2. Análisis efectuados

El procesado de los datos se ha realizado mediante una validación de los datos mediante una depuración de las series de viento, teniendo como guía las recomendaciones de OMM y EPA en lo referente a este tema así como en lo que se refiere a método de relleno de lagunas.

Los datos validados se han tratado por métodos estadísticos y se han considerado rumbos en 16 direcciones.

3. Documentación elaborada

Los datos obtenidos se acompañan en forma de gráficos y tablas y se refieren a

a) **Rosas de viento de frecuencia y de velocidad**
b) **Valor medio de los parámetros**
c) **Correlación de los datos de dirección y velocidad del viento entre el valor medio y los diferentes años considerados**
d) **Selección del año de referencia**

- **ROSAS DE VIENTO DE FRECUENCIA Y DE VELOCIDAD**

El viento está generado por las fuerzas termodinámicas que aparecen en la atmósfera, de las que las más importantes son las originadas por los centros de presión. En el transcurso de un año completo, la dirección y la fuerza del viento se distribuyen de acuerdo con las posiciones que toman de los centros de presión, las cuales están ligadas a las variaciones estacionales. Así, las variaciones encontradas durante un periodo anual deben matizarse con las variaciones mensuales que están directamente ligadas a las variaciones de las estaciones astronómicas.

En los cuadros siguientes se incluyen las tablas de los datos de dirección y fuerza del viento correspondientes a cada año del periodo y al valor medio calculado para el total del periodo considerado, 2005 – 2009.

Las características más importantes de todas las series estudiadas son las siguientes:

- Las direcciones más frecuentes del año 2005 corresponden al sector N-NNE-NE y al SSW-SW, con un peso muy inferior en el resto de direcciones. El año 2006 es bastante similar en cuanto a las direcciones más frecuentes, N-NNE-NE y SSW-SW. 2007 fue un año en el que el viento más frecuente sopló del sector N-NE-Ne y SSW-SW. Durante los dos últimos años considerados, de nuevo fueron los sectores N-NNE-NE y SSW-SW los más frecuentes.

Las características reafirman la existencia de direcciones predominantes en el sector N y SW, tal como se adelantaba en el análisis de la orografía de la zona.

- En cuanto a las velocidades aparece un ligero cambio de rumbo en las más fuertes del sector norte que giran hacia el NE-ENE en todos los casos considerados, con preferencia absoluta de la dirección ENE todos los casos, con velocidades próximas a los 5,0 m/s. En el sector sur la dirección que mantiene vientos más fuertes es la del SW con velocidades entre 4,7 y 3,7 m/s.

Estas distribuciones de la velocidad del viento puede explicarse por la orografía de la zona que encajona el viento por la zona montañosa del sector norte y lo obliga a soplar del NE mientras que es el cauce del río en que obliga al viento a seguir su dirección, por el SW, en el sector sur.

En resume, puede afirmarse que la orografía de la ría condiciona tanto la dirección como la fuerza del viento en la zona, con un claro predomino del eje NE – SW.

EMPLAZAMIENTO: FERROL

ROSAS DE VIENTO (FRECUENCIAS) CORRESPONDIENTES A CADA AÑO Y AL PERIODO COMPLETO 2005 – 2009

A Ñ O S

SECTOR	DIR	2005	2006	2007	2008	2009	TOTAL
N	0.0	13.58	13.55	15.91	15.47	13.83	14.45
NNE	22.5	17.07	15.43	17.03	16.82	15.20	16.34
NE	45.0	15.13	12.94	15.19	11.65	13.53	13.85
ENE	67.5	4.64	3.89	4.55	2.88	4.51	4.17
E	90.0	1.50	1.28	1.42	1.09	0.73	1.24
ESE	112.5	0.38	0.48	0.46	0.75	0.10	0.43
SE	135.0	0.68	0.67	0.63	0.42	0.34	0.58
SSE	157.5	1.04	0.87	0.87	0.73	0.53	0.85

EMPLAZAMIENTO: FERROL

ROSAS DE VIENTO (FRECUENCIAS) CORRESPONDIENTES A CADA AÑO Y AL PERIODO COMPLETO 2005 – 2009

A Ñ O S

SECTOR	DIR	2005	2006	2007	2008	2009	TOTAL
S	180.0	3.00	3.68	2.62	4.14	3.55	3.31
SSW	202.5	11.21	12.80	11.30	15.91	17.04	13.26
SW	225.0	19.14	21.29	17.54	18.57	19.19	19.11
WSW	247.5	3.34	3.48	3.19	2.30	2.59	3.07
W	270.0	1.80	2.01	1.62	1.12	1.20	1.61
WNW	292.5	1.21	1.28	1.09	0.79	0.90	1.10
NW	315.0	1.94	1.67	1.77	1.72	1.56	1.77
NNW	337.5	4.33	4.68	4.80	5.65	5.20	4.87

EMPLAZAMIENTO: FERROL

VELOCIDADES MEDIAS POR SECTORES CORRESPONDIENTES A CADA AÑO Y AL PERIODO COMPLETO 2005 - 2009

		A Ñ O S					
SECTOR	DIR	2005	2006	2007	2008	2009	TOTAL
N	0.0	2.3	2.1	2.3	2.1	2.1	2.2
NNE	22.5	3.6	3.0	3.6	3.4	3.2	3.4
NE	45.0	5.1	4.5	4.7	4.2	4.4	4.6
ENE	67.5	5.3	5.0	5.0	4.1	4.8	4.9
E	90.0	4.1	3.3	4.1	3.2	2.9	3.6
ESE	112.5	1.5	1.6	1.6	2.2	1.2	1.7
SE	135.0	1.2	1.3	1.6	1.4	1.0	1.3
SSE	157.5	1.3	1.3	1.5	1.6	1.1	1.3

EMPLAZAMIENTO: FERROL

VELOCIDADES MEDIAS POR SECTORES CORRESPONDIENTES A CADA AÑO Y AL PERIODO COMPLETO 2005 - 2009

A Ñ O S

SECTOR	DIR	2005	2006	2007	2008	2009	TOTAL
S	180.0	2.1	2.2	2.1	2.1	1.9	2.1
SSW	202.5	4.0	3.4	3.6	3.3	3.5	3.6
SW	225.0	4.1	4.5	4.7	3.8	3.7	4.2
WSW	247.5	2.2	2.0	2.0	1.9	1.7	2.0
W	270.0	1.8	1.4	1.4	1.3	1.4	1.5
WNW	292.5	1.4	1.3	1.6	1.6	1.4	1.4
NW	315.0	1.7	1.7	1.7	1.9	1.8	1.7
NNW	337.5	2.3	2.3	2.4	2.3	2.1	2.3
TOTAL		3.6	3.3	3.6	3.1	3.2	3.4

- **VALOR MEDIO DE LOS PARÁMETROS DEL VIENTO**

Los valores medios de los parámetros de velocidad y dirección del viento a lo largo de todo el periodo aparecen calculados en la columna final, TOTAL, de la tabla anterior.

En el conjunto de direcciones se puede apreciar cómo la más frecuente de todo el conjunto se encuentra de nuevo sobre los ejes principales N-NNE-NE y SSW-SW. Siendo las direcciones más frecuentes las de SW, NNE, N, NE y SSW, mientras que las demás apenas si presentan un porcentaje poco importante en la distribución final.

En el estudio de velocidades, las más fuertes se presentan en las direcciones ENE, NE, y SW, con valores todas ellas por encima de los 4 m/s. A continuación aparecen las direcciones SSW, E y NNE, todas por encima de los 3 m/s. La velocidad media del conjunto es de 3,4 m/s

A señalar el giro de direcciones principales que aparece al considerar el sector más frecuente en rumbos norte, N-NNE-NE, con los que presentan vientos más fuertes, ENE-NE, mientras que en el sector sur los rumbos más frecuentes y los más fuerets permanecen inalterados.

- **CORRELACION DE DATOS**

Con los datos anteriores se puede proceder a la correlación de los datos entre los encontrados para cada año y los calculados para el periodo completo.

Los resultados encontrados se acompañan en la siguiente tabla y presentan los coeficientes de correlación y la pendiente y ordenada en el origen de la recta de ajuste de capa confunde datos.

Los valores encontrados en las correlaciones de las frecuencias de las direcciones, indican que las correlaciones más elevadas se encuentran en al año 2005, 2006, 2007, 2008 y 2009, mientras que para las velocidades se encuentran las correlaciones más altas en los años 2005, 2006, 2007, 2009 y 2008.

En el caso de las frecuencias de dirección, las curvas de ajunte señalan valores muy próximos a curvas de 45º de pendientes mientas que las ordenadas en origen indican valores próximos o0rigen de coordenadas salvo en los años 2008 y 2009 que presentan un ligero desplazamiento.

En el caso de las velocidades, las pendientes de las curvas muestran pendientes muy próximas a los 45º salvo el año 2008, mientras que la ordenada en el origen está exacta en al año 2007 y muestra un ligero desplazamiento en el resto de los años.

ESTACIÓN: FERROL

CORRELACIÓN ENTRE LAS FRECUENCIAS DE DIRECCIONES DE CADA AÑO Y EL PERÍODO COMPLETO 2005 – 2009

PERÍODO COMPLETO 2005 - 2009

	COEF. CORRELACIÓN	PENDIENTE	ORDENADA
2005	0.994	1.00	-0.01
2006	0.994	0.99	0.04
2007	0.991	0.99	0.06
2008	0.988	0.96	0.28
2009	0.988	0.95	0.33

CORRELACIÓN ENTRE LAS VELOCIDADES MEDIAS DE DIRECCIONES DE CADA AÑO Y EL PERÍODO COMPLETO 2005 – 2009

PERÍODO COMPLETO 2005 - 2009

AÑO	COEF. CORRELACIÓN	PENDIENTE	ORDENADA
2005	0.992	0.89	0.2
2006	0.992	0.98	0.1
2007	0.992	0.94	0.0
2008	0.984	1.24	-0.5
2009	0.987	1.01	0.2

- **SELECCIÓN DEL AÑO MEDIO CONSIDERADO**

Una vez calculados los valores medios de dirección y velocidad del viento durante el quinquenio estudiado, procede el cálculo de cuál es el año que más se acerca a los valores medio encontrados, mediante los valores de las correlaciones calculadas tanto para frecuencia como para velocidad.

En la tabla que presenta los cálculos de las correlaciones de los valores medios de las frecuencias y velocidades correspondientes al valor medio y a los encontrados en cada año considerado, se establece un orden de preferencia para la selección.

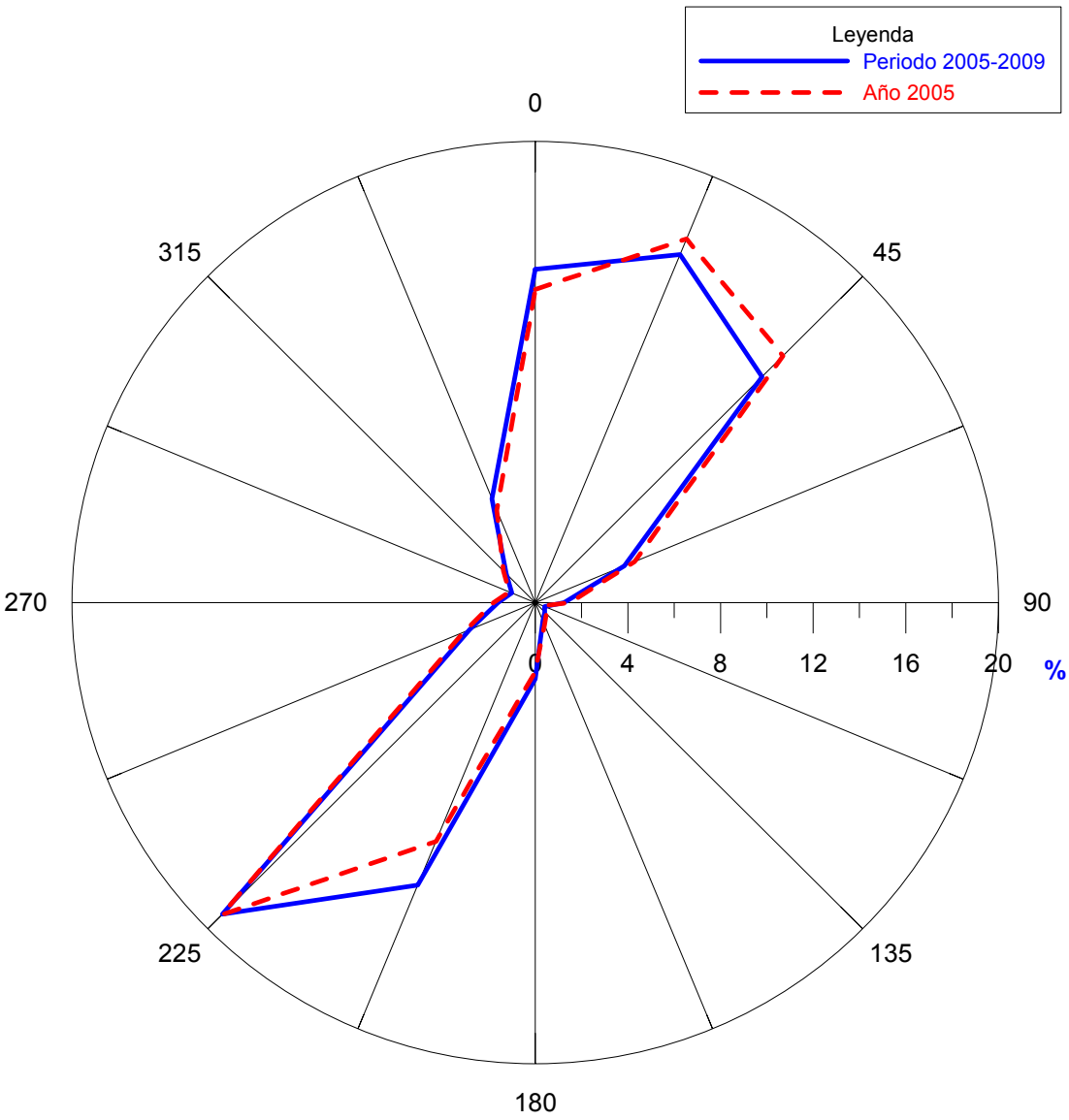
El mejor año es del 2005, con una máxima correlación de las frecuencias y de las velocidades, seguido por el 2006 que igualmente presenta excelentes valores de ambas correlaciones.

Para el cálculo de la matriz final deben tenerse en cuenta si los parámetros auxiliares para la matriz de dispersión son accesibles y aceptables. El valor de la nubosidad es un parámetro de mesoescala y puede admitirse que el proporcionado por el Observatorio de A Coruña es aceptable y representativo de las condiciones de Ferrol, por lo cual,

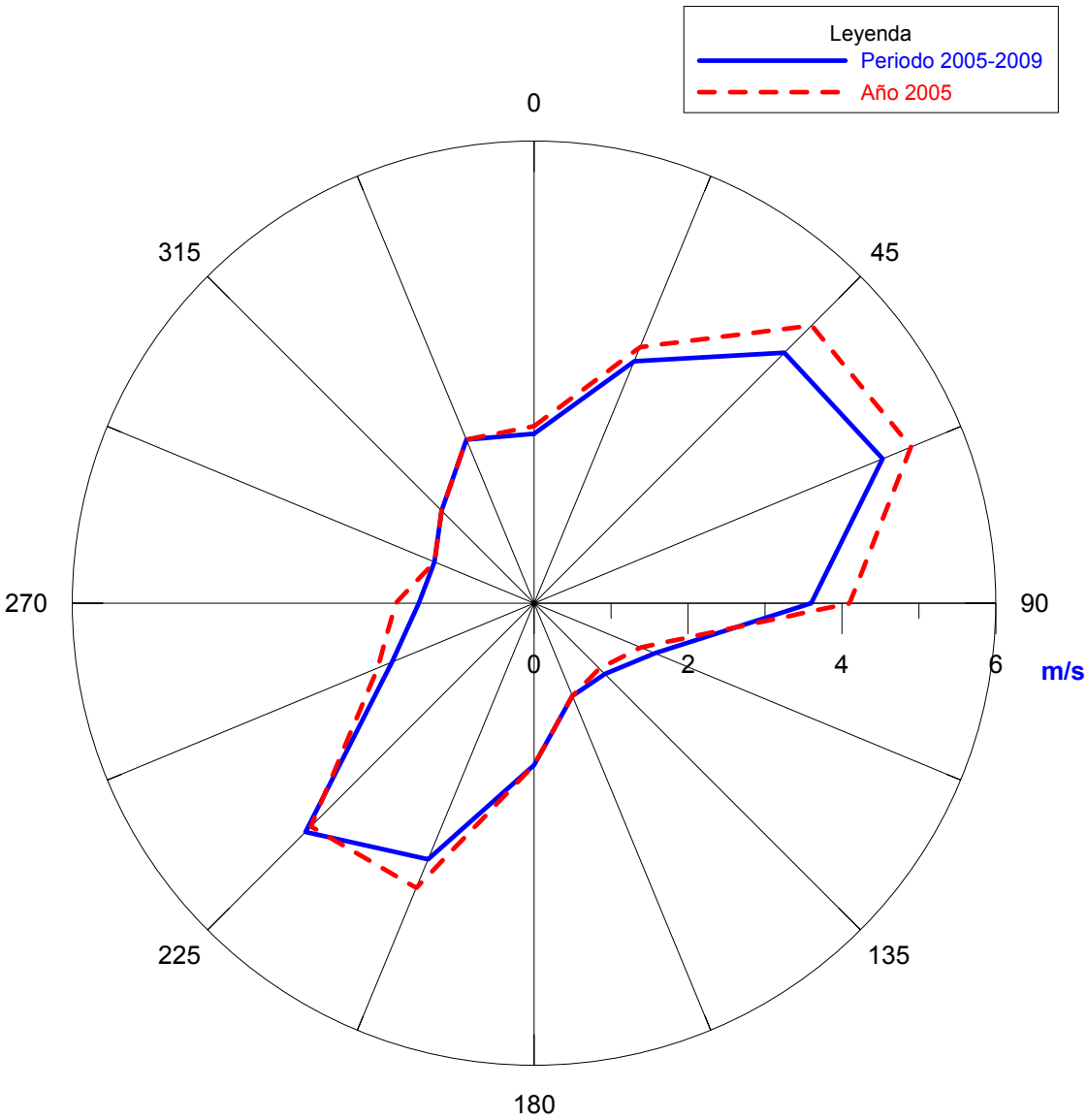
Se selecciona el año 2005 como representativo del periodo considerado en la estación de Ferrol.

Se presentan a continuación las gráficas comparativas entre el viento medio TOTAL y el viento del año 2005

EMPLAZAMIENTO: FERROL
ROSA DE VIENTOS (FRECUENCIAS)
PERIODO 2005 - 2009 Y AÑO 2005



EMPLAZAMIENTO: FERROL
ROSA DE VIENTOS (VELOCIDAD)
PERIODO 2005 - 2009 Y AÑO 2005



C a p í t u l o III.

Datos complementarios. Resultado Final.

Matriz meteorológica de aplicación para modelos de dispersión.

En el resultado final se incluyen la matriz de datos horarios del año 2005 y varios cálculos de interés para la interpretación de los resultados obtenidos

- **Rosas de distribución de velocidad y dirección del viento del año 2005, con la gráfica de la densidad de frecuencia y la tabla resumen anual,**

- **Rosas de la distribución anual de las variaciones de dirección del viento a lo largo de las horas, (brisas),**

- **Cálculo de los parámetros de ajuste a una distribución teórica del viento,**

- **Persistencia del viento, relación de tiempo que el viento continúa soplando de una dirección una vez que se ha entablado en ese rumbo.**

Estos resultados se presentan en las páginas siguientes en forma de tablas y gráficas.

EMPLAZAMIENTO: FERROL
PERIODO: AÑO 2005

ROSA DE VIENTOS

V E L O C I D A D E S, M/S

	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	>8	TOTAL
N	2.54	3.26	3.46	2.81	0.99	0.25	0.13	0.03	0.05	13.52
NNE	2.10	2.55	2.49	2.99	2.83	1.45	1.54	0.76	0.53	17.23
NE	1.19	0.87	0.95	1.76	2.43	1.95	2.55	1.58	1.86	15.13
ENE	0.44	0.33	0.27	0.27	0.57	0.62	0.80	0.62	0.70	4.62
E	0.28	0.22	0.16	0.11	0.10	0.15	0.18	0.14	0.15	1.49
ESE	0.14	0.14	0.08	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.37
SE	0.26	0.34	0.07	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.69
SSE	0.42	0.47	0.09	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	1.03

EMPLAZAMIENTO: FERROL
PERIODO: AÑO 2005

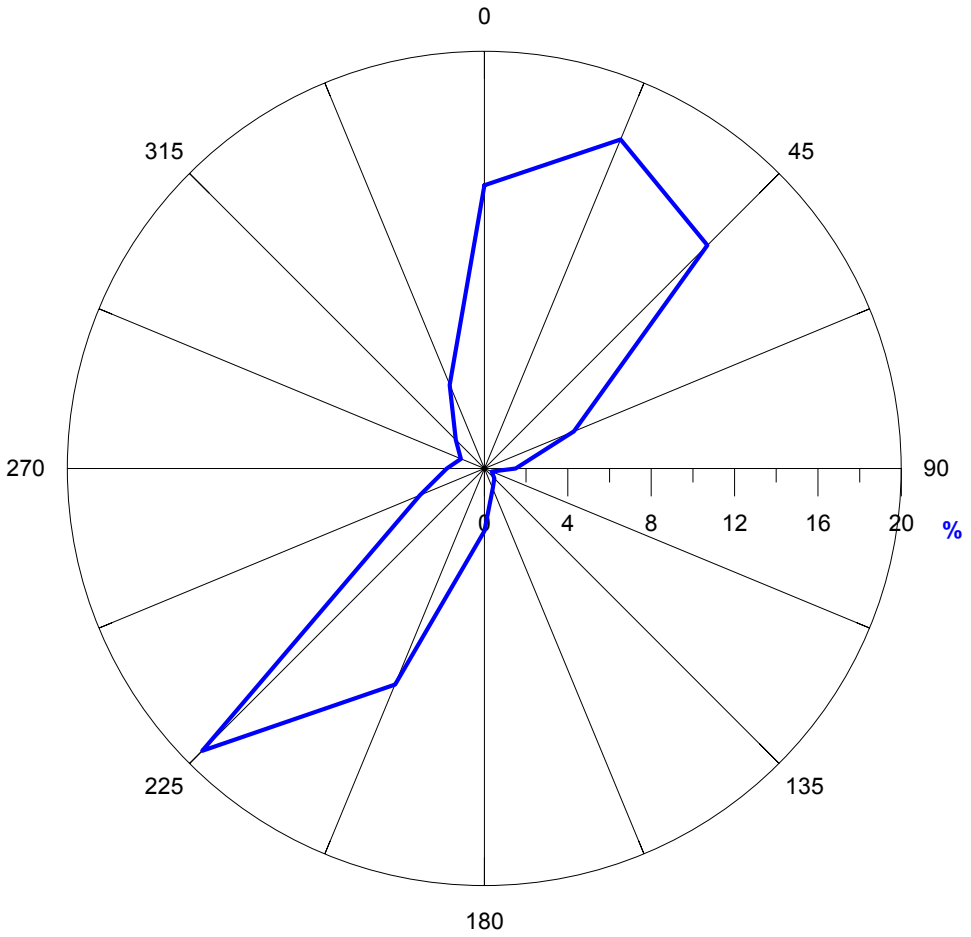
ROSA DE VIENTOS

V E L O C I D A D E S, M/S

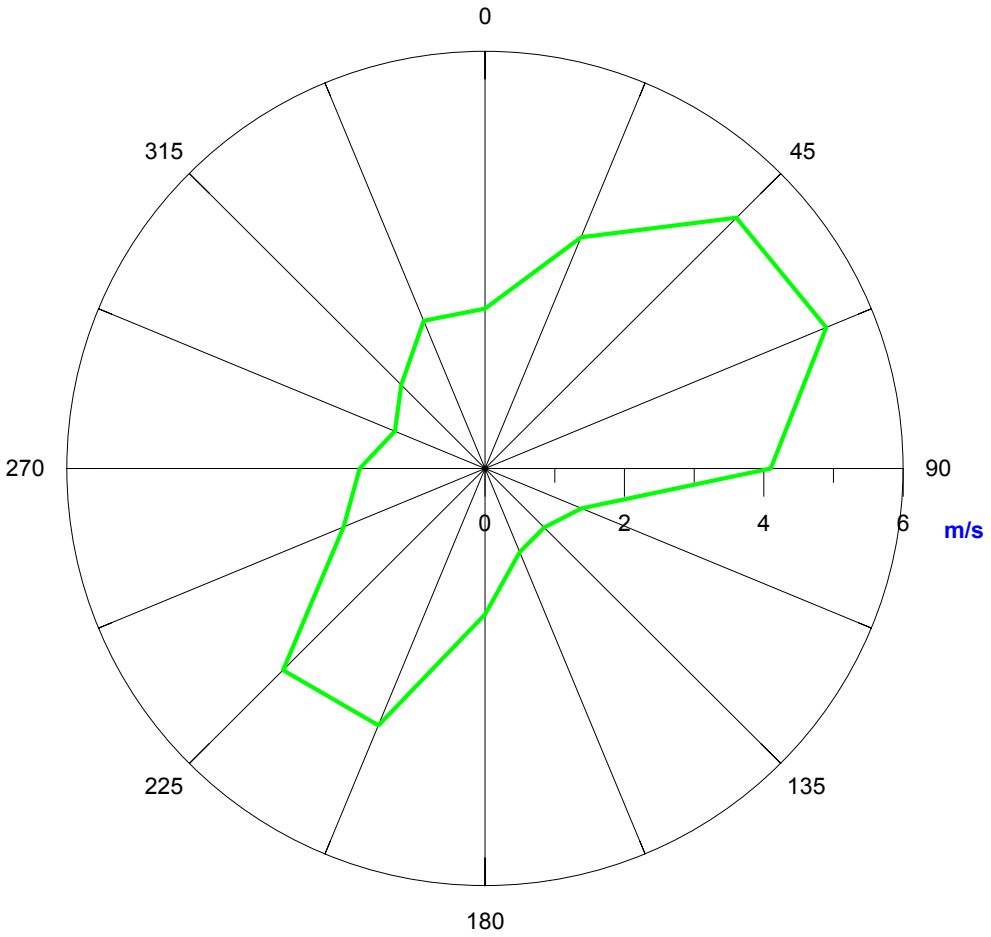
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	>8	TOTAL
S	0.60	0.90	0.76	0.49	0.14	0.06	0.01	0.00	0.02	2.99
SSW	1.25	0.99	1.64	2.20	1.76	1.03	1.18	0.51	0.64	11.21
SW	2.07	1.93	2.61	3.50	3.09	1.66	1.86	0.97	1.40	19.10
WSW	0.67	1.19	0.66	0.45	0.21	0.05	0.08	0.01	0.02	3.33
W	0.42	0.70	0.37	0.22	0.03	0.05	0.01	0.00	0.00	1.79
WNW	0.45	0.49	0.18	0.05	0.03	0.00	0.00	0.01	0.00	1.21
NW	0.63	0.67	0.31	0.18	0.06	0.06	0.01	0.00	0.01	1.93
NNW	1.05	0.95	0.89	0.78	0.51	0.09	0.08	0.00	0.00	4.35
TOTAL	14.50	15.99	15.00	15.88	12.79	7.40	8.42	4.63	5.39	100.00

CALMAS 10.22 OBSERVACIONES 8760

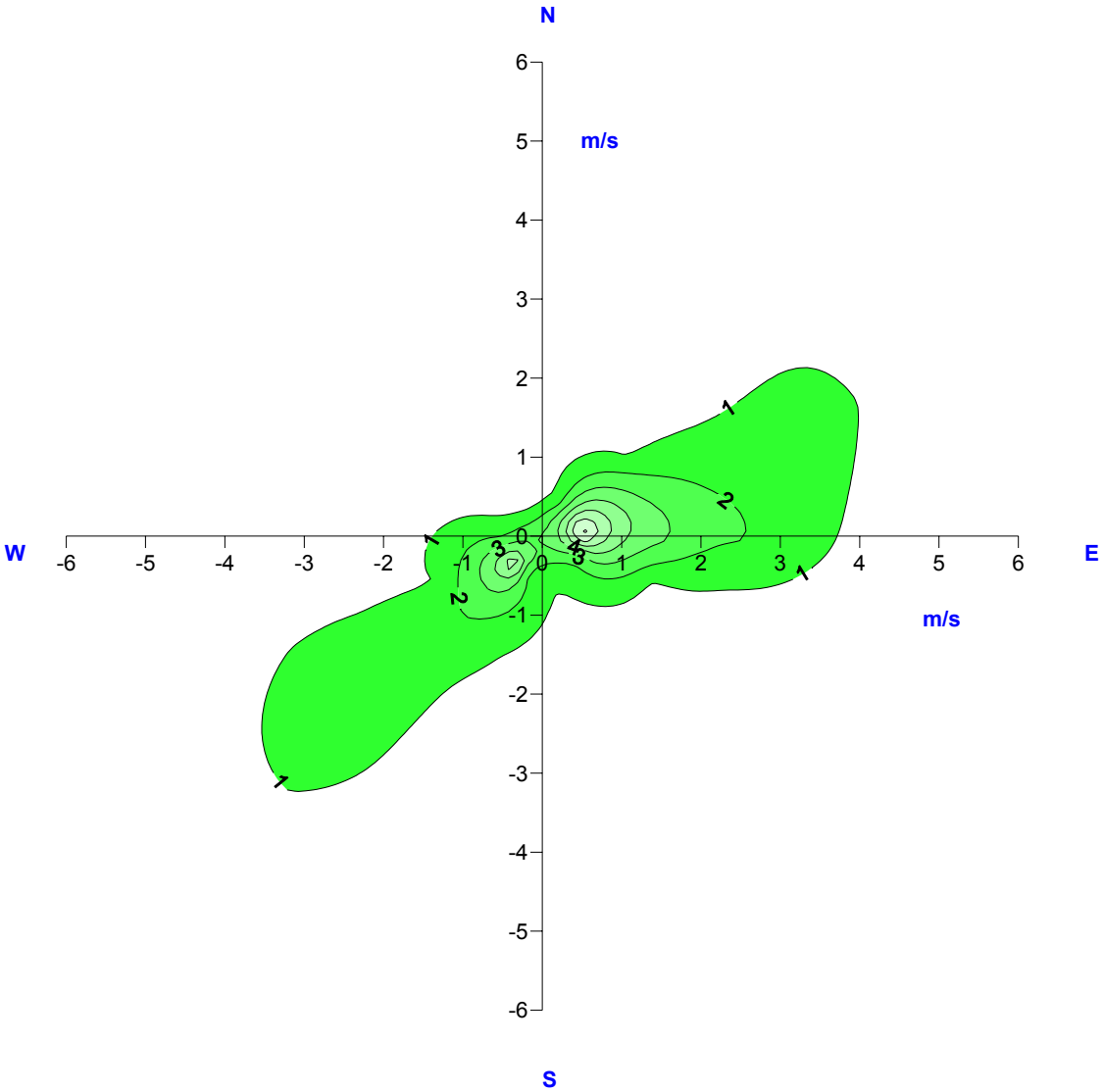
EMPLAZAMIENTO: FERROL
ROSA DE VIENTOS (FRECUENCIAS)
AÑO 2005



EMPLAZAMIENTO: FERROL
ROSA DE VIENTOS (VELOCIDAD)
AÑO 2005



EMPLAZAMIENTO: FERROL
AÑO 2005
ROSA DE VIENTOS (DENSIDAD DE FRECUENCIA)



EMPLAZAMIENTO: FERROL
PERIODO: AÑO 2005

	GRADOS	FRECUENCIA	V. MEDIA
N	0.0	13.52	2.3
NNE	22.5	17.23	3.6
NE	45.0	15.13	5.1
ENE	67.5	4.62	5.3
E	90.0	1.49	4.1
ESE	112.5	0.37	1.5
SE	135.0	0.69	1.2
SSE	157.5	1.03	1.3
S	180.0	2.99	2.1
SSW	202.5	11.21	4.0
SW	225.0	19.10	4.1
WSW	247.5	3.33	2.2
W	270.0	1.79	1.8
WNW	292.5	1.21	1.5
NW	315.0	1.93	1.7
NNW	337.5	4.35	2.3
TOTAL		100.00	3.6

EMPLAZAMIENTO: FERROL
PERIODO: AÑO 2005

ROSA DE FRECUENCIAS POR DIRECCIONES Y HORAS

H O R A S

	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12
N	0.68	0.73	0.68	0.70	0.79	0.64	0.58	0.50	0.26	0.16	0.09	0.16
NNE	0.82	0.68	0.76	0.76	0.72	0.65	0.65	0.65	0.67	0.56	0.47	0.43
NE	0.45	0.57	0.35	0.42	0.40	0.42	0.45	0.41	0.55	0.68	0.70	0.65
ENE	0.06	0.08	0.13	0.09	0.08	0.08	0.08	0.18	0.15	0.21	0.37	0.27
E	0.02	0.01	0.01	0.03	0.01	0.03	0.05	0.09	0.03	0.09	0.13	0.17
ESE	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.02	0.03	0.01	0.01	0.02
SE	0.01	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.06	0.05	0.03	0.09	0.08
SSE	0.00	0.01	0.00	0.02	0.02	0.01	0.03	0.08	0.07	0.13	0.08	0.13

EMPLAZAMIENTO: FERROL
PERIODO: AÑO 2005

ROSA DE FRECUENCIAS POR DIRECCIONES Y HORAS

H O R A S

	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12
S	0.13	0.03	0.10	0.08	0.08	0.07	0.05	0.15	0.18	0.13	0.15	0.15
SSW	0.37	0.46	0.39	0.22	0.38	0.32	0.37	0.37	0.45	0.55	0.66	0.62
SW	0.75	0.68	0.74	0.83	0.68	0.74	0.74	0.66	0.90	0.78	0.86	0.91
WSW	0.13	0.16	0.13	0.19	0.19	0.17	0.11	0.16	0.09	0.09	0.05	0.07
W	0.03	0.03	0.05	0.09	0.07	0.07	0.08	0.06	0.01	0.06	0.06	0.03
WNW	0.03	0.03	0.05	0.06	0.05	0.05	0.06	0.01	0.05	0.03	0.01	0.01
NW	0.11	0.10	0.06	0.03	0.03	0.08	0.05	0.08	0.05	0.05	0.00	0.01
NNW	0.14	0.13	0.13	0.07	0.10	0.11	0.11	0.06	0.06	0.07	0.05	0.07
CALMAS	0.43	0.43	0.56	0.55	0.55	0.72	0.75	0.63	0.57	0.55	0.41	0.38

EMPLAZAMIENTO: FERROL
PERIODO: AÑO 2005

ROSA DE FRECUENCIAS POR DIRECCIONES Y HORAS

H O R A S

	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24
N	0.17	0.19	0.35	0.41	0.35	0.41	0.56	0.68	0.64	0.58	0.76	0.67
NNE	0.45	0.55	0.48	0.49	0.65	0.74	0.67	0.70	0.74	0.87	0.65	0.75
NE	0.61	0.65	0.81	0.75	0.70	0.74	0.74	0.64	0.66	0.53	0.62	0.61
ENE	0.37	0.32	0.25	0.30	0.34	0.26	0.17	0.21	0.08	0.09	0.08	0.06
E	0.11	0.13	0.07	0.07	0.07	0.03	0.07	0.03	0.02	0.00	0.00	0.05
ESE	0.05	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00
SE	0.05	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.01	0.03	0.02	0.01	0.03	0.00
SSE	0.03	0.05	0.01	0.01	0.02	0.00	0.01	0.01	0.03	0.02	0.03	0.01

EMPLAZAMIENTO: FERROL
PERIODO: AÑO 2005

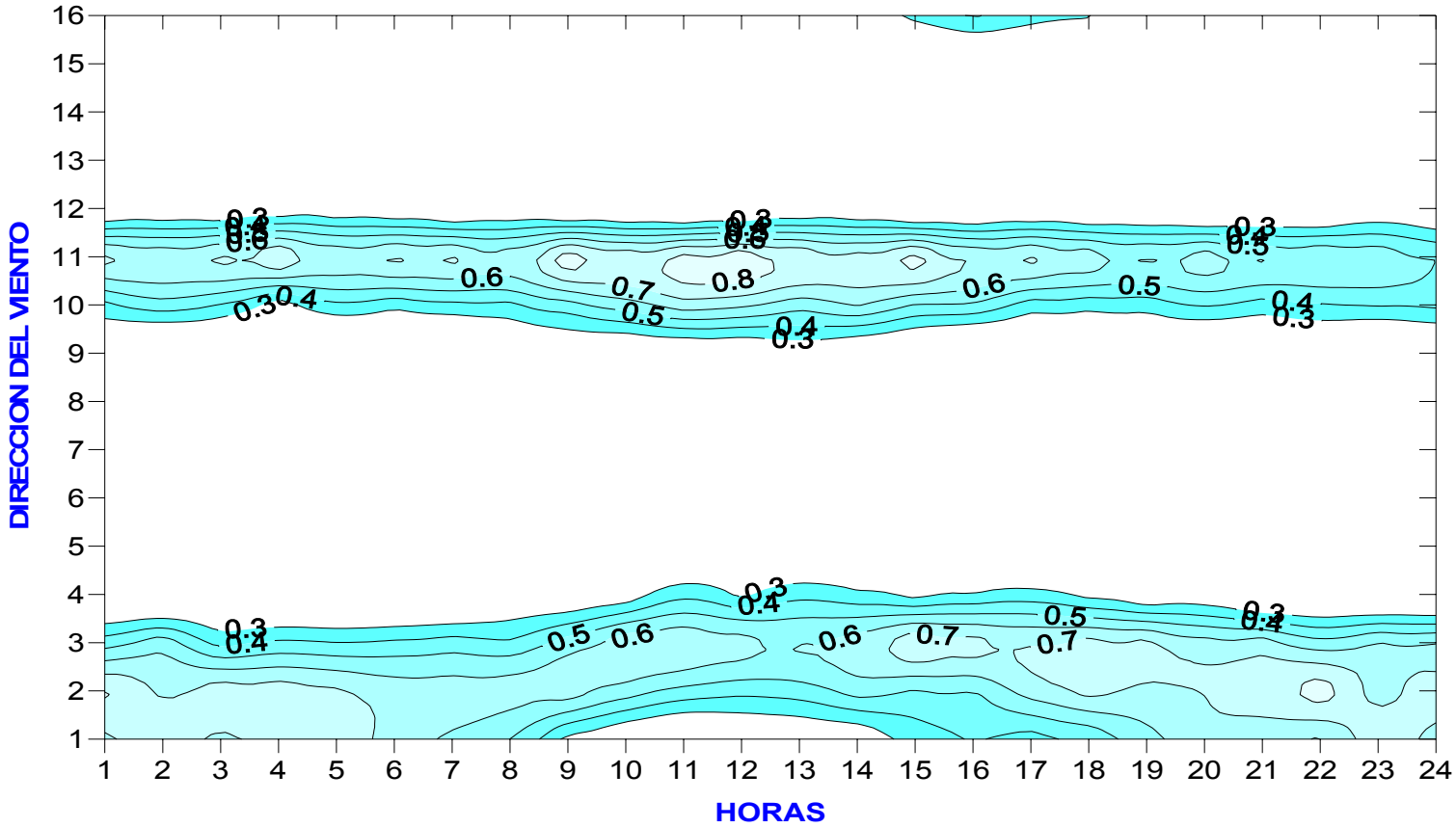
ROSA DE FRECUENCIAS POR DIRECCIONES Y HORAS

H O R A S

	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24
S	0.22	0.15	0.09	0.03	0.11	0.10	0.14	0.08	0.09	0.14	0.02	0.11
SSW	0.53	0.61	0.49	0.49	0.34	0.33	0.33	0.41	0.35	0.39	0.41	0.42
SW	0.81	0.75	0.87	0.70	0.74	0.68	0.62	0.68	0.61	0.61	0.58	0.50
WSW	0.16	0.15	0.06	0.08	0.13	0.09	0.11	0.06	0.09	0.08	0.19	0.13
W	0.06	0.05	0.03	0.08	0.09	0.06	0.09	0.05	0.10	0.11	0.03	0.13
WNW	0.03	0.05	0.03	0.02	0.00	0.05	0.08	0.07	0.06	0.07	0.07	0.03
NW	0.00	0.05	0.08	0.08	0.14	0.14	0.14	0.07	0.09	0.05	0.06	0.08
NNW	0.14	0.23	0.33	0.42	0.33	0.31	0.15	0.16	0.15	0.16	0.13	0.17
CALMAS	0.40	0.26	0.21	0.21	0.13	0.17	0.26	0.27	0.40	0.46	0.48	0.45

OBSERVACIONES 8760

EMPLAZAMIENTO: FERROL
AÑO 2005
FRECUENCIAS DE DIRECCIÓN DEL VIENTO SEGÚN HORAS DEL DÍA



➢ PARÁMETROS DE AJUSTE DE LAS DISTRIBUCIONES DEL VIENTO

En este apartado se presentan los cálculos realizados respecto a los parámetros que indican la dirección y velocidad del viento en su distribución real y su ajuste a una elipse teórica de máxima dispersión.

El proceso que se ha seguido consiste en el cálculo del módulo del vector viento medio y su dirección, las varianzas de la distribución total y las relativas a los ejes de coordenadas (N-S) y (E-W). Para la segunda parte se han calculado los ejes de dispersión máxima, las varianzas de la distribución sobre los ejes de dispersión máxima y mínima y la excentricidad de la elipse calculada.

El significado de los parámetros obtenidos se explica al considerar que el vector viento describe a lo largo de cada mes y en el total anual un movimiento de acuerdo con las diferentes direcciones y velocidades que adopta. El valor medio del vector viento puede calcularse en cuanto a su dirección y módulo y son los parámetros que se presentan.

La nube de puntos generada por el extremo de cada vector puede ajustarse para calcular su varianza total y las varianzas respecto a los ejes de coordenadas que coinciden con las direcciones de los ejes principales, (N-S) y (E-W). La distribución encontrada se puede girar y desplazar, de manera que se define una elipse con sus ejes coincidentes con la máxima y mínima dispersión de datos, con lo que se obtiene el eje dominante del flujo y las características de su distribución lo que puede representarse con una elipse. La excentricidad de la elipse representa una relación entre los semiejes, -a y b-, según la fórmula $e = [1 - (b/a)^2]^{1/2}$. Cuanto mayor sea la relación entre los semiejes, b/a, más "alargada" resulta la elipse y el viento aparece más encauzado sobre la dirección preferente del flujo.

La excentricidad de la elipse, -siempre < 1-, indica la "calidad" del rumbo preferente para la dispersión cuanto más se acerque al valor e = 1. Cuando e = 0 los semiejes son iguales y la elipse se transforma en circunferencia. En este caso no hay rumbo preferente para la dispersión.

El **periodo anual** muestra una distribución general del viento con la dirección preferente de 059º y una velocidad media de 0,37 m/s. La constancia del viento, relación entre el valor vectorial y el escalar, es 10.

<u>Ajuste del viento a una elipse teórica en el periodo anual</u>

En el conjunto del **periodo anual** el viento ajustado sopla de 050º con una varianza sobre el eje de máximos de 9,34 $(m/s)^2$ y de 3,52 $(m/s)^2$ sobre el eje de mínimos. La excentricidad de la elipse es de 0,79.

EMPLAZAMIENTO: FERROL
PERIODO: AÑO 2005

PARAMETROS DE LA DISTRIBUCION DEL VIENTO

MODULO VECTOR MEDIO = 0.37
DIRECCION = 59.
CONSTANCIA = 10.
VARIANZA DE LA DISTRIBUCION = 12.87
VARIANZA SOBRE EL EJE W-E = 6.94
VARIANZA SOBRE EL EJE N-S = 5.93
COVARIANZA = 2.87

AJUSTE A UNA DISTRIBUCION ELIPTICA NORMAL

DIRECCION EJE DE DISPERSION MAXIMA = 50.
VARIANZA SOBRE EJE DISPERSION MAXIMA = 9.34
VARIANZA SOBRE EJE DISPERSION MINIMA = 3.52
EXCENTRICIDAD DE LA ELIPSE = 0.79

➢ PERSISTENCIA DEL VIENTO

Se ha calculado la persistencia del viento en el periodo total para cada una de las direcciones consideradas lo que puede representar una importante ayuda en toma de decisiones al encontrar casos anómalos.

La persistencia indica el número de horas que se mantienen una dirección de viento determinada una vez que se ha fijado en ella.

De los 16 rumbos considerados, obviando las calmas, **la dirección más probable de que se mantenga en un periodo de dos horas es de dirección SW**, **con una probabilidad de** casi el 49%. Le siguen las direcciones NE, 41%, NNE, 39%, N, 39%, y SSW, 36%. Las calmas se presentan en estas condiciones en un 52% de los casos.

Si el periodo se aumenta a **seis horas** la persistencia más probable es de las **Calmas, 10%,** seguida por los vientos del SW, 8%, S, NE 7%, y NNE, 6%.

Si los periodos contemplados son de **doce horas** las probabilidades más altas son de las **Calmas, 3%,** mientras que del resto de direcciones sólo presentan probabilidades significativas el SW, 2%, el NE, 1%, y el NNE, 1%. .

La **máxima persistencia** se encuentra en la dirección **SW** con un máximo de **22 horas**. Le sigue la SSW con 21 horas, la NE con 20 horas y la NNE con 17 horas, las mismas que se presentan en el caso de las Calmas.

EMPLAZAMIENTO: FERROL

PERIODO: AÑO 2005

PERSISTENCIA DEL VIENTO SEGUN DIRECCIONES

FRECUENCIA DEL NÚMERO DE HORAS QUE SE MANTIENE CON UNA DIRECCIÓN UNA VEZ EN ELLA, EN %

	H O R A S														
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	MAXIMO
N	38.8	16.5	9.8	6.4	4.1	2.9	2.0	1.3	0.9	0.9	0.5	0.4	0.2	0.0	14
NNE	39.2	19.9	12.2	7.3	6.1	3.9	2.6	1.7	1.5	1.2	0.9	0.9	0.6	0.3	17
NE	41.5	21.5	13.7	10.2	7.4	4.8	3.6	2.9	2.4	1.4	1.0	0.7	0.5	0.5	20
ENE	29.3	12.4	7.4	2.5	1.2	0.8	0.8	0.4	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10
E	17.2	6.5	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4
ESE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1
SE	6.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2
SSE	5.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2
S	19.7	7.5	2.3	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5
SSW	35.6	18.7	11.9	6.5	4.2	2.9	1.7	1.5	0.8	0.8	0.6	0.6	0.4	0.2	21
SW	48.7	29.4	17.7	11.6	8.1	5.8	4.7	2.8	2.3	2.2	1.7	0.8	0.6	0.5	22
WSW	15.9	4.5	2.0	1.5	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6
W	10.5	2.6	1.8	0.9	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6
WNW	11.8	1.3	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4
NW	9.5	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3
NNW	23.6	8.4	3.4	1.7	1.3	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7
CALMA	52.0	31.8	21.0	15.3	9.9	8.4	7.5	5.4	4.5	4.2	3.3	1.8	1.5	0.9	17

OBSERVACIONES 876

➢ MATRIZ METEOROLÓGICA APLICABLE A LOS MODELOS DE DISPERSIÓN.

La matriz calculada se presenta según el modelo que se acompaña donde se recogen los datos horarios de los parámetros de FERROL del año 2005.

El archivo tiene una cabecera donde se explican las diferentes abreviaturas utilizadas para conformar los datos que presentan.

Todo ello está recogido dentro del CD que se acompaña al final del presente capítulo donde se incluye también información auxiliar.

```
LEYENDA:

HORA ......... TMG

VE ........... Velocidad del viento, en m/s

DD ........... Dirección del viento

TEMP ......... Temperatura del aire, en °C

NUBES ........ Nubosidad total, en décimas de cielo cubierto

***************************************************************************


FERROL

ANO   MES DIA HORA   VE      DD   TEMP  NUBES
2005   1   1   0    1.1      10   10.9   10.0
2005   1   1   1    0.8      10   10.8   10.0
2005   1   1   2    1.1      60   10.8   10.0
2005   1   1   3    1.1      20   10.6   10.0
2005   1   1   4    1.7     350   10.5   10.0
2005   1   1   5    0.8     350   10.4   10.0
2005   1   1   6    0.8     340   10.4   10.0
2005   1   1   7    0.8     360   10.0   10.0
2005   1   1   8    1.9     210   10.0   10.0
2005   1   1   9    1.9     230   10.0   10.0
2005   1   1  10    1.9     230   10.2    9.6


..........................................
...............................
.........................
```

NOTA IMPORTANTE

Las direcciones de viento que se utilizan en este estudio tienen el sentido meteorológico del término y representan la dirección de donde proviene el viento.

Los datos horarios utilizados corresponden al horario UTC.

- ✓ **Datos para aplicación del modelo FERROL, 2005. txt**
- ✓ **Copia de la presente Memoria**

Mayo, 2010