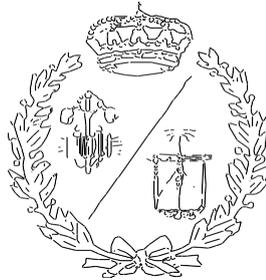


**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN**

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

**INSTALACION DE AEROGENERADORES DE
EJE VERTICAL EN EDIFICIO DE LA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**

**(Vertical axis wind turbine
installation in Cantabria university
Building)**

Para acceder al Título de

**GRADUADO EN INGENIERÍA EN
TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES**

Autor: Pablo Turrado Garrido

09 – 2016

ESTE PROYECTO CONTIENE LOS SIGUIENTES DOCUMENTOS:

	PÁGINA
DOCUMENTO N°1, MEMORIA.....	2
DOCUMENTO N°2, PLANOS.....	57
DOCUMENTO N°3, PLIEGO DE CONDICIONES.....	59
DOCUMENTO N°4, PRESUPUESTO	79

DOCUMENTO N° 1

MEMORIA

ÍNDICE DE LA MEMORIA

	PÁGINA
1. OBJETO DEL PROYECTO.....	6
2. CONTEXTO ENERGÉTICO	6
3. SELECCIÓN DEL AEROGENERADOR	10
4. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL AEROGENERADOR.....	16
5. ESTUDIO DEL EMPLAZAMIENTO	20
5.1. EMPLAZAMIENTO DE LOS AEROGENERADORES.....	20
5.2. VIABILIDAD DE LA SUPORTACIÓN DE LOS AEROGENERADORES SOBRE LA CUBIERTA DEL EDIFICIO..	22
6. ESTUDIO DE VIENTO	23
6.1. VELOCIDAD DE VIENTO CON LA ALTURA.....	24
7. CÁLCULOS ENERGÉTICOS	26
7.1. DISTRIBUCIÓN DE WEIBULL.....	26
7.2. POTENCIA DE LA INSTALACIÓN	29
8. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA ELÉCTRICO.....	32
8.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO ELEGIDO.....	33
8.2. PUESTAS A TIERRA.....	35
8.3. SECCIÓN DE LOS CONDUCTORES	36
9. VIABILIDAD ECONÓMICA DEL PROYECTO	40
9.1. VAN.....	42
9.2. TIR.....	45
10. MONTAJE Y OBRAS A REALIZAR	48
11. SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA EL RAYO	49
12. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	49
13. PLANIFICACIÓN	50
14. PRESUPUESTO DEL PROYECTO	51
15. CONCLUSIONES.....	51
16. BIBLIOGRAFÍA.....	52

	PÁGINA
ANEXO I: FICHA TÉCNICA AEROGENERADOR E INVERSOR.....	54
ANEXO II: VIENTO.....	55
ANEXO III: PLANIFICACIÓN.....	56

1. OBJETO DEL PROYECTO

La finalidad del presente Trabajo Fin de Grado consiste en ver la viabilidad tanto técnica como económica de la instalación en la cubierta de la Escuela Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación de aerogeneradores de eje vertical para producción eléctrica.

Explicaremos detalladamente la selección de los aerogeneradores, los cuales serán proporcionados por la compañía Technowind, su disposición sobre la cubierta de la Escuela, la obra civil necesaria para la colocación de los mismos, la obra eléctrica para su conexión a la red de baja tensión, distinguiendo los tipos de conexiones que pueden existir y los diferentes estudios tanto técnicos como económicos para garantizar su viabilidad.

2. CONTEXTO ENERGÉTICO

La palabra eólico viene del griego EOLO, Dios del viento en la mitología griega.

La historia de la energía eólica es muy conocida, ya que es de una de las primeras y más antiguas fuentes de energía utilizadas en la historia de la humanidad.

No nos vamos a extender mucho en este tema que es de dominio público, sin embargo si hemos encontrado el curioso dato de que los primeros molinos de los que se tiene constancia, son precisamente los molinos de eje vertical. Estos antiguos molinos surgieron en el área de Afganistán alrededor del siglo VII , dato que resulta digno de mención ya que este tipo de molinos de eje vertical, siendo sus diseños de los más antiguos y rudimentarios, hoy en día son los más modernos y vanguardistas[1].

En la actualidad estamos explotando mucho el mundo y contaminándolo,

uno de los mayores problemas que tenemos es el más que conocido cambio climático, y la obtención de la energía es uno de los factores que más contamina y fomenta el cambio climático, centrales térmicas, nucleares, la obtención de los recursos fósiles, su transporte...

Por lo que últimamente se está hablando mucho de la energía eólica, algunas de las cosas por las que este tipo de energía este alcanzando tanta importancia en los últimos años se debe a que la energía eólica es inagotable, no contamina y frena el agotamiento de combustibles fósiles, contribuyendo a evitar el cambio climático. Además es una fuente de energía muy barata, puede competir en rentabilidad con otras fuentes energéticas tradicionales como las centrales térmicas de carbón, las centrales de combustible e incluso con la energía nuclear, si se consideran los costes de reparar los daños medioambientales.

Para conseguir la energía eólica no necesitamos ningún proceso de combustión o una etapa de transformación térmica, por lo que desde una perspectiva medioambiental, es un procedimiento muy favorable, por ser limpio y estar exento de problemas de contaminación.

Los únicos tipos de inconvenientes que implica el uso de la energía eólica son el impacto visual y el ruido producido por el giro del rotor. Teniendo en cuenta que nuestro aerogenerador es de tipo vertical y que tienen mucho menos impacto visual y ruido que los de eje horizontal, estos inconvenientes son mínimos en comparación con cualquier otra forma de energía. Por lo tanto, la energía eólica es claramente un gran avance y una estrategia muy viable en el futuro de la generación energética.

En los últimos 25 años, la energía eólica ha alcanzado un nivel de desarrollo muy alto, invirtiendo mucho en esta tecnología. En estos más de 25 años, los generadores eólicos han crecido de los 55 KW en 1982 a los 5 MW de hoy en día, la potencia total instalada es ahora de 432.419 MW comparada con los 100 MW en 1980. La energía eólica suministra actualmente más del 3% del consumo mundial de electricidad y se espera que para 2020 se supere el 5%. A más largo plazo (2040), la Agencia

Internacional de la Energía prevé que la energía del viento llegue a cubrir el 9% de la demanda eléctrica mundial y más del 20% en Europa.

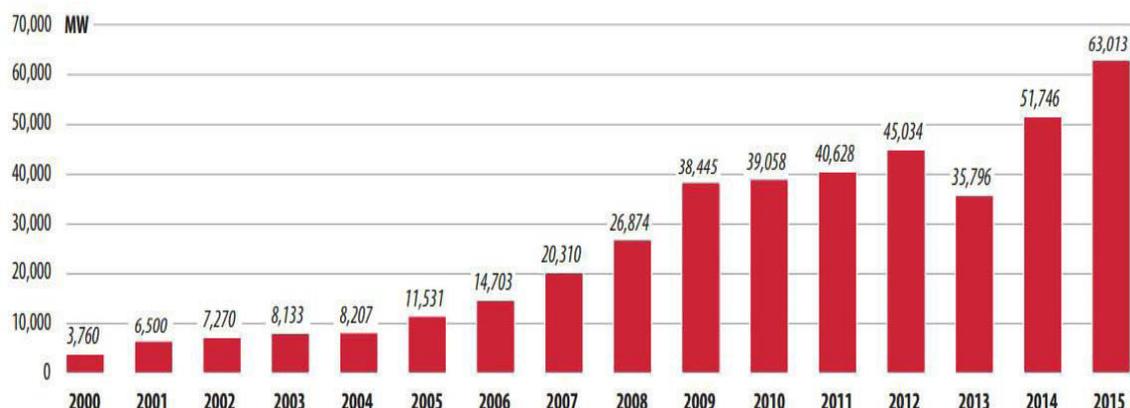


Figura1. Potencia eólica instalada en el mundo anualmente

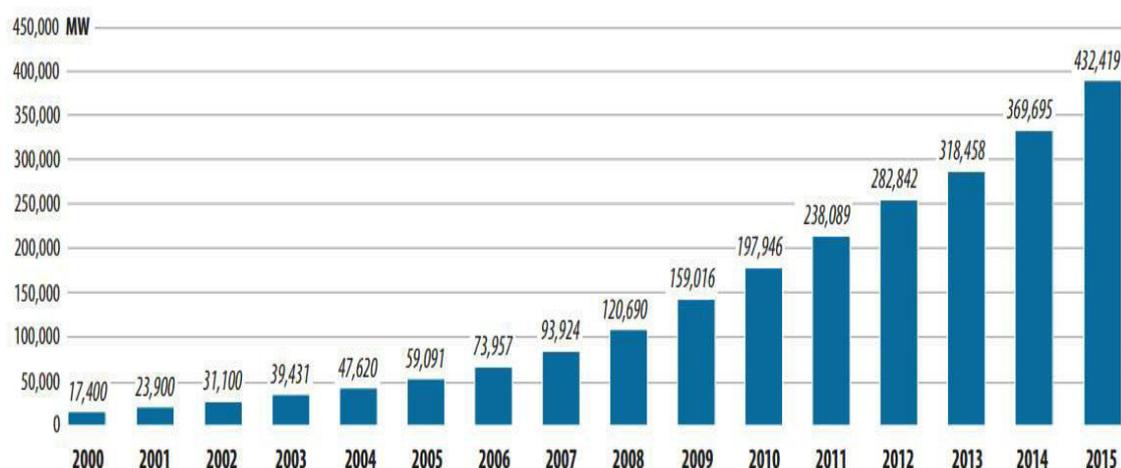


Figura2. Potencia eólica mundial

La potencia eólica instalada en el mundo al cierre de 2015 superó los 400 MW instalados.

España ha sido uno de los países pioneros y líderes aprovechar el viento para producir electricidad. Después de más de treinta años de instalarse el primer aerogenerador en el país, España consiguió ser el primer país del mundo en el que la energía eólica fuese la principal fuente de generación eléctrica durante un año entero (en 2013, con el 20,9% de la producción total), lo que le sitúa también como un país muy avanzado en las

soluciones tecnológicas que permiten su integración en red. Aunque la implantación eólica se ha ralentizado en los últimos años, España sigue siendo, con unos 23.000 MW instalados al cierre de 2015, el segundo país europeo por potencia eólica operativa después de Alemania (43.723 MW), y el quinto del mundo, tras China (138.060 MW), EE.UU. (71.000 MW) e India(25.219 MW) [2].

La energía eólica está evolucionando últimamente más hacia un uso más individual, consiguiendo que la generación doméstica y a pequeña escala esté viviendo un momento de gran auge.

A finales de 2014 había al menos 945.000 pequeñas turbinas instaladas en todo el mundo, lo que supone un incremento del 8,3% respecto a 2013, año en el que había 872.000 unidades.

Que se esté yendo hacia una generación eléctrica más particular mediante energía eólica, tiene muchas ventajas con respecto a su hermana mayor. La primera de ellas es el transporte de esta energía, la distancia desde el punto donde se genera al punto de consumo, al ser la generación in situ las pérdidas por transporte se reducen prácticamente a cero. El ahorro para el consumidor es evidente y, una vez desembolsada la inversión inicial, la generación resulta gratuita. Las emisiones de dióxido de carbono son nulas y si se instala el aerogenerador junto a un conjunto de baterías de almacenamiento, el sistema eólico puede seguir funcionando aunque no vuelque energía a la red.

Uno de los mayores mercados de la energía mini-eólica es la zona rural, e históricamente es donde más han sido más utilizados este tipo de aerogeneradores como recurso energético debido a que en puntos aislados es más costoso llevar una instalación eléctrica convencional. Sirvan como ejemplo las casas rurales, cabañas, torres de telecomunicación, granjas etc., que son un tipo de construcción en la que el uso de una instalación eólica de poca potencia empieza a ser algo frecuente.

Estos sistemas han sido también aprovechados por instalaciones de alto consumo eléctrico apartados también de los grandes núcleos, como pueden ser empresas o polígonos industriales, para establecer pequeñas turbinas que cubran parte de sus necesidades de consumo.

La nueva ley del Sector Energético, que entró en vigor en nuestro país, ha sido un gran perjuicio para la mayoría de las empresas cuyo destino es la mejora de la eficiencia energética, y más aún a las dedicadas a la energía mini-eólica. Según esta nueva ley, los poseedores de algún tipo de generación eléctrica propia que necesiten de un punto de conexión a la red, deberán pagar un peaje de respaldo a las compañías eléctricas. Este nuevo impuesto cambia muchos de los proyectos de ahorro energético mediante instalaciones de autoconsumo, debido a que el período de amortización de la inversión aumenta drásticamente. La normativa es por lo tanto, un punto muy importante a tener en cuenta para el cálculo de la viabilidad de cualquier proyecto de generación eléctrica mediante energía eólica.

3. SELECCIÓN DEL AEROGENERADOR

El aerogenerador es una máquina que consiste en un método muy básico pero que a su vez, contiene partes muy complejas.

La maquinaria es bastante fácil, contiene un rotor de hélices que al ser movidas por el viento, generan una energía cinética que hace girar un generador trifásico, que convierte la energía mecánica en energía eléctrica.

Nuestra instalación dispondrá de una serie de aerogeneradores de eje vertical, o VAWT, de 4 kW de potencia nominal Y 6 kW de potencia máxima.

Los aerogeneradores de eje vertical (VAWT), son de una tecnología avanzada que los principios que rigen las turbinas de eje horizontal. Este

tipo de diseño de la turbina, encuentra sus primeras patentes a principios del siglo XX, y los más representativos son los denominados Savonius, Darrieus y Giromill (H-Rotor) como vemos en la imagen de la figura3. Existen otros prototipos, pero en la mayoría de los casos su diseño se basa en estos tres y en la combinación entre ellos.

Actualmente existen más de 150 variedades de eje vertical en el mercado pensados para la generación a pequeña escala, así que nos encontramos con una amplia diversidad de opciones para el usuario a la hora de tener que elegir cuál es la mejor solución para su instalación.

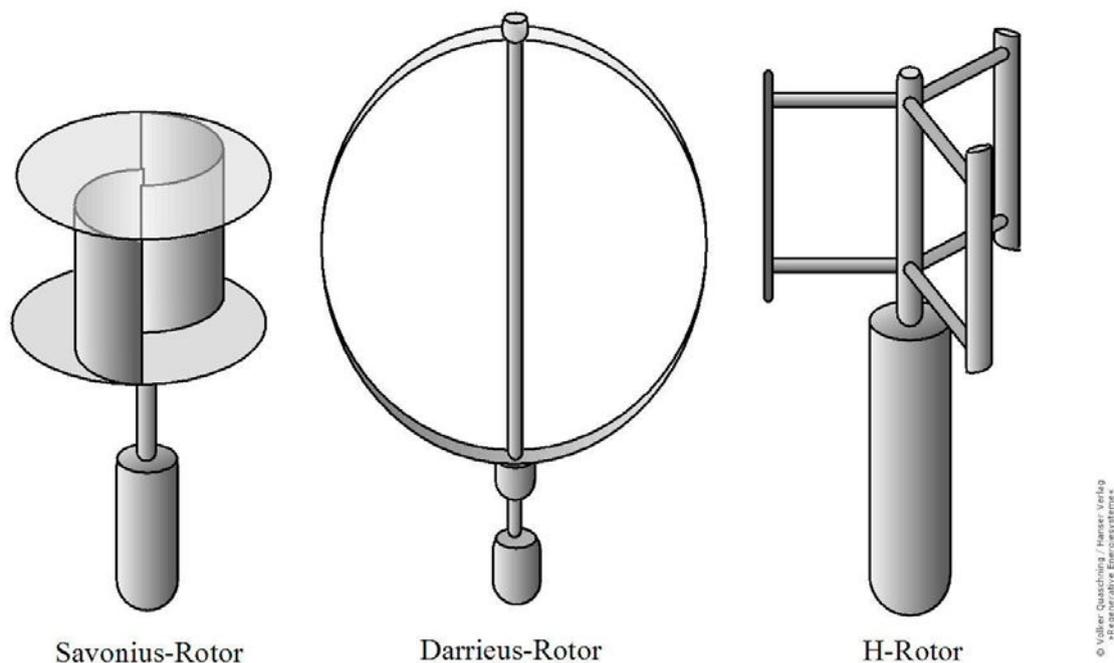


Figura3. Principales 3 diseños de la tecnología de los VAWT

Las turbinas de eje vertical, tienen bastantes ventajas con respecto a las turbinas de eje horizontal, ya que al ser una maquinaria de menor potencia y estabilidad no necesitan de un gran mástil, y debido a la posición de sus aspas pueden trabajar con cualquier dirección que tenga el viento, no precisan ser orientados, siendo esta una de sus grandes virtudes que los convierten en unos equipos muy efectivos en entornos de viento cambiante. Como su rotor además ofrece menos resistencia, necesitan de velocidades de viento más bajas para funcionar, y admiten la posibilidad de ser instalados a menor altura, pudiendo adaptarse mejor a

la irregularidad del terreno.

Esto hace que su mantenimiento sea más fácil y mucho más barato por su gran versatilidad con respecto a las direcciones y velocidades de los vientos y su resistencia frente a los vientos fuertes. Por último habría que añadir que además, estos aerogeneradores son por su tamaño fácilmente eludibles para las aves.

También tienen algunas desventajas respecto a las turbinas de eje horizontal, siendo la principal de ellas el que, a plena carga un aerogenerador de eje vertical tiene algo menos eficiencia que uno de eje horizontal, y otra también importante como es que este tipo de turbinas no obtiene el beneficio de los vientos fuertes de las grandes alturas.

A pesar de todo lo expuesto anteriormente, las turbinas de eje vertical han crecido mucho en el mercado desde que hay iniciativas de ahorro energético mediante energía eólica en zonas urbanas aunque la nueva ley del Sector Energético va en la dirección opuesta. Esto se debe a que el principal balance donde se mira la elección entre una turbina de eje vertical u horizontal, es comparando el tiempo que el aerogenerador puede funcionar en base a la variabilidad de los vientos con la eficiencia que ambos pueden tener.

Los consumidores no conocen mucho todavía los aerogeneradores de eje vertical ni la forma de autoconsumirse con ellos, es algo relativamente nuevo.

En España es en las zonas urbanas donde las turbinas de eje vertical se usan más, ya que si bien la situación de la ciudad provoca que los vientos predominantes procedan de una dirección, la interacción con los edificios y otras estructuras incide en que dentro de ella la dirección sea cambiante y en que se produzcan flujos turbulentos.[3]

Siendo como hemos mencionado los antecedentes de la mini-eólica bastante recientes por lo que los consumidores no conocen mucho la

tecnología de los aerogeneradores de eje vertical, estos parecen evolucionar en las ciudades y nos hacen imaginar que esta tecnología pueda ser cada vez más accesible para los usuarios.

Después de haber elegido ya que nuestro aerogenerador será de eje vertical por lo mencionado anteriormente, deberemos elegir el tipo de rotor.

Aerogenerador con rotor Savonius: Es el modelo más simple de rotor, consiste en cilindros huecos desplazados respecto su eje, de forma que su parte cóncava queda expuesta al empuje del viento, ofreciendo su parte convexa una menor resistencia al giro. Se suele mejorar su diseño dejando un espacio entre ambas caras para evitar la sobre presión en el interior de la parte cóncava. Pueden construirse superponiendo varios elementos sobre el eje de giro.

No son útiles para la generación de electricidad debido a su elevada resistencia al aire. Su bajo coste y fácil construcción les hace útiles para aplicaciones mecánicas.

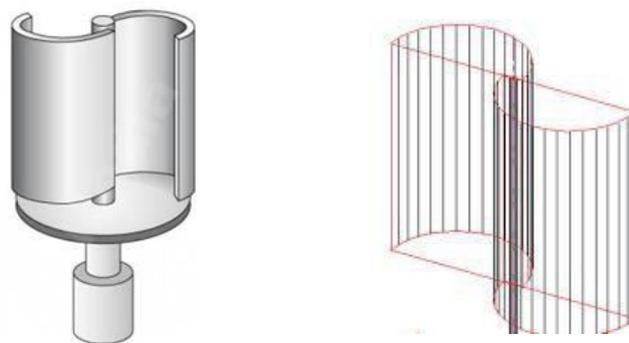


Figura4. Aerogenerador Tipo Savonius.

Aerogenerador con rotor Darrieus: Patentado por G.J.M. Darrieus en 1931, es el modelo de los aerogeneradores de eje vertical que más éxito comercial ha tenido. Consiste en un eje vertical asentado sobre el rotor, con dos o más finas palas en curva unidas al eje por los dos extremos, el diseño de las palas es simétrico y similar a las alas de un avión, el modelo de curva utilizado para la unión de las palas entre los extremos del rotor es el de Troposkien, aunque puede utilizarse también

catenarias. Evita la necesidad de diseños complejos en las palas como los necesarios en los generadores de eje horizontal, permite mayores velocidades que las del rotor Savonius, aunque sin alcanzar las generadas por los modelos de eje horizontal, pero necesita de un sistema externo de arranque.

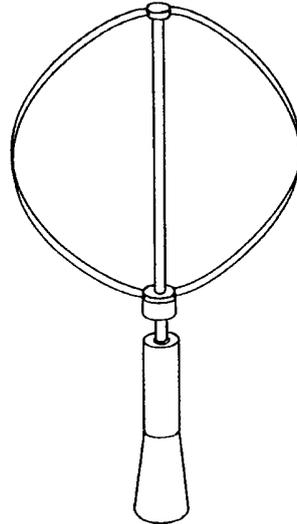


Figura5. Aerogenerador Tipo Darrieus.

Aerogenerador con rotor Giromill: Este tipo de rotores también fueron patentados por G.J.M. Darrieus. Consisten en palas verticales unidas al eje por unos brazos horizontales, que pueden salir por los extremos del aspa e incluso desde su parte central. Las palas verticales cambian su orientación a medida que se produce el giro del rotor para un mayor aprovechamiento de la fuerza del viento [4].

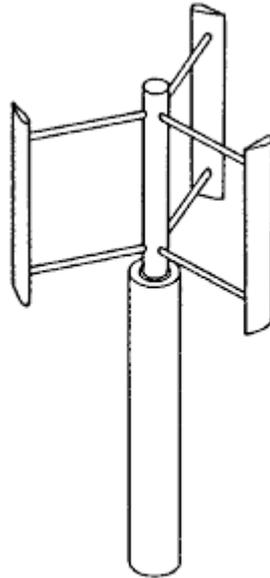


Figura6. Aerogenerador Tipo Giromill.

Entre estos tres tipos hemos elegido el de tipo Giromill ya que el Savonius como hemos mencionado no son útiles para la generación eléctrica y el Darrieus necesita un sistema de arranque, teniendo la misma eficiencia que el Giromill.

Mirando en el mercado rotores de tipo Giromill, nos hemos quedado con el aerogenerador de eje vertical **Tornado 5000** de la empresa Technowind. Hemos apostado por este aerogenerador por una parte por su gran curva de potencia y por ser de una empresa española, lo cual nos hace más económico su transporte y a la vez fomentamos la industria eólica en España.

4. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL AEROGENERADOR

En este apartado explicaremos el aerogenerador de eje vertical **Tornado 5000** de la empresa Technowind y sus componentes, teniendo la ficha técnica en el Anexo I.

Componentes del aerogenerador:

- **Turbina**

Este es el elemento primordial del aerogenerador y a su vez lo podemos dividir en 2 sub-elementos:

Palas: Tienen estructura recta y tiene una forma aerodinámica para captar el máximo viento posible con el menos rozamiento. Pueden ser de diferentes materiales: aluminio, fibra de carbono y fibra de vidrio son los compuestos que da mejores resultados, incluso puede ser una combinación de ambos.

Rotor: Es el eje de la turbina, tiene rodamientos fuertes, y es compacto y estanco. La posición de este determina el tipo de aerogenerador que, en nuestro caso es Vertical.



Figura7. Turbina aerogenerador vista vertical

Este aerogenerador en particular tiene una altura de la turbina de 5000 mm, y un diámetro de 5000 mm.

- **Generador**

El generador es de imanes permanentes, es decir, es un generador síncrono trifásico. Es de transmisión directa, con lo que se evitan pérdidas y se consiguen unas velocidades de arranque del funcionamiento muy bajas.

En el caso del modelo la tensión nominal de dicho aerogenerador es de 220 V y su potencia máxima es de 6 KW.

- **Mástil**

Los mástiles que van asociados a este tipo de turbinas son de diferentes tipos y alturas, dependiendo del peso de la turbina y de la altura que se necesite alcanzar para optimizar su rendimiento. Los materiales sobretodo, suelen ser resistentes y ligeros. El acero y el aluminio suelen estar presentes en la mayoría de los mástiles.

Existe una diferente gama de alturas de mástil ofrecida por las compañías. Dado que nuestro aerogenerador, se va a encontrar ya a una altura considerable sobre el suelo, utilizaremos un mástil de 6 metros y pondremos unos tensores para estabilizarlo.

- **Caja de conexiones**

En ella están situadas las conexiones que se han de producir entre la turbina y el inversor. Además incluye uno de los más importantes elementos de seguridad del aerogenerador, que es el freno de emergencia.

El freno de emergencia actúa automáticamente cuando la velocidad del viento supera la velocidad de seguridad, cortando la energía generador, y protegiendo el equipo, la instalación y a los usuarios.

En ocasiones, el regulador de tensión viene incluido en el propio

aerogenerador por el fabricante, generalmente en la propia caja de conexión; pero aún así no se puede considerar un elemento parte del aerogenerador propiamente dicho.

REGULADOR E INVERSOR DE TENSIÓN

Estos dos elementos son los que transforman la energía eléctrica producida en el generador del rotor de la turbina, en energía eléctrica apta para el abastecimiento de cargas eléctricas de un edificio o en nuestro caso para venderlo a la red.

- **Regulador de tensión**

El regulador de tensión es un elemento que controla la tensión que entra de forma variable para conseguir una tensión estable a su salida. La tensión a la salida del generador de la turbina es variable, ya que esta depende de la velocidad del viento.

Por lo tanto un regulador es un convertidor de CC variable a CC regular. Los reguladores pueden ser de dos tipos: "buck-boost" y "flyback". En el caso de un aerogenerador, el convertidor de corriente continua a corriente continua, es conveniente que sea del tipo "buck-boost", ya que no tienen los problemas de sobretensión que tienen los reguladores del tipo "flyback", que con altas tensiones, tienen problemas de sobrecalentamiento. Estos últimos, sería útiles si nuestra tensión fuera pequeña y no muy variable, pero para nuestro caso necesitamos un rango de tensiones muy alta, por lo que el regulador del tipo "buck-boost" sería, en nuestro caso, el más adecuado. Este elemento es muy necesario porque ningún equipo puede trabajar a una tensión variable, por lo tanto es muy importante regularla.

- **Inversor**

Es un aparato que consigue transformar una corriente continua de entrada, en una corriente alterna de salida. Esta máquina es fundamental para el funcionamiento de la instalación ya que la tensión de la corriente que vamos a invertir a la red, ha de ser la misma que la

que la propia red tiene en ese punto, porque si no provocaríamos alteraciones en la red, aparte de que ningún elemento, de los que pensamos abastecer con la energía generada de los aerogeneradores, funcionaría. [5]

En nuestro caso el fabricante de los aerogeneradores nos vende con la turbina el inversor PVI-6000-TL-W que es el inversor eólico ABB. Cuya ficha técnica adjuntamos en el anexo I.



Figura8. Inversor

5. ESTUDIO DEL EMPLAZAMIENTO

El edificio donde nos situamos para el proyecto, está en el Campus de la Universidad de Cantabria situado en el parque de las Llamas de Santander.

Como se puede observar en el plano I (Cantabria), plano II (Santander), plano III (edificio donde colocaremos los aerogeneradores).

5.1. EMPLAZAMIENTO DE LOS AEROGENERADORES

Para el emplazamiento de los aerogeneradores se ha utilizado la denominada "Rosa de los Vientos", datos obtenidos por AEMET, disponibles en el anexo II.

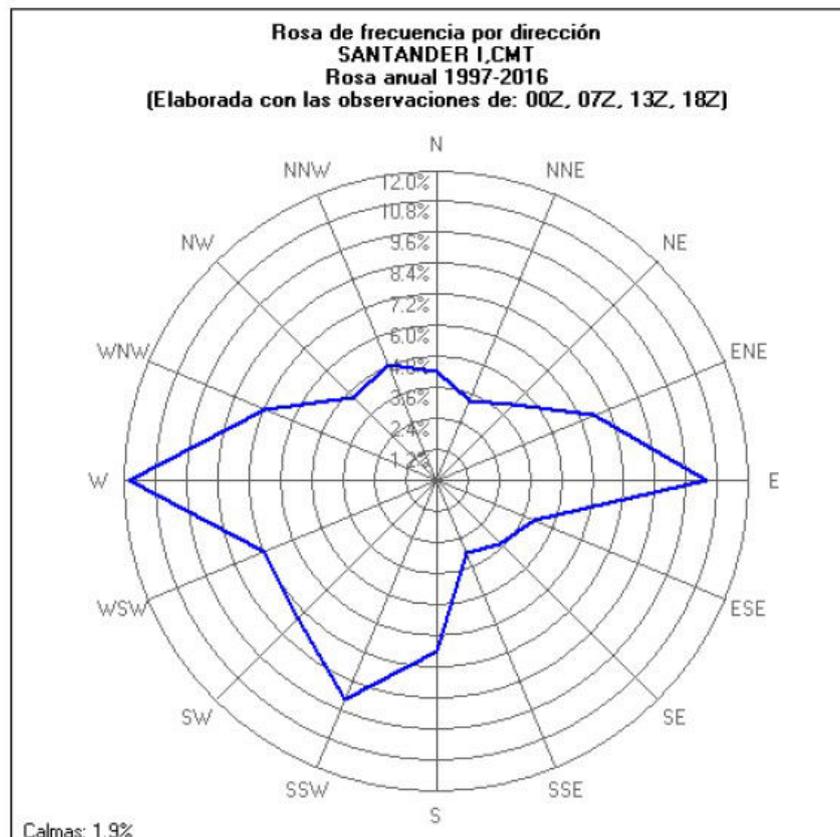


Figura9. Frecuencia de viento por dirección

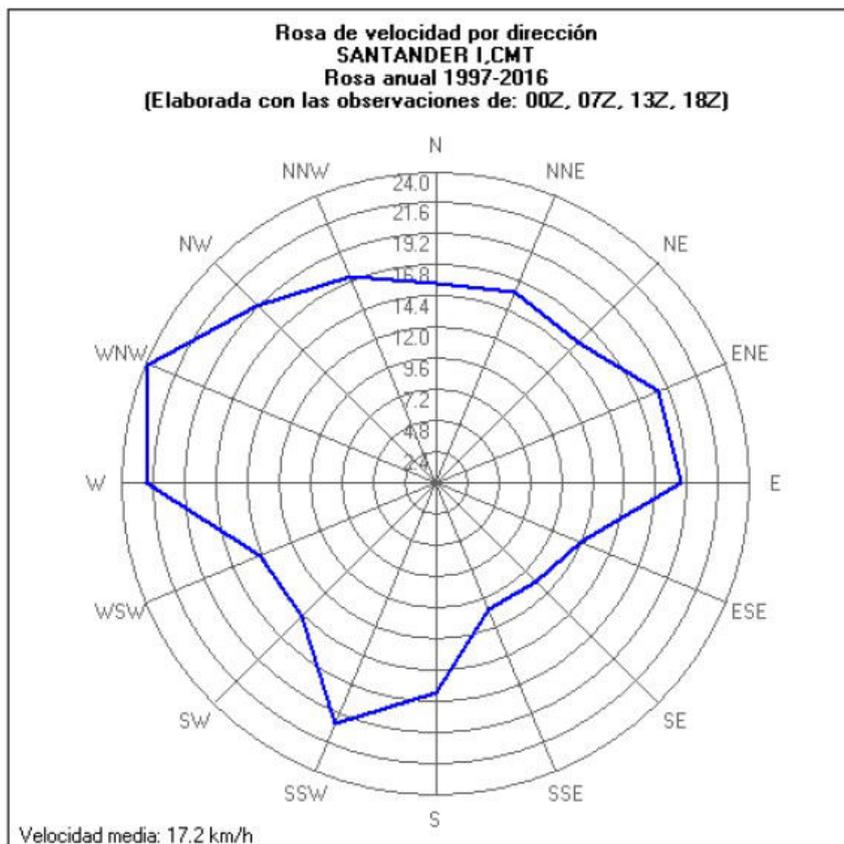


Figura10. Velocidad de viento por dirección

Como vemos los vientos W-E son los más frecuentes y con buenas intensidades, por otro lado la dirección menos frecuente es el NNE-SSE, pero esa dirección es justo perpendicular a la universidad, solo podríamos colocar un aerogenerador, por lo que hemos cogido la dirección NE-SW para la colocación de nuestros aerogeneradores, como podemos ver estas direcciones son poco comunes anualmente y tienen poca intensidad comparado con las demás direcciones.

Al ser aerogeneradores de eje vertical da igual de que dirección venga el viento además trabajan bien con vientos turbulentos, pero en la dirección NE-SW hemos decidido separarlos 20 metros (cuatro veces su diámetro) para que puedan trabajar correctamente.

Siguiendo las pautas anteriores hemos colocado 5 aerogeneradores en la cubierta más alta de la universidad con dirección NE-SW como podemos ver en el plano IV.

5.2. VIABILIDAD DE LA SUPORTACIÓN DE LOS AEROGENERADORES SOBRE LA CUBIERTA DEL EDIFICIO

La norma dice que toda cubierta debe aguantar como mínimo 100 kg/m^2 , por lo que tomaremos este dato para el cálculo.[6]

La cubierta superior de la Escuela Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación tiene un área de 1397 m^2 como podemos ver en el plano V.

La cubierta por norma debe aguantar $100 \times 1397 = 13970 \text{ kg}$.

Nuestra instalación poniéndonos en el peor de los casos pesaría:

- Turbina con mástil: 1200 kg
- Cimentación en cubierta: 700 kg
- Otros componentes de la instalación: 50 kg

Sumando nos da un peso de 1950 kg que por 5 puntos de emplazamiento, nos supone 9750 kg.

Por lo que la cubierta aguantará perfectamente la instalación de los 5 aerogeneradores.

6. ESTUDIO DE VIENTO

Lo primero que necesitamos son los datos de viento porque aunque la capacidad de generación del aerogenerador este indicada por el fabricante en la ficha técnica de la turbina, no siempre se cumplen las condiciones necesarias para su funcionamiento de manera nominal. Por lo tanto, los datos de viento nos servirán de guía para el cálculo de la producción que podemos obtener.

Estos datos son difíciles de estimar y para un estudio detallado se necesitarían diversos aparatos y tiempo de los que no disponemos, por lo que utilizamos los facilitados por la Agencia Estatal de Meteorología.

En el anexo II se recogen los datos tanto anuales como mensuales de dos estaciones meteorológicas, la primera situada en el Aeropuerto de Parayas y la segunda en Cueto.

Para nuestro estudio utilizaremos la de Cueto ya que está más próxima, la estación del Aeropuerto de Parayas, son datos similares pero la ubicación se encuentra al final de la bahía de Santander, la cual tiene una dirección NE-SW y distorsiona un poco los datos de la estación.

Como vemos en la imagen de la figura10, dato de la estación de Cueto la velocidad media anual es de 17.2 km/h, 4.78 m/s.

Este dato de viento es el único en los que nos hemos de fijar, dada la elección de nuestra instalación de utilizar un aerogenerador de eje vertical.

Una de sus características como ya hemos visto es que la dirección de viento no afecta al rendimiento del aerogenerador, ya que este funciona con cualquier trayectoria de barrido. Otro problema que este tipo de turbina soluciona es la turbulencia con la que el viento incide en la instalación, y las diferentes rachas de fuerza. Esto se produce, aparte de

por las condiciones climatológicas, por la interacción de los edificios colindantes que provoca un corriente incidente de manera más irregular. Un dato que hemos de tener en cuenta es la altura. Los datos de AEMET están calculados a 10 metros.

6.1. VELOCIDAD DE VIENTO CON LA ALTURA

Normalmente las mediciones de viento se realizan a 10 metros, como en nuestro caso, aunque hay casos en que se realizan a menores alturas, hay varias técnicas teóricas utilizadas para determinar el perfil de velocidad del viento, debido a que necesitaríamos un par de años o más midiendo en la zona y a la altura que nos interesa para construir el perfil de velocidades.

Una de las formas para calcular la variación de la velocidad de viento con respecto a la altura Z está dada por la ecuación:

$$v(z) = \frac{v_f}{K} \left[\ln \frac{z}{z_0} - \xi \left(\frac{z}{L} \right) \right]$$

Esta ecuación ha demostrado ser muy exacta para los estudios en ciertos sitios críticos, pero en general es demasiado difícil usarla para los estudios de ingeniería. Por lo que varios investigadores han encontrado expresiones más simples que puedan dar muy buenos resultados, aun cuando ellos no son teóricamente exactos. La más común de estas expresiones y más simple es la ley exponencial de Hellmann que relaciona las velocidades de dos alturas cualesquiera y es expresada en la ecuación siguiente:

$$\frac{v}{v_0} = \left(\frac{H}{H_0} \right)^\alpha$$

Donde v es la velocidad a la altura H , v_0 la velocidad a la altura H_0 (frecuentemente referida a una altura de 10 m) y " α " es el coeficiente de fricción o exponente de Hellman. Este coeficiente está en función del tipo de terreno sobre el cual se está midiendo la velocidad del viento. En nuestro caso cogeremos 0.4 como vemos en la tabla de la figura11.

COEFICIENTE DE FRICCIÓN PARA DIFERENTES TIPOS DE TERRENO

Tipo de terreno	Coefficiente de fricción α
Lagos, océano, superficies suaves y duras	0.10
Césped	0.15
Terrenos de cultivo, setos o vallas, y arbustos	0.20
Campo boscoso con muchos árboles	0.25
Pueblo pequeño con algunos árboles y arbustos	0.30
Área de la ciudad con edificios altos	0.40

Figura11. Coeficiente de fricción para diferentes tipos de terreno [7]

Teniendo como datos de referencia 10 metros y 4.78 m/s, usamos la ecuación anterior a la altura que vamos a colocar el aerogenerador, 35 metros, obteniendo como velocidad media a esa altura 7.88 m/s.

7. CÁLCULOS ENERGÉTICOS

Para el estudio de la producción de energía del parque utilizaremos la distribución de Weibull, que comentaremos ahora y que nos muestra la probabilidad de la velocidad del viento.

7.1. DISTRIBUCION DE WEIBULL

Para la industria eólica es muy importante ser capaz de describir la variación de las velocidades del viento, es decir que probabilidades hay de que se den las diferentes intensidades de viento. Los creadores de turbinas necesitan esta información para el diseño de sus aerogeneradores, así como para minimizar los costes de fabricación. Nosotros necesitaremos la información para estimar los ingresos por producción de electricidad.

Si se mide las velocidades del viento a lo largo de un año observaremos que en la mayoría de los sitios los fuertes vientos son raros, mientras que los vientos frescos y moderados son bastante comunes.

La variación del viento en un emplazamiento típico suele describirse utilizando la llamada Distribución de Weibull.

Descripción estadística de las velocidades del viento

La suma de las probabilidades de que se de una determinada intensidad de viento tiene que ser 1, es decir el área bajo la curva que nos dará la gráfica de la distribución de Weibull debe ser 1.

Como podrá observar, la distribución de las velocidades del viento es sesgada, es decir, no es simétrica. A veces tendrá velocidades de viento muy altas, pero son muy raras. Si multiplicamos cada diminuto intervalo de la velocidad del viento por la probabilidad de tener esa velocidad particular, y los sumamos todos, obtenemos la velocidad del viento

media. Este cálculo lo haremos para conseguir que la velocidad media de la distribución de Weibull sea igual a la que tenemos en nuestro emplazamiento, ya que la distribución estadística de las velocidades del viento varía de un lugar a otro del globo, dependiendo de las condiciones climáticas locales, del paisaje y de su superficie. Por lo tanto, la Distribución de Weibull puede variar tanto en la forma como en el valor medio.

La Distribución de Weibull viene dada por la fórmula:

$$f(x) = \frac{k}{c} \left(\frac{x}{c}\right)^{k-1} \exp \left[-\left(\frac{x}{c}\right)^k \right] \quad (k > 0, x > 0, c > 1)$$

f(x) representa la variable que queremos conseguir, la probabilidad
x representa el rango a ser evaluado de la velocidad del viento (0, 1, ..., 24, 25 m/s)

k representa el parámetro de forma

c representa el factor de escala

El valor de **k** que usaremos es de 2 ya que solo sabemos la velocidad media del viento y es la que se utiliza normalmente para estudios de viento.

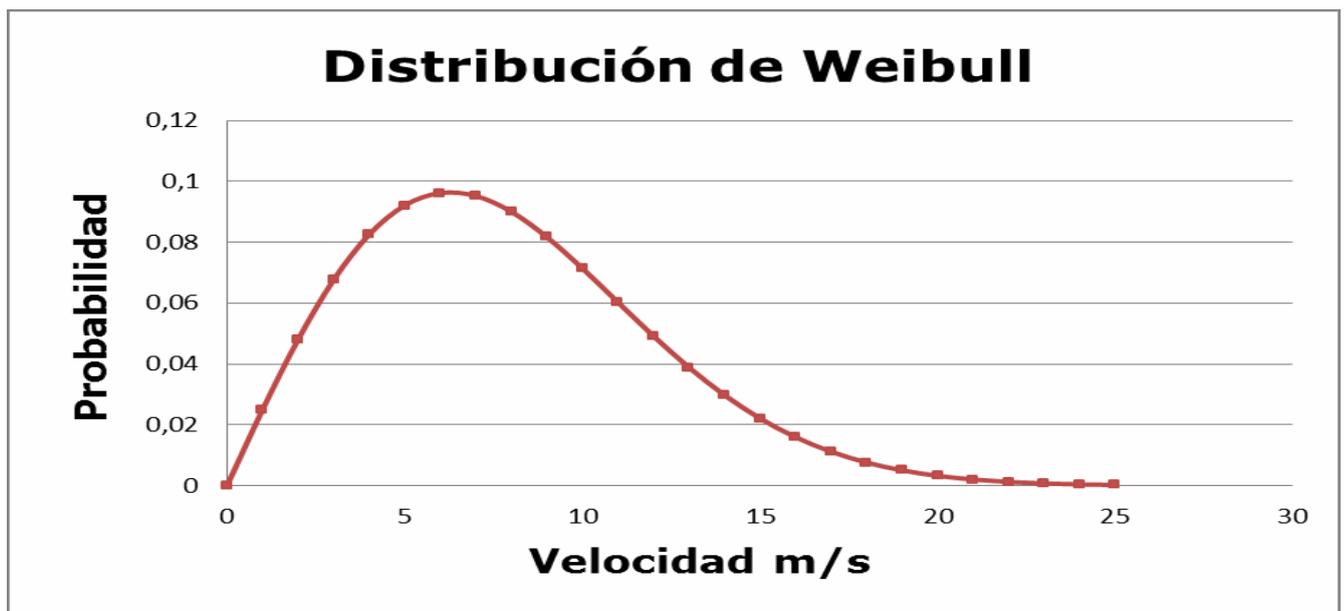
El valor **c** lo iremos variando hasta que la velocidad media de la distribución (la suma de cada velocidad por su probabilidad), sea 7.88 m/s (la velocidad media calculada en el estudio de viento).

En la tabla que tenemos a continuación, se puede observar la probabilidad que hay de la velocidad de los vientos. Esta probabilidad sigue una Distribución de Weibull, así como su gráfica.[8]

K	c	Velocidad m/s	Probabilidad	V*Probabilidad
2	8,9	0	0	0
		1	0,024932576	0,024932576
		2	0,048011877	0,096023753
		3	0,067612317	0,202836952
		4	0,082524859	0,330099436
		5	0,092076624	0,460383122
		6	0,096165562	0,576993369
		7	0,095211553	0,666480874
		8	0,090040778	0,720326224
		9	0,081730425	0,735573821
		10	0,071444301	0,71444301
		11	0,060286625	0,663152879
		12	0,049193145	0,590317736
		13	0,038868349	0,505288537
		14	0,029767649	0,416747082
		15	0,022115963	0,33173945
		16	0,015950233	0,255203735
		17	0,01117282	0,189937936
		18	0,007604796	0,136886319
		19	0,005031577	0,095599969
		20	0,003237058	0,06474115
		21	0,002025554	0,042536644
		22	0,001233065	0,027127425
		23	0,000730405	0,016799324
		24	0,00042107	0,010105688
		25	0,000236279	0,005906974

Velocidad media	7,88
------------------------	-------------

Figura11. Tabla de la distribución de Weibull



Gráfica1. Distribución de Weibull

7.2. POTENCIA DE LA INSTALACIÓN

La potencia se ha sacado en relación a la velocidad, que a su vez ha sido adquirida del catálogo de nuestro aerogenerador, donde hay una gráfica² que nos muestra la potencia que da el aerogenerador para una velocidad determinada. Esta gráfica la hemos pasado a una tabla figura xx para poder calcular la potencia del aerogenerador.

A continuación se ha multiplicado la probabilidad de que se produzca una cierta velocidad por la potencia que dará el aerogenerador a esa velocidad.

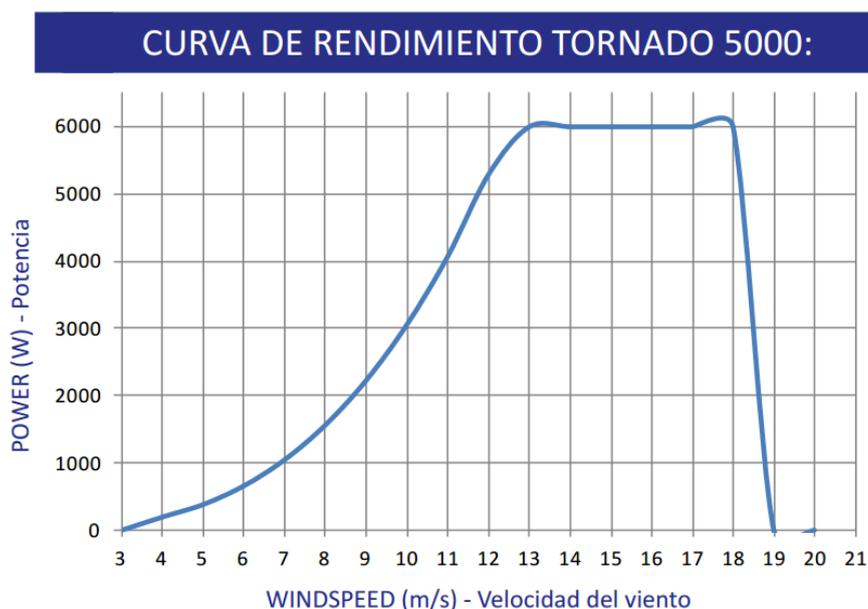
Siendo:

Velocidad (m/s)

Probabilidad $P(u)$

Potencia $P(W)$

Para calcular la potencia del aerogenerador realizamos $P(u)*P(W)$ y sumamos todos los resultados como vemos en la figura 12.



Gráfica2. Curva potencia Aerogenerador

Velocidad m/s	Probabilidad P(u)	Potencia P(W)	P(u)*P(W)
0	0		
1	0,024932576		
2	0,048011877		
3	0,067612317	0	0
4	0,082524859	78,906	6,511706527
5	0,092076624	284,035	26,15298399
6	0,096165562	603,406	58,02687684
7	0,095211553	1000	95,21155339
8	0,090040778	1584,874	142,7032881
9	0,081730425	2246,971	183,6458939
10	0,071444301	3000	214,3329029
11	0,060286625	4000	241,1465016
12	0,049193145	4918,714	241,9670092
13	0,038868349	6000	233,2100942
14	0,029767649	6000	178,6058922
15	0,022115963	6000	132,6957801
16	0,015950233	6000	95,70140076
17	0,01117282	6000	67,03691872
18	0,007604796	6000	45,62877307
19	0,005031577	0	0

Potencia aerogenerador (W)	1962,58
-----------------------------------	----------------

Figura12. Tabla cálculo potencia Aerogenerador

Comprobamos que la suma de todas las probabilidades nos da como resultado 1.

Estas probabilidades han sido halladas como hemos visto en el apartado anterior por medio de una distribución Weibull.

La producción total de potencia, es de 1962,58 W para un solo generador, a continuación vamos a proceder a hallar los datos de toda la instalación.

Una vez hallada la potencia de un aerogenerador, vamos a hallar la energía obtenida en un año. Esta se halla multiplicando la potencia por las horas de trabajo (356*24):

Energía (año – molino) = 1962,58×356×24 = 17.192.200,8 W·h

→17.192.2 Kw·h

Teniendo en cuenta que contamos con 5 aerogeneradores:

Energía de la instalación (año) = 17.192.200,8×5 = 85.961.004 W·h

→**85.961 Kw·h**

Esta que acabamos de obtener, es la energía teórica de la instalación.

Ahora para conseguir la energía real, deberemos aplicarle unos factores de corrección: pérdidas por indisponibilidad de máquinas y subestación = 0,98; pérdidas por transporte = 0,98; pérdidas por mantenimiento = 0,97.

Las pérdidas por indisponibilidad de máquinas y subestación contemplan las posibles averías que sufrirán los aerogeneradores y que impedirán su funcionamiento durante el tiempo que dure la avería. $P_i=0,98$

Las pérdidas por transporte: Son las pérdidas que se producen en la línea de la instalación. Estas pérdidas son básicamente debidas al calor (efecto Joule) por la intensidad que circula por los conductores. $P_t=0,98$

Las pérdidas por mantenimiento contemplan todos los momentos en los que el conjunto no puede estar trabajando debido a una parada para el mantenimiento de cualquiera de sus elementos componentes. Ya sea un mantenimiento preventivo como un mantenimiento estipulado a partir de una serie de horas de trabajo. $P_m=0,97$

Energía Final del parque año Energía = 85.961×0,98×0,98×0,97 = 80.080,23 kw·h

La producción real de energía de nuestra instalación en un año es de

80.080,23 kw·h

8. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA ELÉCTRICO

En este apartado describiremos como conectaremos nuestros aerogeneradores y algunos cálculos eléctricos que nos servirán para el montaje de la instalación.

Tenemos tres opciones de conectar nuestros aerogeneradores, en el apartado de viabilidad económica demostraremos un poco más de detallado y con unos simples cálculos la elección de nuestro sistema.

- Autoconsumo: Los aerogeneradores se conectan en corriente continua a unas baterías, después se conecta a la red interna del edificio, este método consiste en consumir todo lo generado en el edificio, cuando la producción supere a la energía consumida, se irá almacenando en las baterías, para utilizar esa energía cuando haga falta. No hemos elegido este método por varios motivos, nuestra instalación a diferencia por ejemplo de una instalación fotovoltaica, donde se usan bastante, puede estar produciendo durante varios días sin parar, generando potencia continuamente, tenemos el riesgo de que esas baterías se llenen y perdamos energía. Además las baterías actuales son bastante caras y necesitan buen mantenimiento. Por lo que nuestro proyecto no sería viable.
- Conectada a la red: Los aerogeneradores se conectarán a la red eléctrica, vendiendo la energía producida. Esto hace unos años era un buen método ya que había muchas ayudas del gobierno y conseguías vender la energía más cara de la que la comprabas, por lo que seguías comprando la energía a la red y vendías la energía producida por los aerogeneradores. En la actualidad es inviable, el gobierno con sus nuevas leyes están consiguiendo que los años que necesitas para que sea rentable la instalación sean muy elevados, más que la vida útil del aerogenerador. Debes pagar en impuestos y peajes más o menos la mitad de lo obtenido por la venta de la energía.

- Uniendo las dos anteriores: Esta es la mejor de las opciones para que nuestro proyecto sea viable, aunque en la actualidad no está permitido. La energía producida es consumida por el edificio, y cuando la producción de esta energía supere el consumo del edificio, la energía será vendida a la red. Con esto conseguimos no perder nada de energía como veremos en el apartado de viabilidad económica y conseguir que el proyecto sea viable.

8.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO ELEGIDO

El mejor sistema y el único viable ahora mismo sería uniendo tanto el autoconsumo como conectándolo a la red, actualmente no es legal en nuestro país, por lo que dentro de los dos legales nos quedaremos con el sistema eléctrico conectado a la red, ya que como veremos en las conclusiones es posible que sea rentable si el gobierno vuelve a apostar por las energías “limpias” y cambia las leyes, haciendo esta energía accesible para los consumidores.

La energía de nuestros aerogeneradores se inyectará a la red, vendiéndola, y para el consumo seguiremos comprándola sin modificar el circuito. El sistema eléctrico que usaremos para la venta de la energía es bastante simple y es totalmente independiente al ya existente para el consumo.

En primer lugar tenemos cinco aerogeneradores que generan energía en corriente continua, el fabricante nos incluye ya la electrónica de cada aerogenerador, el rectificador, el inversor, el cuadro de protección y frenado, la resistencia de disipación y la resistencia de frenado. Los inversores de cada aerogenerador tienen un sistema de monitorización web, podemos ver su ficha técnica en el Anexo I.

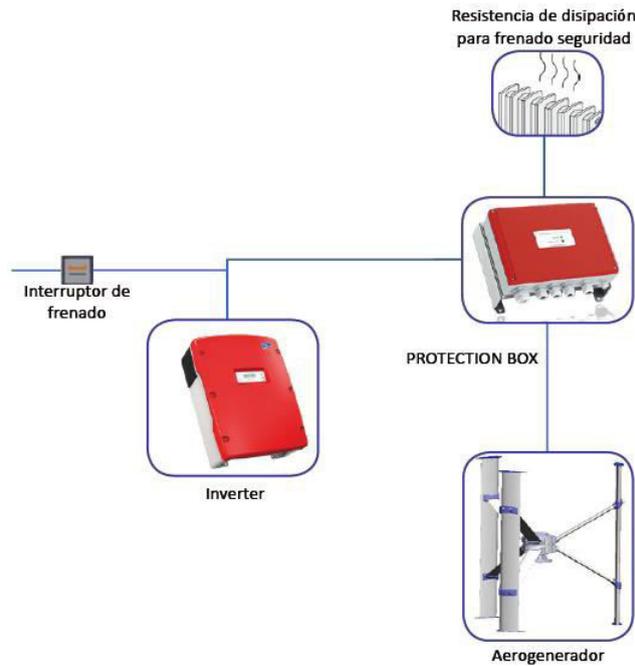


Figura13. Esquema eléctrico del fabricante

Los 5 aerogeneradores con sus sistemas electrónicos serán conectados como se ve en la figura13, esquema proporcionado por el fabricante. Después se conectarán estos cinco circuitos en paralelo en una caja de conexión situada en la cubierta del edificio para posteriormente y ya en corriente alterna monofásica conectarlo al cuadro general.

Como es un circuito independiente tendremos que contactar con la compañía eléctrica para que nos suministre tanto el cuadro general, el contador como la instalación de una nueva acometida, todos estos elementos como son parte de la instalación constituida por la Empresa Suministradora, su diseño debe basarse en las normas particulares de ella.

La acometida alimenta la caja general de protección o unidad funcional equivalente (CGP). Los conductores serán de cobre o aluminio. Esta línea está regulada por la ITC-BT-11.

El circuito tendrá sus protecciones, tanto de corriente continua como de

corriente alterna. Después de cada inversor colocaremos unos interruptores automáticos y diferenciales, esto nos ayudara también si tenemos alguna avería en alguno de nuestros aerogeneradores, para no tener que parar toda la instalación.

También tendremos un interruptor automático y otro diferencial en el cuadro general.

En los siguientes apartados calcularemos las secciones de los conductores, tanto los de corriente continua como los de corriente alterna.

Tanto el cableado en cubierta como el esquema unifilar quedan detallados en los planos VI y VII.

8.2. PUESTAS A TIERRA

Las puestas a tierra se establecen principalmente con objeto de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

La puesta o conexión a tierra es la unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección alguna, de una parte del circuito eléctrico o de una parte conductora no perteneciente al mismo, mediante una toma de tierra con un electrodo o grupo de electrodos enterrados en el suelo.

Mediante la instalación de puesta a tierra se deberá conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima del terreno no aparezcan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de defecto o las de descarga de origen atmosférico.

La elección e instalación de los materiales que aseguren la puesta a tierra deben ser tales que:

- El valor de la resistencia de puesta a tierra esté conforme con las normas de protección y de funcionamiento de la instalación y se mantenga de esta manera a lo largo del tiempo.
- Las corrientes de defecto a tierra y las corrientes de fuga puedan circular sin peligro, particularmente desde el punto de vista de solicitaciones térmicas, mecánicas y eléctricas.
- La solidez o la protección mecánica quede asegurada con independencia de las condiciones estimadas de influencias externas.
- Contemplan los posibles riesgos debidos a electrólisis que pudieran afectar a otras partes metálicas. [9]

8.3. SECCIÓN DE LOS CONDUCTORES

Dividiremos la instalación en dos tramos. El primer tramo constará desde el generador hasta el inversor, en corriente continua y alterna monofásica desde el inversor hasta la caja de conexiones donde conectaremos en paralelo los 5 aerogeneradores y un segundo tramo desde la caja de conexiones hasta el cuadro general, también en corriente alterna monofásica.

Queremos calcular la sección de los cables. Para resolver este cálculo, tenemos que tener en cuenta dos factores.

- Calcular la sección por la caída de tensión máxima permitida. (1% para cada tramo)
- Calcular la sección por la intensidad máxima admisible.

1º- Cuando calculamos la sección por caída de tensión máxima permitida, nos aseguramos que la caída de tensión está dentro de los márgenes correctos, cualquier sección mayor cumplirá con esta condición y cualquier sección inferior no cumplirá, por lo tanto no será válida.

2º- Una vez que hemos calculado la sección por caída de tensión,

tenemos que mirar si la sección es suficiente para la intensidad que circulara por el conductor. Para ello calcularemos la intensidad que circula y se comprueba en las tablas de intensidades máximas admisibles del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión. Hay que tener en cuenta que la intensidad máxima de un conductor no solo depende de la sección del mismo, varía en función del tipo de aislamiento que posea, del modo de instalación, etc. Por esto hay que prestar atención a la tabla para escoger la sección adecuada.

1er Tramo

Desde el generador hasta el inversor, en corriente continua y alterna monofásica desde el inversor hasta la caja de conexiones donde conectaremos en paralelo los 5 aerogeneradores.

Siempre escogeremos la sección más grande para que cumpla con los dos requisitos.

Por caída de tensión:

$$S = \frac{2 \times L \times P}{G \times U \times V}$$

L = Longitud del conductor. Tenemos 3 medidas diferentes ya que algunos aerogeneradores están más cerca de la caja de conexiones 80m, 65m, 45m

P = Potencia (6000 W)

G = Conductividad. Es la inversa de la resistividad. Para cobre $1/0,017$ y para aluminio $1/0,028$

U = Caída de tensión. 1% de 220V; 2,2V

V = Tensión; 220V

$S1 = [2 \times 80 \times 6.000] \setminus [56 \times 2,2 \times 220]$; $S2 = [2 \times 65 \times 6.000] \setminus [56 \times 2,2 \times 220]$; $S3 = [2 \times 45 \times 6.000] \setminus [56 \times 2,2 \times 220]$

$S1 = 35,41 \text{ mm}^2$ - Como esta sección no es comercial, deberemos escoger la sección 50 mm^2 .

$S1 = 31,65 \text{ mm}^2$ - deberemos escoger la sección 35 mm^2 .

$S1 = 19,92 \text{ mm}^2$ - deberemos escoger la sección 25 mm^2 .

			3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR						
A		Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes											
A2		Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes	3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR						
B		Conductores aislados en tubos ²⁾ en montaje superficial o empotrados en obra				3x PVC	2x PVC			3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
B2		Cables multiconductores en tubos ²⁾ en montaje superficial o empotrados en obra		3x PVC	2x PVC			3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR				
C		Cables multiconductores directamente sobre la pared ¹⁾				3x PVC	2x PVC			3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
E		Cables multiconductores al aire libre ¹⁾ Distancia a la pared no inferior a $0,3D^2)$					3x PVC		2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
F		Cables unipolares en contacto mutuo ¹⁾ Distancia a la pared no inferior a $D^1)$						3x PVC			3x XLPE o EPR ¹⁾		
G		Cables unipolares separados mínimo $D^1)$								3x PVC ¹⁾		3x XLPE o EPR	
		mm ²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Cobre		1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	-	18	21	24	-
		2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	-	25	29	33	-
		4	20	21	23	24	27	30	-	34	38	45	-
		6	25	27	30	32	36	37	-	44	49	57	-
		10	34	37	40	44	50	52	-	60	68	76	-
		16	45	49	54	59	66	70	-	80	91	105	-
		25	59	64	70	77	84	88	96	106	116	123	166
		35		77	86	96	104	110	119	131	144	154	206
		50		94	103	117	125	133	145	159	175	188	250
		70				149	160	171	188	202	224	244	321
		95				180	194	207	230	245	271	296	391
		120				208	225	240	267	284	314	348	455
		150				236	260	278	310	338	363	404	525
	185				268	297	317	354	386	415	464	601	
	240				315	350	374	419	455	490	552	711	
	300				360	404	423	484	524	565	640	821	

Figura14. Tabla intensidades admisibles (A) al aire 40° C. Número de conductores con carga y naturaleza del aislamiento.[10]

Ahora comprobamos con el REBT en la ITC 19 figura14, que intensidad soportan dos conductores de PVC de 50, 35, 25 mm² en el interior de tubos en montaje superficial o empotrados en obra.

50 mm² soportan 125 Amperios.

35 mm² soportan 104 Amperios.

25 mm² soportan 84 Amperios.

Calculamos la intensidad que tendrá el cable.

$$I = 6000 / 220 = 27,27 \text{ A}$$

Como vemos la intensidad que circulará por los cables es inferior a las admisibles para cada sección por lo que consideramos las anteriores secciones como correctas para cada longitud.

2º Tramo

Desde la caja de conexiones hasta el cuadro general, en corriente alterna monofásica:

L = Longitud del conductor. 200m

P = Potencia (30000 W)

G = Conductividad. Es la inversa de la resistividad. Para cobre 1/0,017 y para aluminio 1/0,028

U = Caída de tensión. 2% de 220V; 4,4V

V = Tensión; 220V

Mediante la fórmula vista anteriormente calculamos la sección del cable.

$$S = [2 \times 200 \times 30.000] \sqrt{[56 \times 4.4 \times 220]}$$

S = 221,36 mm² - Como esta sección no es comercial, deberemos escoger la sección 240 mm².

Ahora comprobamos como en el tramo anterior la figura14, que intensidad soportan dos conductores de PVC de 240 mm² en el interior de tubos en montaje superficial o empotrados en obra.

240 mm² soportan 350 Amperios. Calculamos la intensidad que tendrá el cable.

$$I = 30000 / 220 = 136,36 \text{ A}$$

Como hemos determinado que la sección de 240 mm² soporta 350 A por lo que nos sirve esta sección de cable para el tramo 2. [11]

Línea	Corriente	Intensidad (A)	Longitud	Sección (mm ²)	C.D.T.
Generador 1-Inversor 1	C.C.	27,27	15m	35	0,20%
Generador 2-Inversor 2	C.C.	27,27	15m	25	0,27%
Generador 3-Inversor 3	C.C.	27,27	15m	25	0,27%
Generador 4-Inversor 4	C.C.	27,27	15m	35	0,20%
Generador 5-Inversor 5	C.C.	27,27	15m	50	0,10%
Inversor 1-Caja de conexiones	C.A.	27,27	50m	35	0,64%
Inversor 2-Caja de conexiones	C.A.	27,27	30m	25	0,53%
Inversor 3-Caja de conexiones	C.A.	27,27	30m	25	0,53%
Inversor 4-Caja de conexiones	C.A.	27,27	50m	35	0,64%
Inversor 5-Caja de conexiones	C.A.	27,27	65m	50	0,58%
Caja de conexiones-Cuadro general	C.A.	136,36	200m	240	1,85%

9. VIABILIDAD ECONÓMICA DEL PROYECTO

Para ver la viabilidad económica de nuestro proyecto, recurriremos a las técnicas del VAN y el TIR, estas dos técnicas financieras nos van a permitir evaluar la rentabilidad de un proyecto de inversión. En nuestro caso es un proyecto que no necesitamos mucha rentabilidad, ya que la Universidad de Cantabria no necesita ganancias con este proyecto, solamente que sea viable, ya que estamos ayudando al medio ambiente con la generación de energía eólica.

Para nuestros cálculos tendremos unos flujos de caja anuales. Tendremos como gastos los producidos por el mantenimiento de los aerogeneradores, 1000 Euros anuales y unos beneficios.

En este apartado veremos las diferencias económicas hay entre el sistema de conexión a la red y el mixto. El sistema de autoconsumo con baterías lo hemos descartado. Tiene muchos inconvenientes técnicos y económicos lo primero es que necesitaríamos una gran cantidad de baterías las cuales, aún así pueden llenarse y estaríamos perdiendo energía, el desembolso inicial sería mucho mayor, sabiendo que la vida útil de las baterías actuales y su rendimiento es muy bajo además necesitarían de un mantenimiento exhaustivo.

Beneficios

Nuestra energía dependiendo de la conexión será:

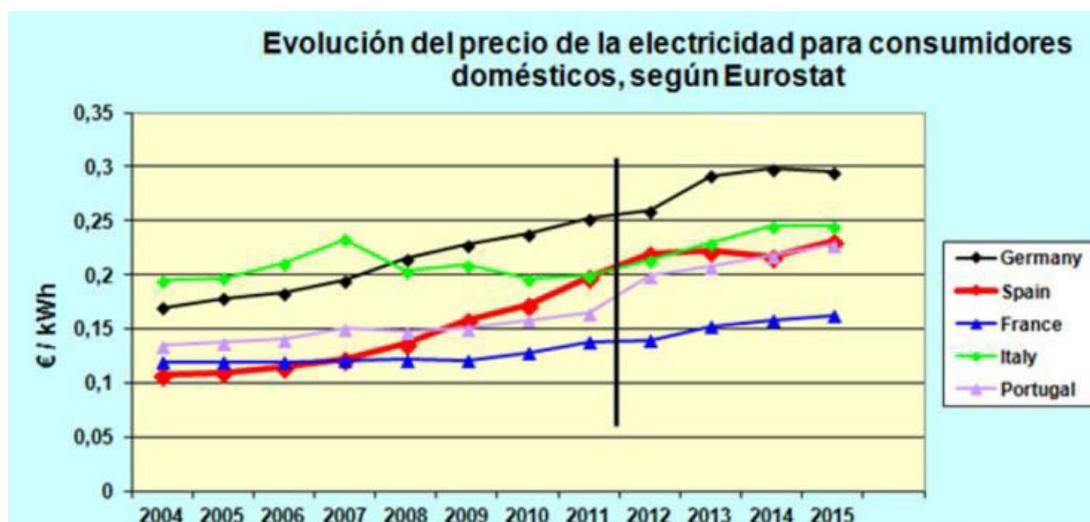
- Vendida a la red (conexión a red)
- Consumida por la universidad, y cuando produzcamos más de lo que consumimos la venderemos a la red eléctrica (conexión mixta)

Para nuestros cálculos haremos que la mitad de la energía es consumida y la otra mitad vendida.

Como vemos en la gráfica3, datos sacados de Eurostat, el precio al que compramos la electricidad está aumentando, para los cálculos cogeremos el dato de 2015, 0,23 Euros/kWh, sabiendo que si sigue aumentando el precio de la electricidad nuestra instalación será cada vez más rentable.

Para el precio de venta, con la nueva normativa no hay ningún incentivo por vender energía limpia, se vende al mercado, actualmente está en unos 0,10 Euros/kWh, pero con los peajes que hay que pagar calculamos que nos pagaran 0,06 Euros/kWh.

El precio que usaremos para nuestros cálculos será 0,06 Euros/kWh, en el caso de venta a la red (conexión a red) y la media del precio de compra 0,23 Euros/kWh y el de venta 0,06 Euros/kWh, 0,145Euros/kWh para la conexión mixta.[12]



Gráfica3. Evolución del precio de la electricidad[13]

9.1. VAN

La primera técnica que usaremos será la del VAN (Valor Actual Neto) este indicador financiero nos ayudará a ver si nuestro proyecto es viable.

La fórmula del VAN es:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n}$$

Donde I_0 es el dinero invertido, F_t es el valor actual del flujo de caja en cada año y k es el la tasa de interés, oportunidad, rendimiento o rentabilidad mínima, que se espera ganar.

En nuestro caso la tasa será de un 1% ya que necesitamos un margen de ganancia, debido a posibles fluctuaciones del precio de la energía, de mantenimiento de la instalación y fallos en ella.

A continuación nos encontraremos dos tablas, la primera es el cálculo del VAN para la conexión mixta, que como vemos económicamente es viable aunque legalmente no lo es.

La segunda muestra el van para la conexión a la red, viendo que para el precio de venta actual de la energía no es para nada viable. En los 25 años de vida de los aerogeneradores tendríamos unas pérdidas de más de 100000 Euros.

Año	Flujo saliente	Flujo entrante	Flujo de caja neto	Precio medio de la energía (Euros)	Kw vendidos
0	-185282,23		-185282,23		
1	1000	4804,81	3804,81	0,06	80080,23
2	1000	4804,81	3804,81	0,06	80080,23
3	1000	4804,81	3804,81	0,06	80080,23
4	1000	4804,81	3804,81	0,06	80080,23
5	1000	4804,81	3804,81	0,06	80080,23
6	1000	4804,81	3804,81	0,06	80080,23
7	1000	4804,81	3804,81	0,06	80080,23
8	1000	4804,81	3804,81	0,06	80080,23
9	1000	4804,81	3804,81	0,06	80080,23
10	1000	4804,81	3804,81	0,06	80080,23
11	1000	4804,81	3804,81	0,06	80080,23
12	1000	4804,81	3804,81	0,06	80080,23
13	1000	4804,81	3804,81	0,06	80080,23
14	1000	4804,81	3804,81	0,06	80080,23
15	1000	4804,81	3804,81	0,06	80080,23
16	1000	4804,81	3804,81	0,06	80080,23
17	1000	4804,81	3804,81	0,06	80080,23
18	1000	4804,81	3804,81	0,06	80080,23
19	1000	4804,81	3804,81	0,06	80080,23
20	1000	4804,81	3804,81	0,06	80080,23
21	1000	4804,81	3804,81	0,06	80080,23
22	1000	4804,81	3804,81	0,06	80080,23
23	1000	4804,81	3804,81	0,06	80080,23
24	1000	4804,81	3804,81	0,06	80080,23
25	1000	4804,81	3804,81	0,06	80080,23

VAN	-101.488,22 €
------------	----------------------

Figura16 Cálculo flujo de caja y VAN (conexión a red)

Para este precio de venta de la energía necesitaríamos 68 años para amortizar el desembolso inicial.

Un dato que creemos muy importante es el precio de venta que necesitaríamos para que nuestra instalación sea rentable. Como vemos en la figura17 sería de 0,118 Euros.

Año	Flujo saliente	Flujo entrante	Flujo de caja neto	Precio medio de la energía (Euros)	Kw vendidos
0	-185282,23		-185282,23		
1	1000	9449,47	8449,47	0,118	80080,23
2	1000	9449,47	8449,47	0,118	80080,23
3	1000	9449,47	8449,47	0,118	80080,23
4	1000	9449,47	8449,47	0,118	80080,23
5	1000	9449,47	8449,47	0,118	80080,23
6	1000	9449,47	8449,47	0,118	80080,23
7	1000	9449,47	8449,47	0,118	80080,23
8	1000	9449,47	8449,47	0,118	80080,23
9	1000	9449,47	8449,47	0,118	80080,23
10	1000	9449,47	8449,47	0,118	80080,23
11	1000	9449,47	8449,47	0,118	80080,23
12	1000	9449,47	8449,47	0,118	80080,23
13	1000	9449,47	8449,47	0,118	80080,23
14	1000	9449,47	8449,47	0,118	80080,23
15	1000	9449,47	8449,47	0,118	80080,23
16	1000	9449,47	8449,47	0,118	80080,23
17	1000	9449,47	8449,47	0,118	80080,23
18	1000	9449,47	8449,47	0,118	80080,23
19	1000	9449,47	8449,47	0,118	80080,23
20	1000	9449,47	8449,47	0,118	80080,23
21	1000	9449,47	8449,47	0,118	80080,23
22	1000	9449,47	8449,47	0,118	80080,23
23	1000	9449,47	8449,47	0,118	80080,23
24	1000	9449,47	8449,47	0,118	80080,23
25	1000	9449,47	8449,47	0,118	80080,23

VAN	801,70 €
------------	-----------------

Figura16 Cálculo flujo de caja y VAN con precio hipotético de 0,118 Euros (conexión a red)

9.2. TIR

La Tasa Interna de Retorno es un indicador de la rentabilidad de un proyecto, que se lee a mayor TIR, mayor rentabilidad. Por esta razón, se utiliza para decidir sobre la aceptación o rechazo de un proyecto de inversión.

Para ello, la TIR se compara con una tasa mínima o tasa de corte,

que será el coste de oportunidad de la inversión, en nuestro caso un 1% como hemos visto antes. Si la tasa de rendimiento del proyecto, expresada por

la TIR, supera la tasa de corte, se acepta la inversión; en caso contrario, se rechaza.

La fórmula es igual que la del VAN lo único que vamos a hacer es que el VAN sea igual a 0 y ver cuál es la k.[14]

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n}$$

Año	Flujo saliente	Flujo entrante	Flujo de caja neto
0	-185282,23		-185282,23
1	1000	11611,63	10611,63
2	1000	11611,63	10611,63
3	1000	11611,63	10611,63
4	1000	11611,63	10611,63
5	1000	11611,63	10611,63
6	1000	11611,63	10611,63
7	1000	11611,63	10611,63
8	1000	11611,63	10611,63
9	1000	11611,63	10611,63
10	1000	11611,63	10611,63
11	1000	11611,63	10611,63
12	1000	11611,63	10611,63
13	1000	11611,63	10611,63
14	1000	11611,63	10611,63
15	1000	11611,63	10611,63
16	1000	11611,63	10611,63
17	1000	11611,63	10611,63
18	1000	11611,63	10611,63
19	1000	11611,63	10611,63
20	1000	11611,63	10611,63
21	1000	11611,63	10611,63
22	1000	11611,63	10611,63
23	1000	11611,63	10611,63
24	1000	11611,63	10611,63
25	1000	11611,63	10611,63

TIR	3%
------------	-----------

Figura18. Cálculo flujo de caja y TIR
(conexión mixta)

Año	Flujo saliente	Flujo entrante	Flujo de caja neto
0	-185282,23		-185282,23
1	1000	4804,81	3804,81
2	1000	4804,81	3804,81
3	1000	4804,81	3804,81
4	1000	4804,81	3804,81
5	1000	4804,81	3804,81
6	1000	4804,81	3804,81
7	1000	4804,81	3804,81
8	1000	4804,81	3804,81
9	1000	4804,81	3804,81
10	1000	4804,81	3804,81
11	1000	4804,81	3804,81
12	1000	4804,81	3804,81
13	1000	4804,81	3804,81
14	1000	4804,81	3804,81
15	1000	4804,81	3804,81
16	1000	4804,81	3804,81
17	1000	4804,81	3804,81
18	1000	4804,81	3804,81
19	1000	4804,81	3804,81
20	1000	4804,81	3804,81
21	1000	4804,81	3804,81
22	1000	4804,81	3804,81
23	1000	4804,81	3804,81
24	1000	4804,81	3804,81
25	1000	4804,81	3804,81

TIR	-5%
------------	------------

Figura19. Cálculo flujo de caja y TIR (conexión a red)

Como vemos la conexión mixta pasa el corte del 1% en cambio la conexión a red no es que no llegue al 1% sino que es negativa.

10. MONTAJE Y OBRAS A REALIZAR

Antes de que lleguen los aerogeneradores, tenemos que realizar cinco cortes, uno por cada emplazamiento, de elementos de acabado de la cubierta, impermeabilización y de las pendientes que tiene la cubierta como vemos en el plano IV, hasta llegar a la cara superior del forjado de hormigón. Las dimensiones de esos cortes serán de 1mx1m.

Después de un escarificado de la cara superior del forjado de hormigón y limpieza de las superficies, se procederá a la ejecución de los dados de hormigón armado de dimensiones 1mx1mx0,4.

Al haber cortado la cubierta deberemos reponer y rematar la formación de pendientes y de elementos de impermeabilización contra los nuevos dados de hormigón para el soporte de los aerogeneradores.

Cuando lleguen los aerogeneradores se subirán los mástiles, plano V, anclándolos a la base de hormigón, para más tarde subir la turbina todo ello mediante una grúa autopropulsada. Se colocarán cuatro tensores para estabilizar cada mástil de los aerogeneradores. Compuestos de cable de acero galvanizado en caliente de diámetro 4mm, dispositivo de tensado y anclajes a cubierta y mástil.

Luego se procederá a la colocación de los sistemas de protección contra el rayo y de todos los elementos tanto eléctricos como electrónicos, por último se hará una alineación de los elementos mecánicos, unas pruebas y una puesta en marcha.

11. SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA EL RAYO

El sistema de protección contra el rayo constará en tres puntas captadoras colocadas una en cada turbina de los extremos y otra en la central.

Se colocará sobre la cubierta y hasta las puntas captadoras un cable de acero galvanizado en caliente de diámetro 8mm. Estos cables irán conectados a la red de tierra existente en la cubierta mediante grapas de atado.

12. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

La instalación se operara autónomamente y se podrá controlar la producción de energía instantánea a través de un ordenador.

El mantenimiento representa una inversión que a mediano y largo plazo acarreará ganancias para el empresario, menos averías, mayor eficiencia...

Se dividirá en dos tipos:

Mantenimiento preventivo: Son inspecciones programadas de mantenimiento. En la programación de estas intervenciones es recomendable seguir las indicaciones del fabricante. Este mantenimiento ayudará a prevenir averías y que los aerogeneradores produzcan energía con gran eficiencia.

Mantenimiento correctivo: Este es el mantenimiento que se lleva a cabo una vez que ya se ha producido el fallo en el sistema. Por ello, es recomendable realizar un buen mantenimiento preventivo para no tener

que llegar a la realización de este mantenimiento. Aun llevando a cabo un mantenimiento preventivo correcto, al estar funcionando el aerogenerador en condiciones externas difíciles de controlar. Son intervenciones no programadas o de emergencia. Las intervenciones de mantenimiento correctivo las realizará personal cualificado para realizar tal fin.

13. PLANIFICACIÓN

Como se puede observar en el diagrama de Gantt del Anexo III, después de la aprobación de la inversión y el lanzamiento del proyecto, se empezará con la fabricación de los aerogeneradores y tramitando los permisos de obra.

Cuando tengamos los permisos de obra se empezarán a hacer las obras sobre la cubierta.

Antes de acabar con la fabricación de los últimos aerogeneradores, se irán transportando, para conseguir tener todos dispuestos cerca de la universidad.

Al acabar las obras sobre la cubierta y con todas las turbinas y mástiles cerca del emplazamiento, comenzaremos el montaje mecánico con una grúa autopropulsada.

Posteriormente se harán las instalaciones eléctricas y las puestas a tierra.

Por último se harán las pruebas necesarias para el correcto funcionamiento de la instalación.

14. PRESUPUESTO

Como se indica en el documento 4 del presente proyecto, el valor total del presupuesto de ejecución por contrata sin IVA de la instalación eólica asciende a **Ciento ochenta y cinco mil doscientos ochenta y dos con veintitrés Euros (185.282,23 €)**.

15. CONCLUSIONES

Como comentamos nada más empezar el proyecto, este iba a consistir en ver la viabilidad tanto técnica como económica de la instalación en la cubierta de la Escuela Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación de aerogeneradores de eje vertical para producción eléctrica.

Como hemos ido viendo y calculando en todos los capítulos anteriores, nuestra instalación constará de 5 aerogeneradores de eje vertical Tornado 5000 de la marca Technowind, se emplazarán en la dirección NE-SW con un mástil de 6 metros anclado a unos cubos de hormigón y con unos tensores en la parte alta de la cubierta de la Escuela Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación de Santander.

Estos aerogeneradores nos suministrarán 30000 W a su máxima potencia y estarán colocados en paralelo con su respectiva electrónica y sus protecciones.

En estos momentos nos es imposible realizar nuestro proyecto, debido a que económicamente es inviable, después de estudiar las diferentes formas para conseguir que nuestro proyecto sea viable, hemos comprobado que en nuestro país desde hace unos años atrás, hemos dado un paso hacia atrás en la búsqueda de un mundo con una energía más limpia, poniendo trabas a

los posibles impulsores de esta energía, en nuestro caso el pequeño consumidor.

Nos hemos encontrado con tres opciones para el conexionado eléctrico de nuestros aerogeneradores, las cuales hemos estudiado tanto técnica como económicamente. La única conexión eléctrica viable económicamente es un conexionado eléctrico con un contador bidireccional que nos permita tanto consumir la energía de los aerogeneradores como venderla a la red. Pero en estos momentos en nuestro país no está permitido.

Una de las opciones legalmente permitida y en la que nos hemos basado para elaborar este proyecto, debido que técnicamente como económicamente el conectar los aerogeneradores con baterías no es una opción en la que nos podamos apoyar, es en vender la energía a la red. Como vemos en el estudio económico en estos momentos no es viable, necesitaríamos vender la energía a 0,118 Euros el Kw, hace unos años, el marco regulatorio primaba a las instalaciones de este tipo que generaban menos de 50 MW, se vendía a un precio superior que la del mercado y esto hacía que este tipo de proyectos fueran viables, con la legislación actual la energía no sólo es vendida al mercado sin ningún incentivo, sino que debemos de pagar un "peaje de respaldo", casi el 50%, que nos deja sin margen para que la instalación sea rentable.

En todo caso hemos dejado la instalación preparada en este proyecto por si la legislación cambia, debemos recordar que para llevar este proyecto a cabo necesitamos vender la energía a más de 0,118 Euros el Kw, en estos momentos necesitaríamos que el precio de la energía fuese el doble del actual, por lo que tan sólo nos queda esperar a que el gobierno vuelva a apostar por este tipo de energía, una energía en la que nuestro país ha estado ayudando durante muchos años y que ahora mismo nos hemos quedado un poco rezagados con respecto a otros países que siguen impulsándola.

16. BIBLIOGRAFÍA

- [1] <http://masdehistoria.blogspot.com.es/2009/10/el-origen-de-la-palabra-eolico.html>
- [2] <http://www.acciona.com/es/energias-renovables/energia-eolica/>
- [3] <http://www.renovablesverdes.com/aerogeneradores-verticales/>
- [4] http://opex-energy.com/eolica/tipos_aerogeneradores.html
- [5] http://ocw.uc3m.es/ingenieria-electrica/operacion-y-control-de-sistemas-electricos/II_OCSE_RT.pdf Pablo Ledesma
- [6] <http://www.minetur.gob.es/es-ES/Paginas/index.aspx>
- [7] Wind Farm-Technical Regulations, Potential Estimation and Siting Assessment. Intech Gastón Orlando
- [8] Aplicaciones de la distribución Weibull en ingeniería. Raquel Salazar Moreno, Abraham Rojano Aguilar, Esther Figueroa Hernández, Francisco Pérez Soto
- [9] ITC Baja Tensión
- [10] ITC Baja Tensión 18
- [11] Apuntes de Sistemas de Potencia 3º Universidad de Cantabria Industriales. Alfredo Madrazo
- [12] Datos energéticos de Eurostat.
- [13] <http://www.ree.es/es>
- [14] Matemáticas Financieras, Eduardo Court M., César Aching G. y Jorge L. Aching Samatelo, CENGAGE Learning, 2009

ANEXO I

Aerogenerador de eje vertical Tornado 5000

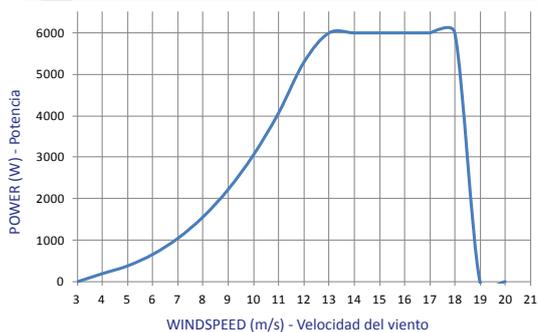
- Robusto y silencioso.
- Funciona en cualquier dirección de viento.
- Diseñado con las herramientas más sofisticadas para optimizar su vida y rendimiento.
- Especialmente adaptado a zonas urbanas, debido al bajo nivel de ruido.
- Diseño atractivo.
- Bajo impacto visual.
- Distintas opciones de montaje, torres a varias alturas, altura estándar 11m, posibilidad de instalar en cubiertas, sistema trípode 6m.



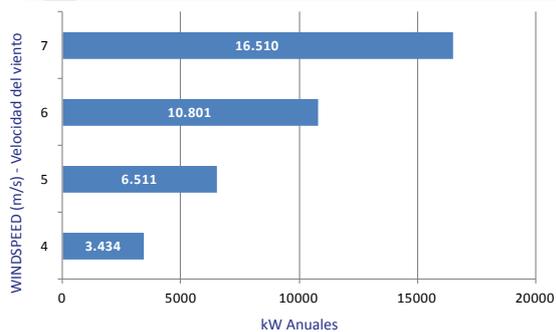
FICHA TÉCNICA

Eje:	Vertical
Altura del rotor:	5m
Peso:	1000kg.
Velocidad rotor:	90rpm
Voltios:	220V / 48V
Potencia Máxima:	6000W
Potencia Nominal:	4000W
Producción mensual:	300KW
Temperatura trabajo:	-20°C / 60°C

CURVA DE RENDIMIENTO TORNADO 5000:

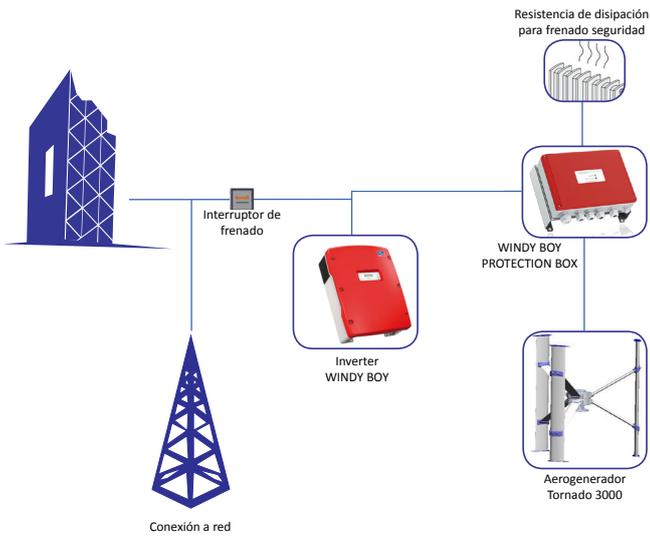


CURVA DE PRODUCCIÓN TORNADO 5000:

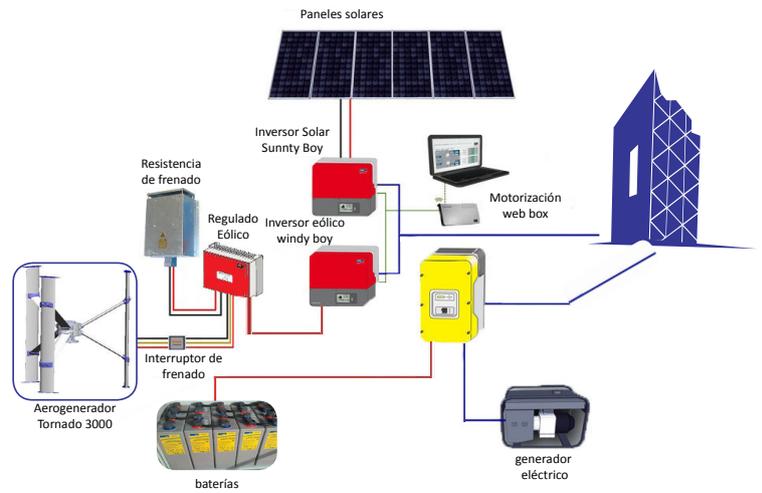


INSTALACIÓN

ON GRID



OFF GRID



UBICACIÓN Y COLOCACIÓN RECOMENDADA

Para evitar interferencias y mejorar eficiencia

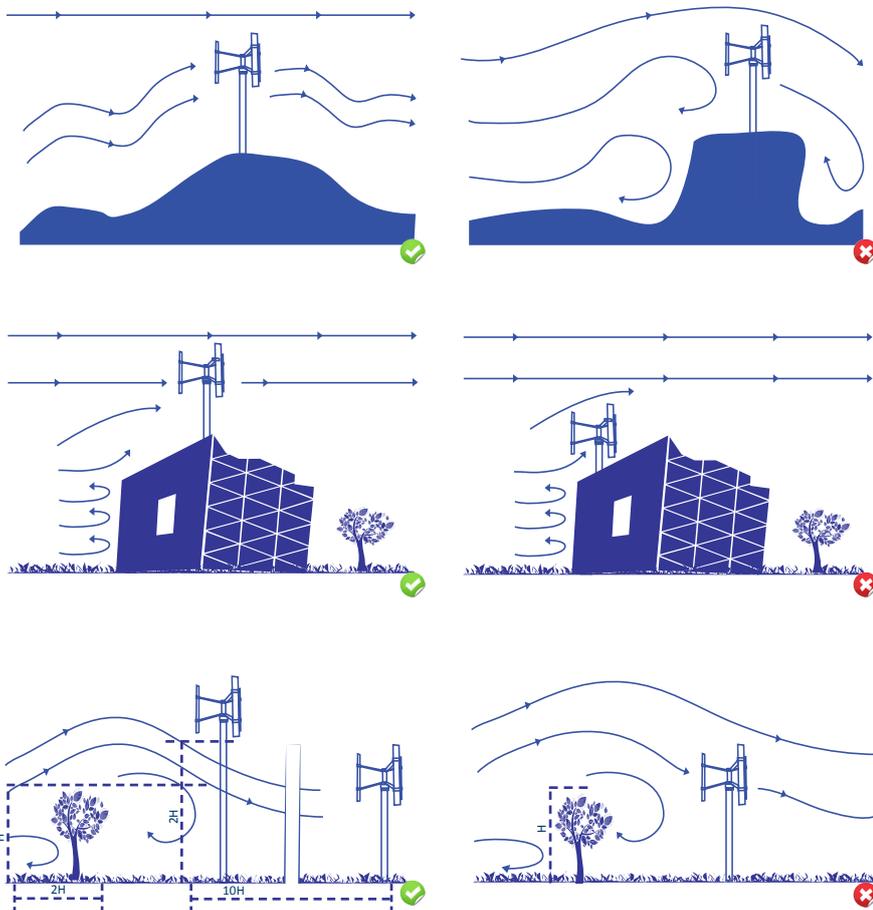


ABB small wind inverters

PVI-6000-TL-OUTD-W

6 kW



The PVI-6000-TL-W is ABB's most used small wind turbine inverter. It is designed with proven high performance technology. This dual stage transformerless wind inverters offers a unique combination of high efficiency, installer-friendly design and very wide input voltage range ensuring high energy harvesting.

The high speed and precise power curve tracking algorithm allows to best match the power curve of each turbine.

Efficiency of up to 97%

The PVI-6000-TL-W features an high efficiency up to 97 percent thanks to transformerless technology.

It has power curve customization with high granularity, up to 16-point, for high production yield.

It is a sealed unit to withstand harsh environmental conditions.

Highlights

- Single phase output
- Power curve customization
- Wide input voltage range
- Transformerless technology
- Field-selectable standard grid settings

Additional highlights

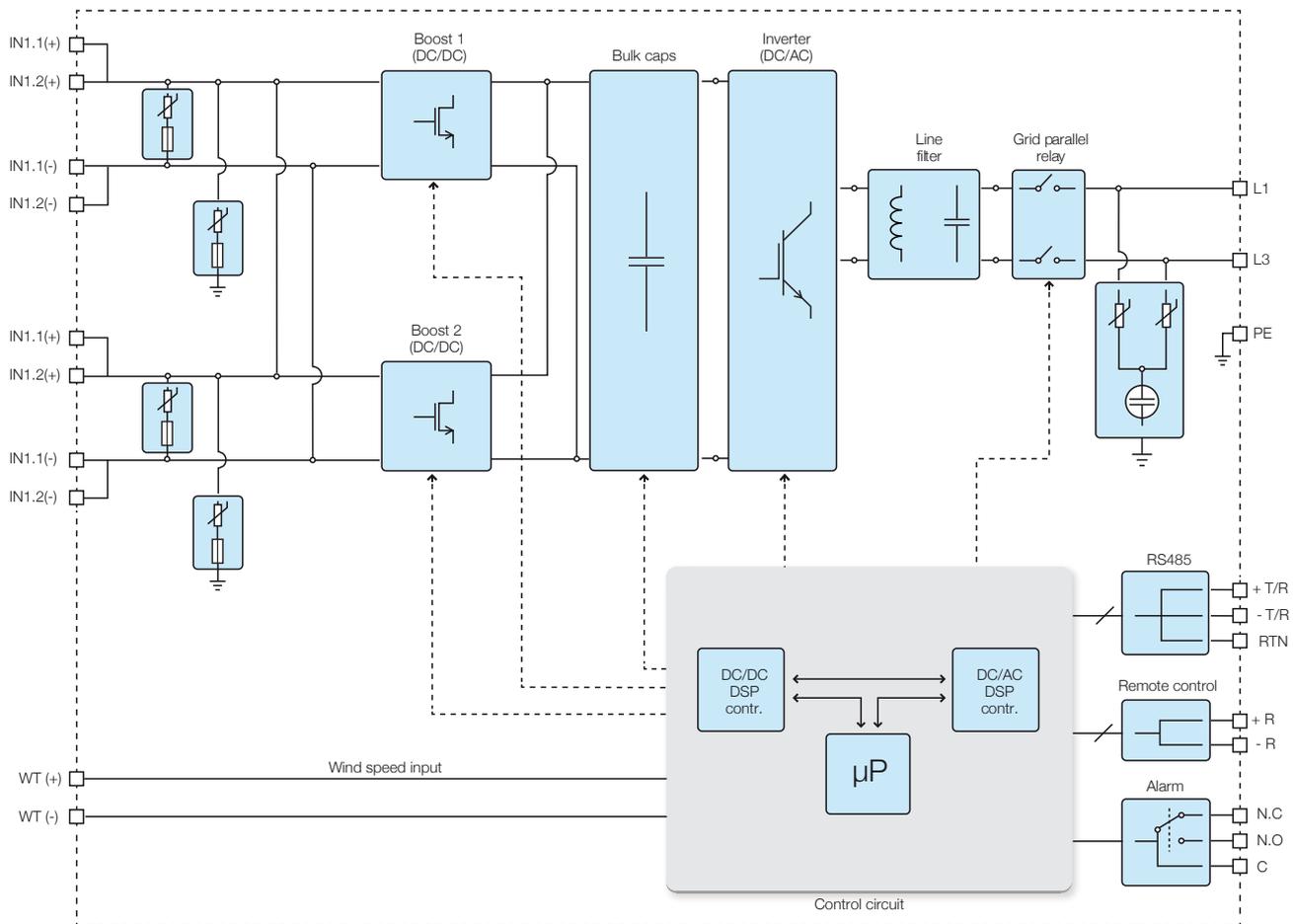
- Flexible data monitoring options to view inverter performance
- Compatible with ABB 7200-WIND-INTERFACE
- Compatible with ABB 15/25kW-WIND-INTERFACE



Technical data and types

Type code	PVI-6000-TL-OUTD-W
Input side	
Maximum absolute DC input voltage ($V_{max,abs}$)	600 V
Operating DC Input voltage range ($V_{demin}...V_{dcmx}$)	50...580 V
DC input voltage range at P_{acr} ($V_{rp,min}...V_{rp,max}$)	180...530 V
Rated DC input voltage (V_{dcr})	360 V
Dc power limitation	Linear derating from Max to Null [$530V \leq V_{dcs} \leq 580V$]
Maximum DC input current (I_{dcmx})	36 A
Maximum input short circuit current	44 A
DC connection type	Screw terminal block
Input protection	
Reverse polarity protection	Yes, from limited current source
Input over voltage protection - varistor	4
Generator isolation control	According to local standard
Output side	
AC grid connection	Single phase
Rated AC power ($P_{acr} @ \cos\phi=1$)	6000 W
Maximum AC output power ($P_{acmax} @ \cos\phi=1$)	6000 W
Maximum apparent power (S_{max})	6670 VA
Rated grid AC voltage (V_{acr})	230 V
AC voltage range	180...264 V ⁽¹⁾
Maximum output AC current ($I_{ac,max}$)	30 A
Contributory fault current	40.0 A
Rated frequency (f_r)	50 Hz / 60 Hz
Frequency range ($f_{min}...f_{max}$)	47...53 Hz / 57...63 Hz ⁽²⁾
Nominal power factor and adjustable range	> 0.995, adj. ± 0.9 with $P_{acr}=6.0$ kW
Total harmonic distortion	< 3.5 %
AC connection type	Screw terminal block
Output protection	
Anti-islanding protection	According to local standard
Maximum AC overcurrent protection	40.0 A
Output over voltage protection - varistor	2 (L-N/L-PE)

Block diagram of PVI-6000-TL-OUTD-W



Technical data and types

Type code

PVI-6000-TL-OUTD-W

Operating performance

Maximum efficiency (η_{max})	97.0%
Stand-by consumption	< 8W
Feed in power threshold	10.0 W

Communication

Wired local monitoring	PVI-USB-RS232_485 (opt.)
Remote monitoring	VSN300 Wifi Logger Card ⁽³⁾ (opt.), PVI-AEC-EVO (opt.), VSN700 Data Logger (opt.)
Wireless local monitoring	VSN300 Wifi Logger Card ⁽³⁾ (opt.)
User interface	16 characters x 2 lines LCD display

Environmental

Ambient temperature range	-25...+ 60°C (-13...140°F) with derating above 50°C (122°F)
Noise emission	< 50 dB(A)
Maximum operating altitude without derating	2000 m (6560 ft)

Physical

Environmental protection rating	IP 65
Cooling	Natural
Dimension (H x W x D)	810 mm x 325 mm x 218 mm (31.9 in x 12.8 in x 8.6 in)
Weight	< 26 kg (57.3 lb)

Safety

Isolation level	Transformerless
Marking	CE (50 Hz only)
Safety and EMC standard	EN62109-1, EN62109-2, AS/NZS3100, AS/NZS 60950, EN61000-6-1, EN61000-6-3, EN61000-3-11, EN61000-3-12
Grid standard	CEI 0-21, VDE 0126-1-1, G59/3, EN 50438 (not for all national appendices), RD1699, AS 4777, C10/11, IEC 61727, ABNT NBR 16149, CLC/FprTS 50549

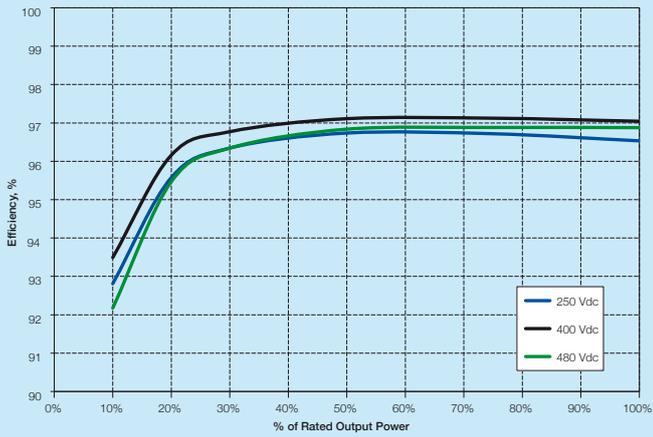
Available products variants

Standard	PVI-6000-TL-OUTD-W
----------	--------------------

1. The AC voltage range may vary depending on specific country grid standard
2. The Frequency range may vary depending on specific country grid standard
3. Check availability before to order

Remark. Features not specifically listed in the present data sheet are not included in the product

Efficiency curves of PVI-6000-TL-OUTD-W



Support and service

ABB supports its customers with a dedicated, global service organization in more than 60 countries and strong regional and national technical partner networks providing the complete range of life cycle services.

For more information please contact your local ABB representative or visit:

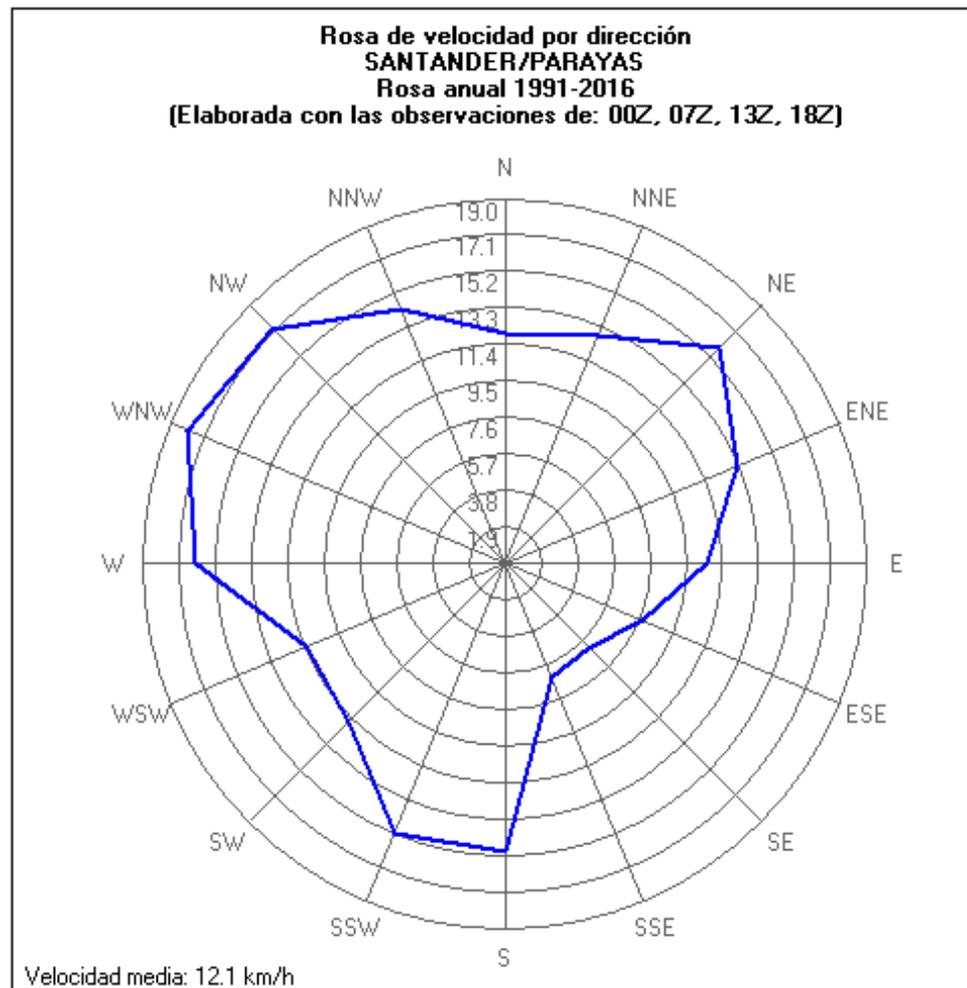
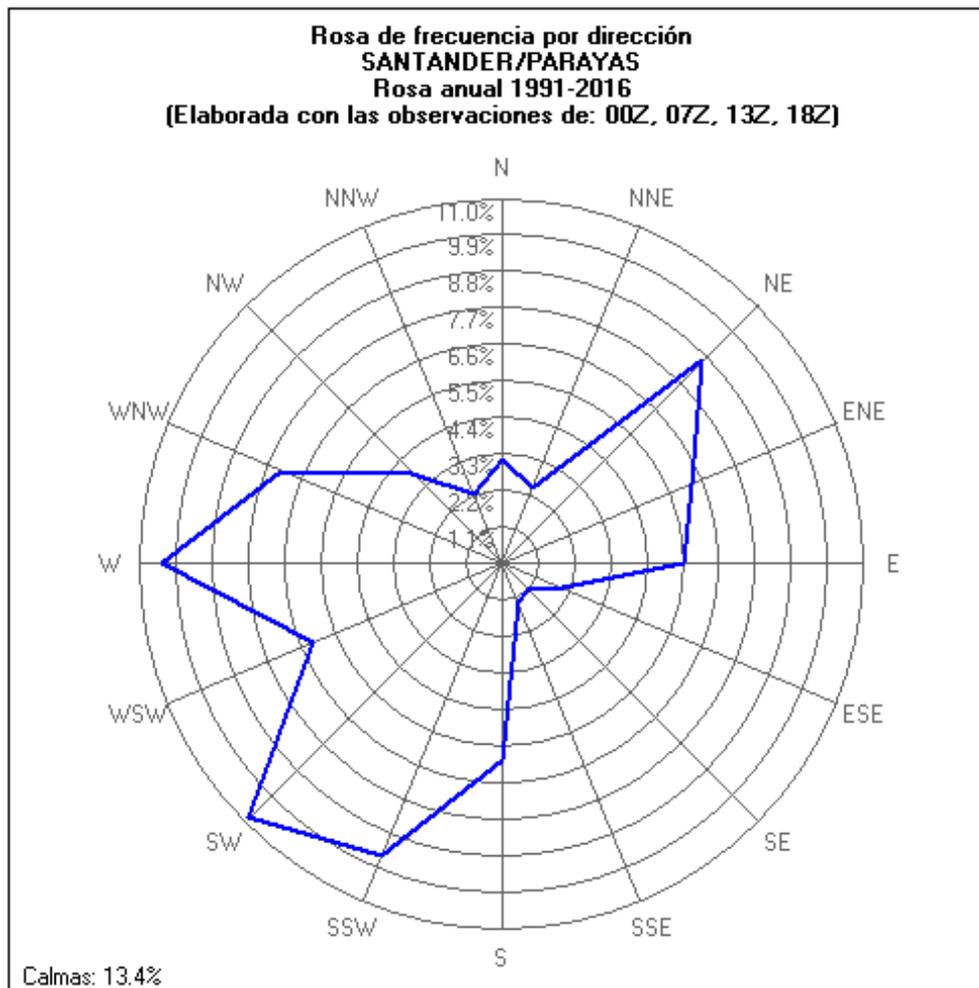
www.abb.com/converters-inverters

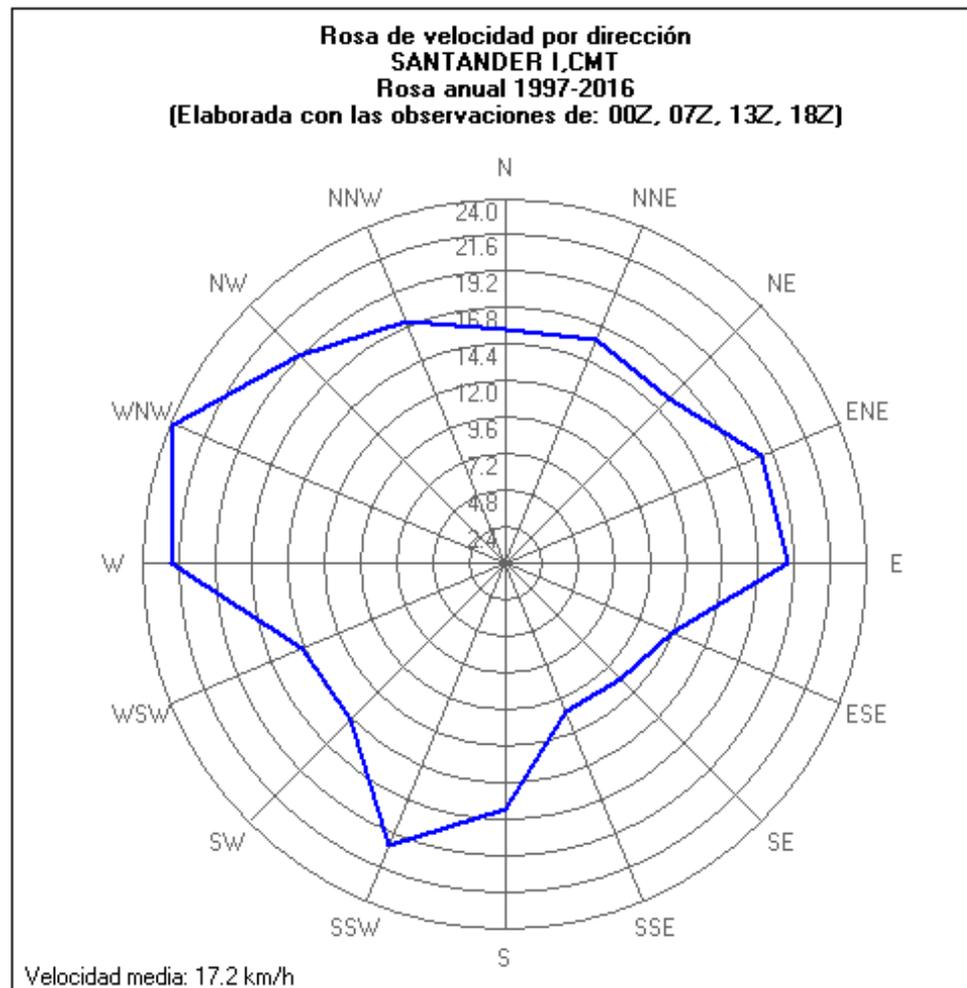
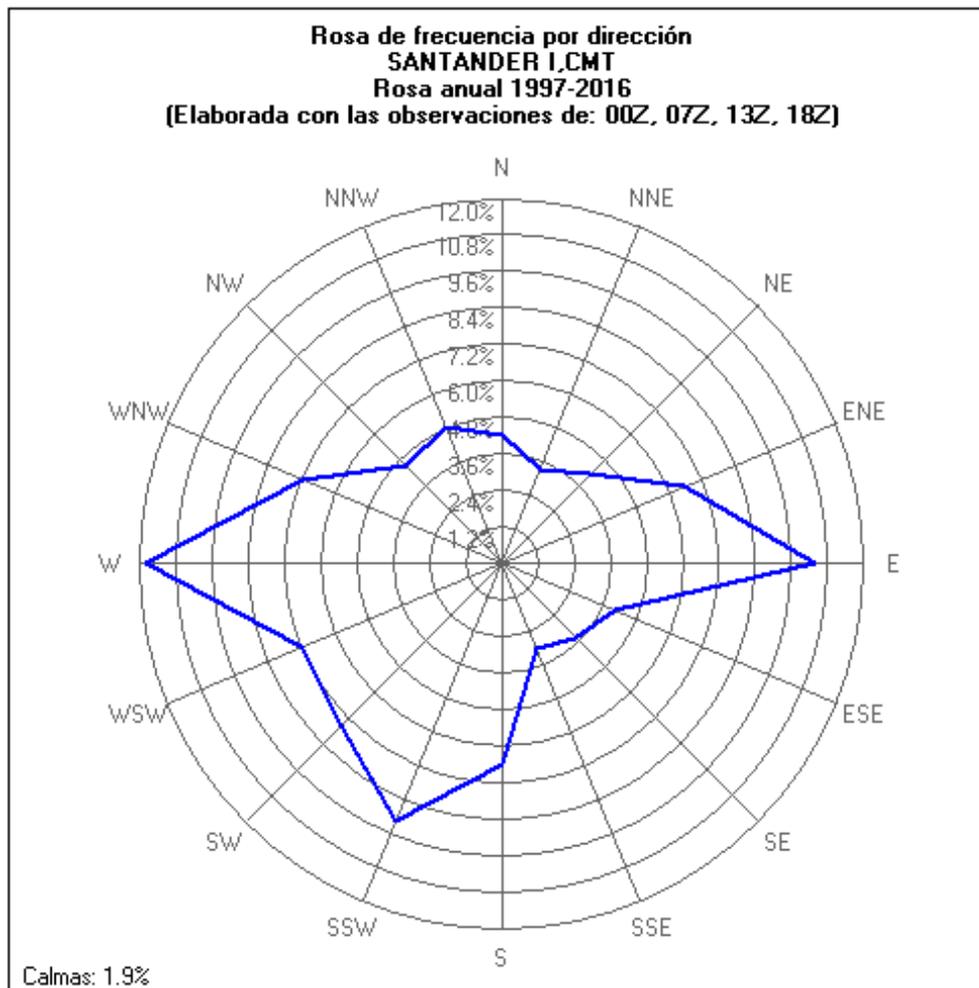
www.abb.com/windpower

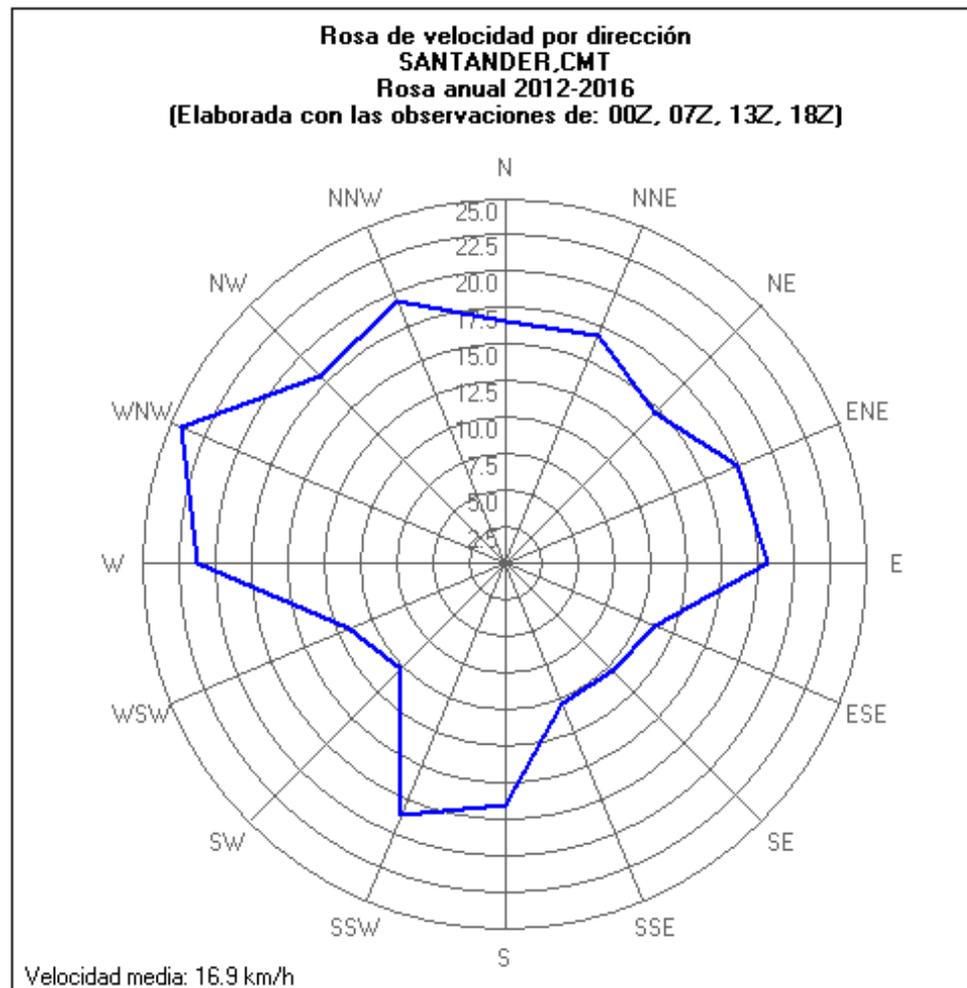
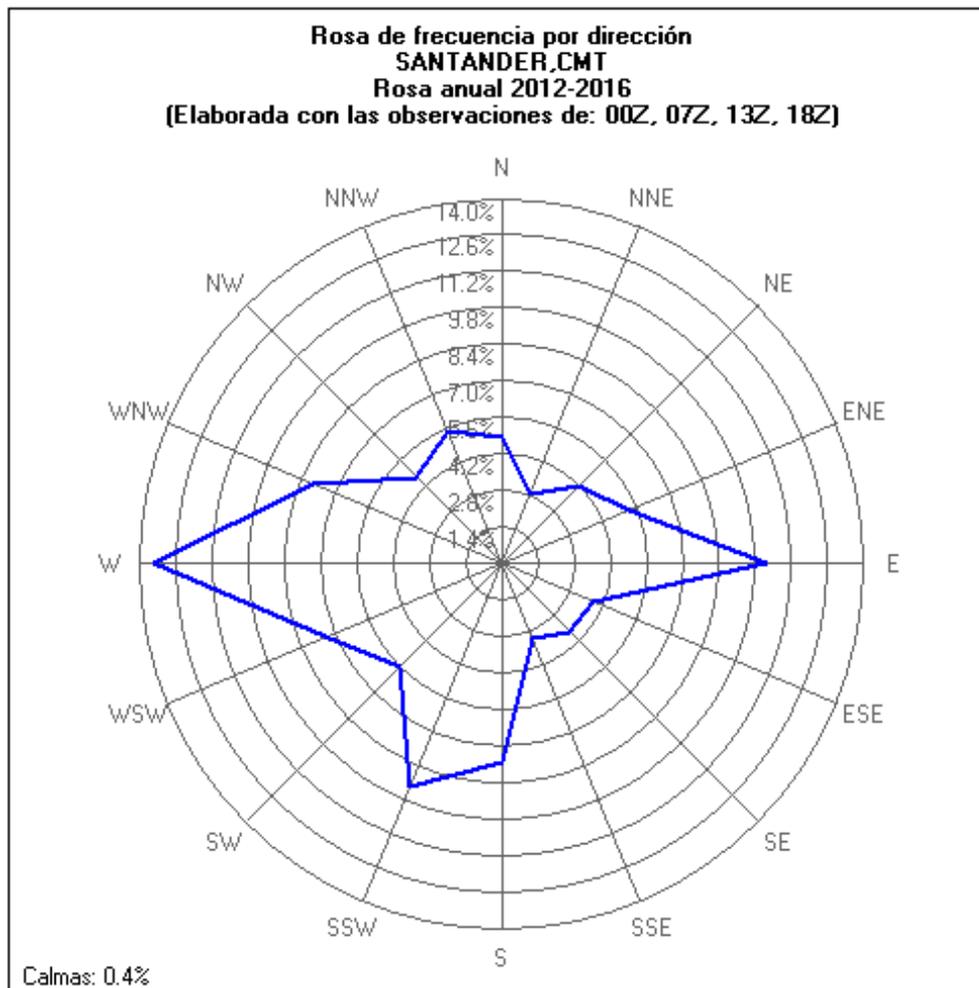
© Copyright 2014 ABB. All rights reserved.
Specifications subject to change without notice.



ANEXO II

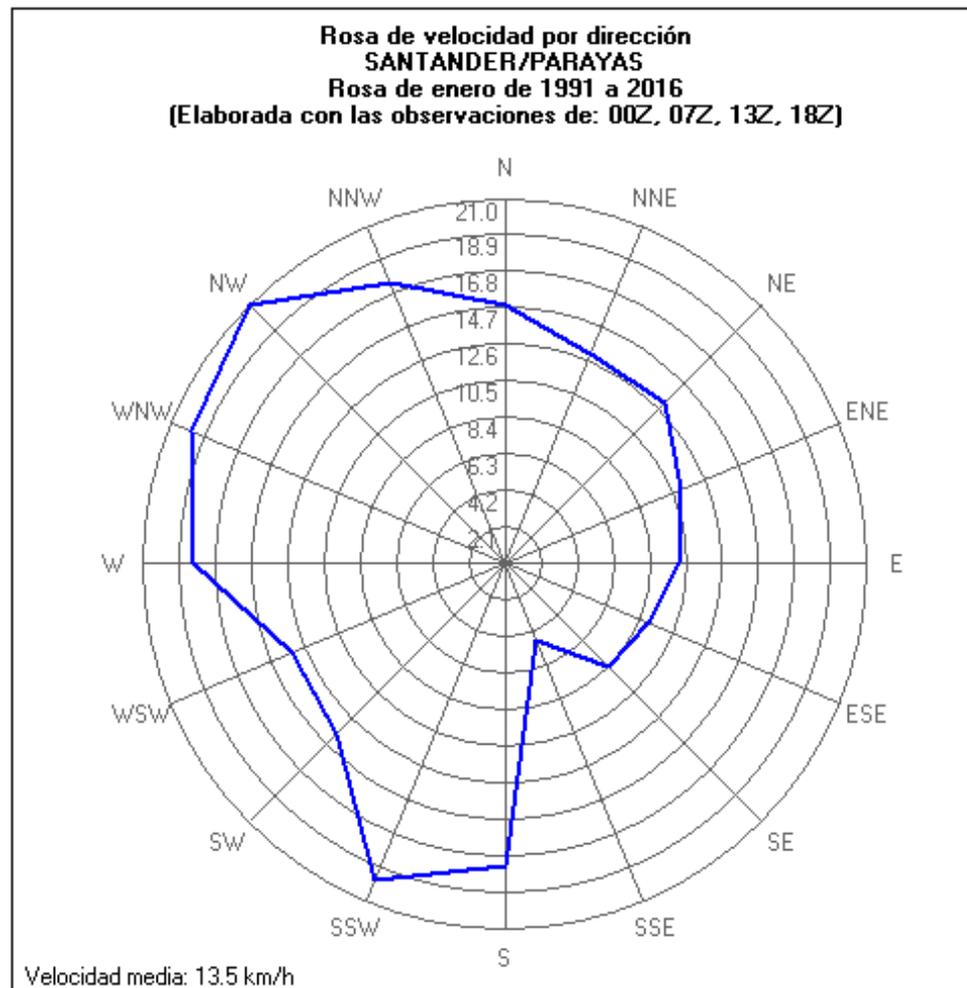
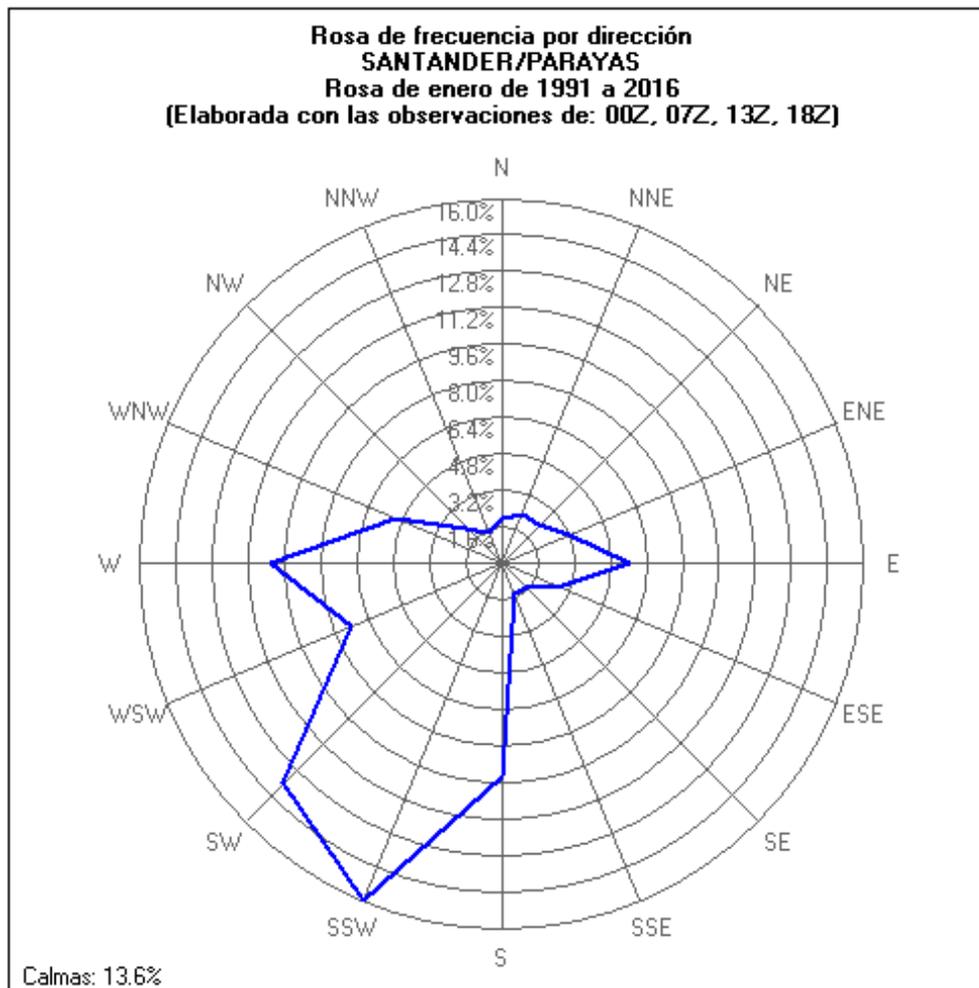


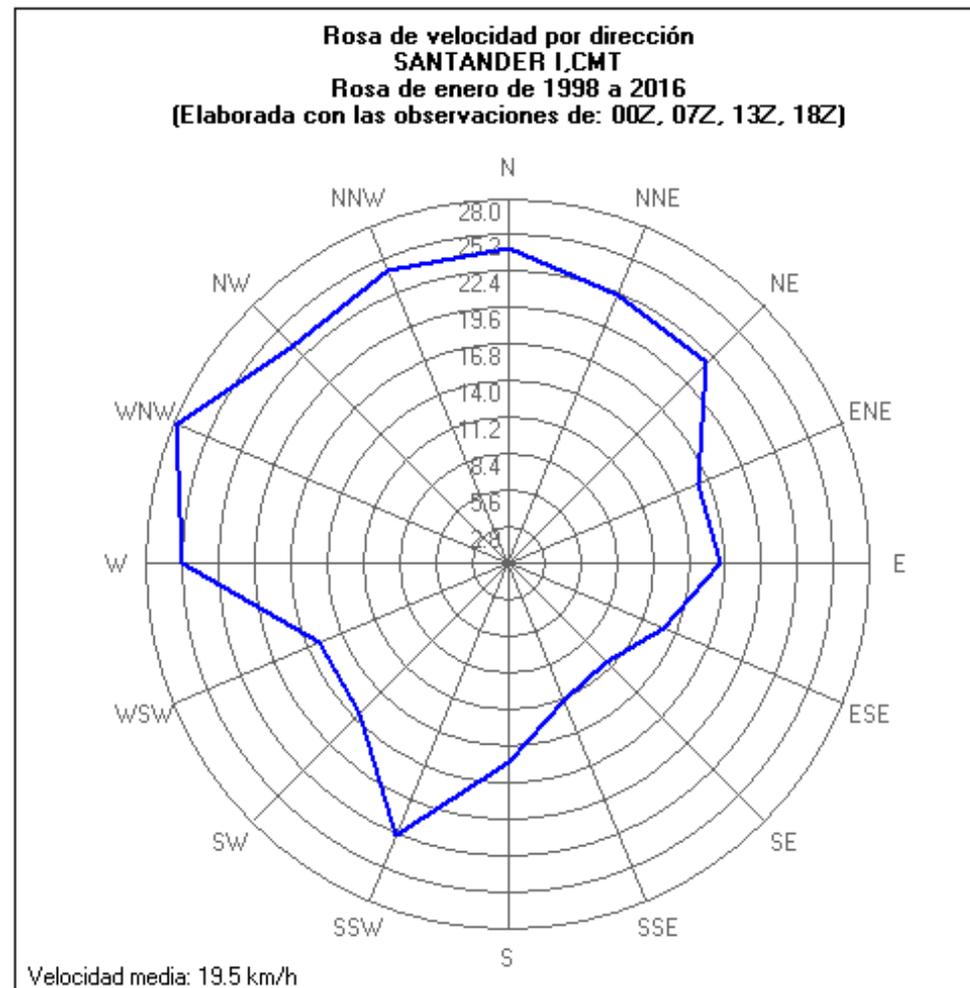
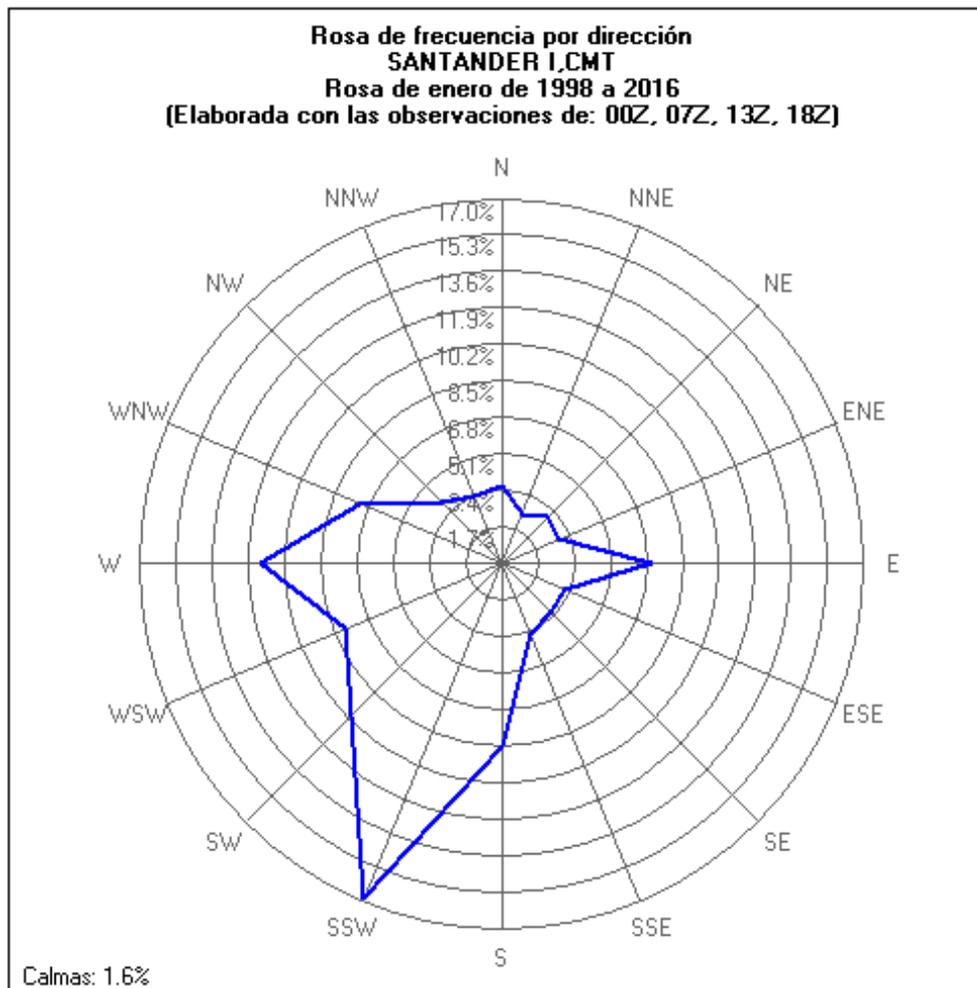


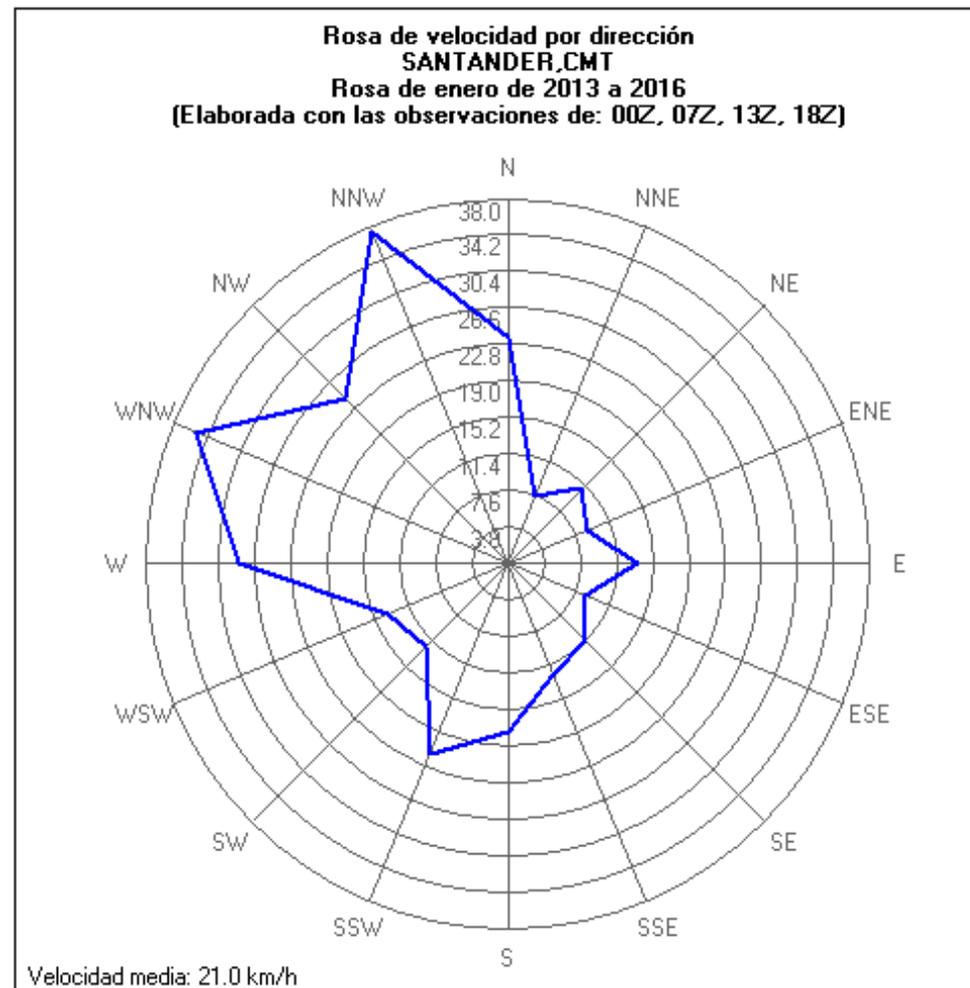
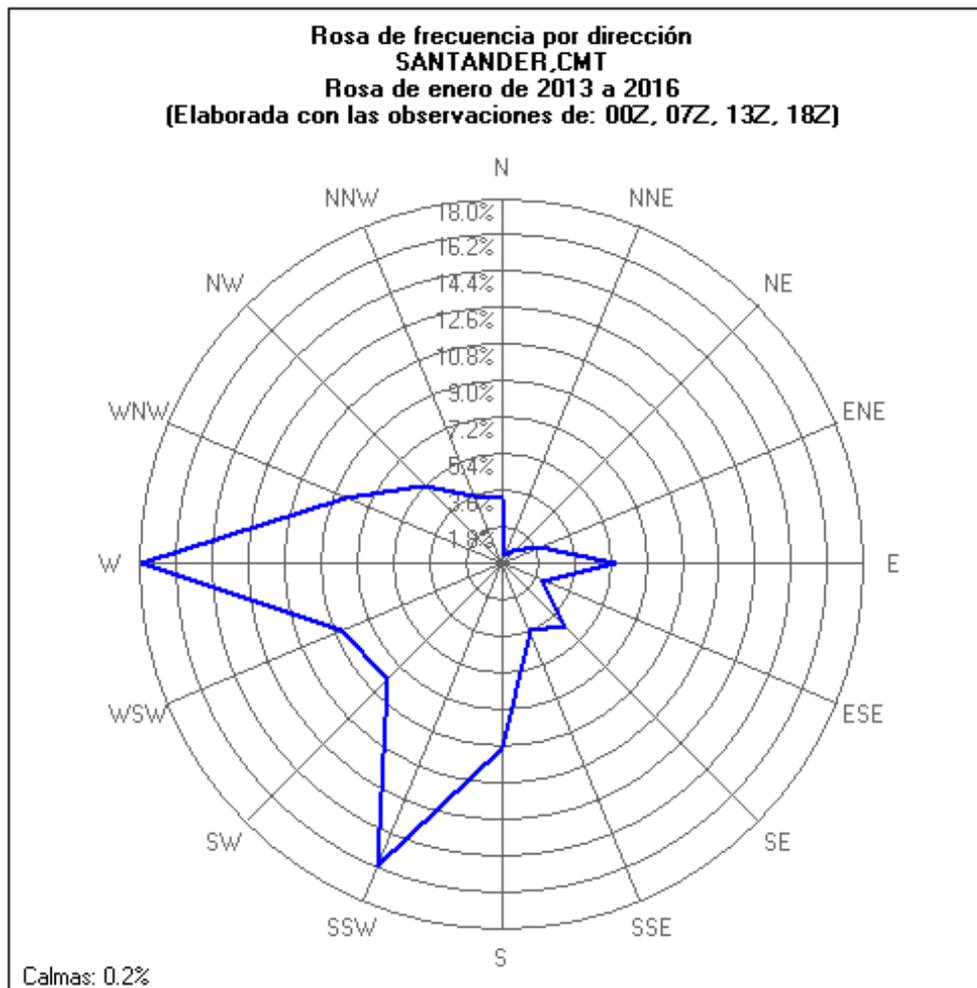




Estación	%/v	Rosa anual 1991-2016																
		(Elaborada con las observaciones de: 00Z, 07Z, 13Z, 18Z)																
		N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	CA/v
SANTANDER/PARAYAS	%	3.117	2.436	8.641	6.253	5.505	1.982	1.162	1.275	5.916	9.541	10.865	6.228	10.319	7.253	3.840	2.237	13.430
	v	11.997	12.841	15.924	13.246	10.660	7.776	6.236	6.424	15.039	15.237	11.698	11.293	16.266	18.113	17.284	14.304	12.062
SANTANDER I,CMT	%	4.211	3.319	4.129	6.566	10.349	4.058	3.454	3.055	6.616	9.211	7.573	7.191	11.776	7.159	4.529	4.860	1.945
	v	15.414	15.855	15.279	18.407	18.703	12.014	10.841	10.482	16.146	20.133	14.503	14.564	22.192	23.856	19.346	17.171	17.176
SANTANDER,CMT	%	4.833	2.906	4.191	5.315	10.244	3.838	3.709	3.099	7.659	9.265	5.636	7.418	13.487	7.884	4.689	5.459	0.369
	v	16.518	16.823	14.559	17.353	18.154	11.255	10.502	10.456	16.543	18.672	10.185	11.636	21.254	24.269	18.027	19.444	16.946

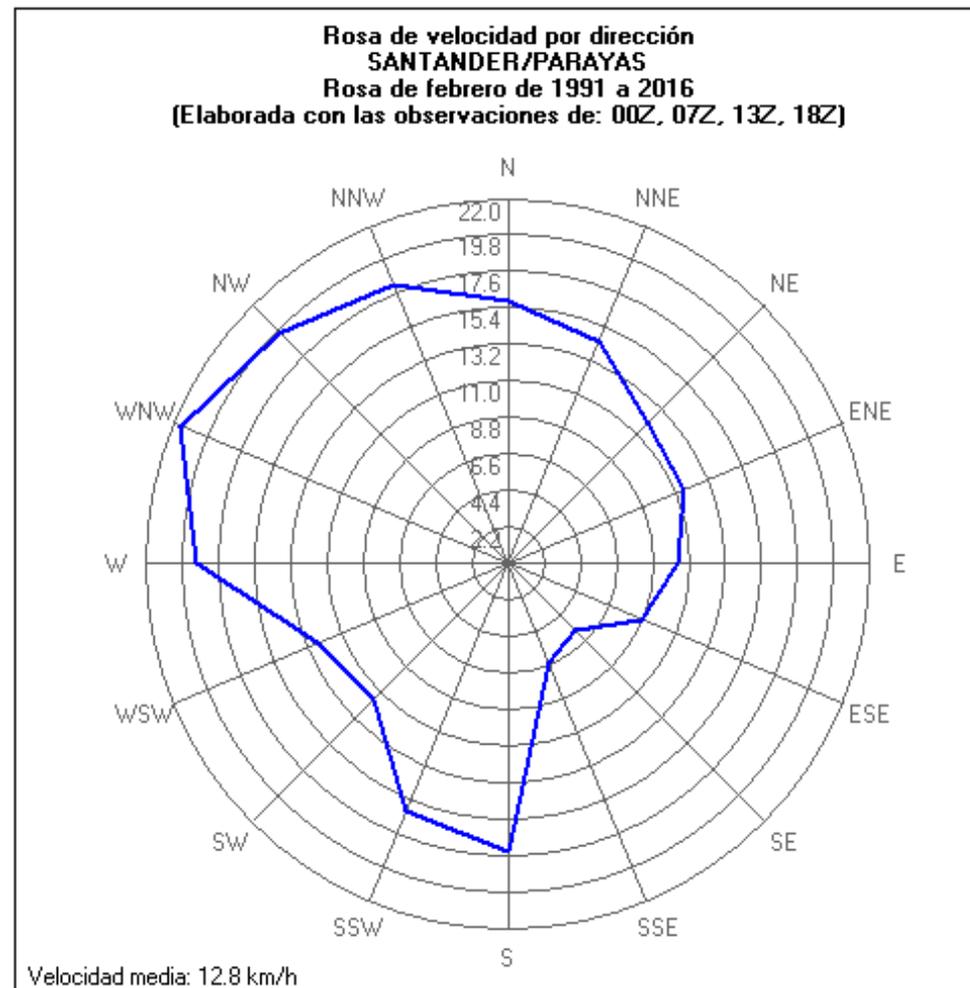
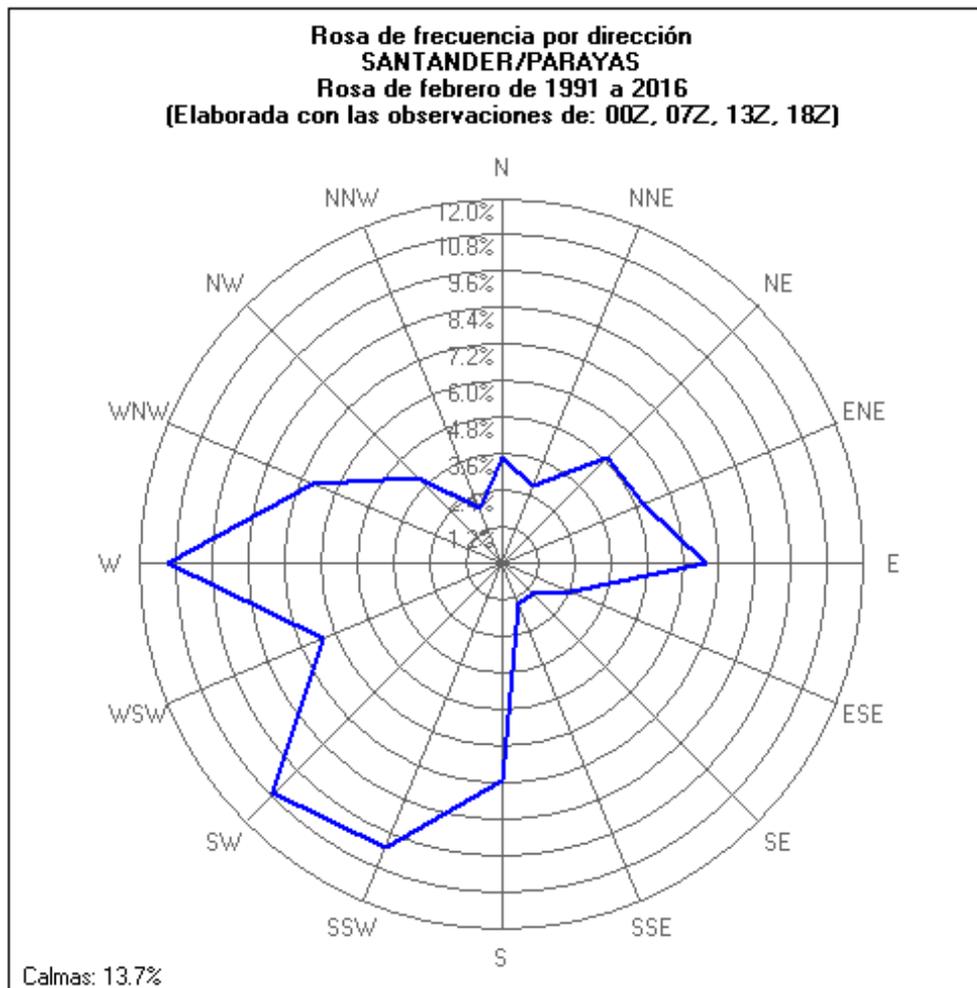


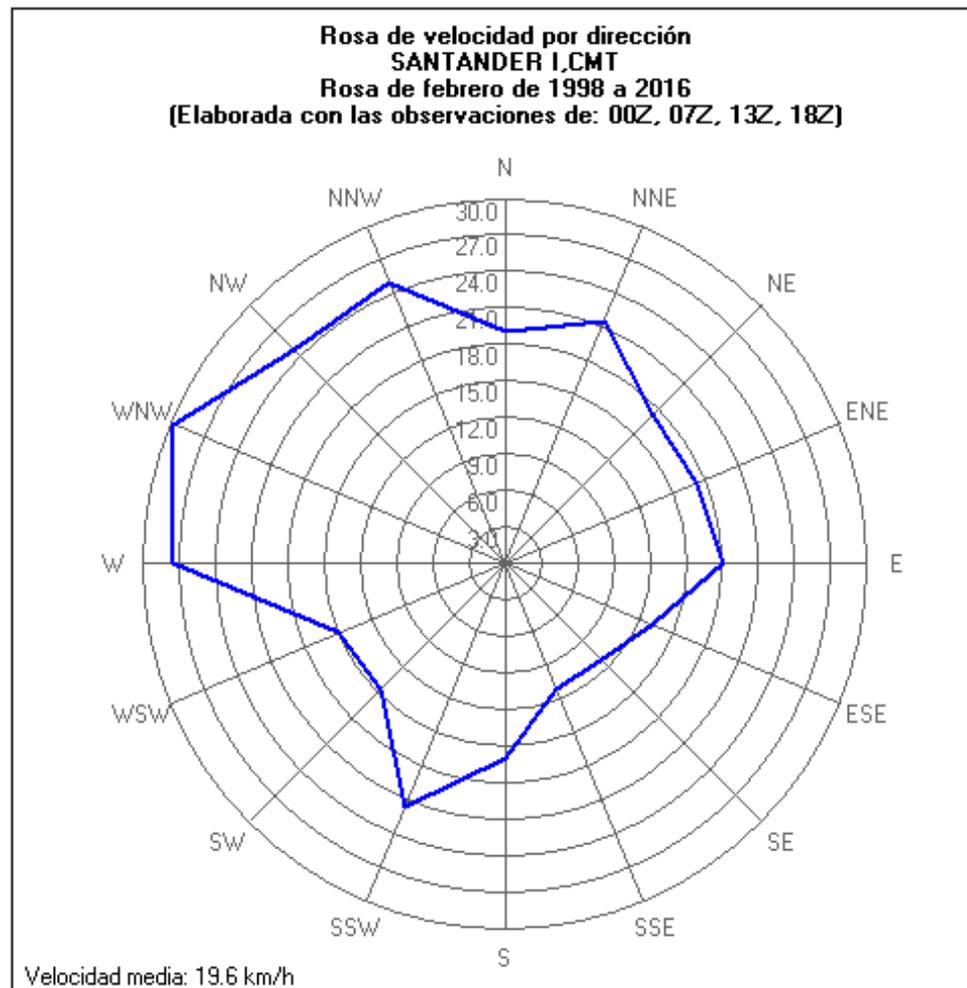
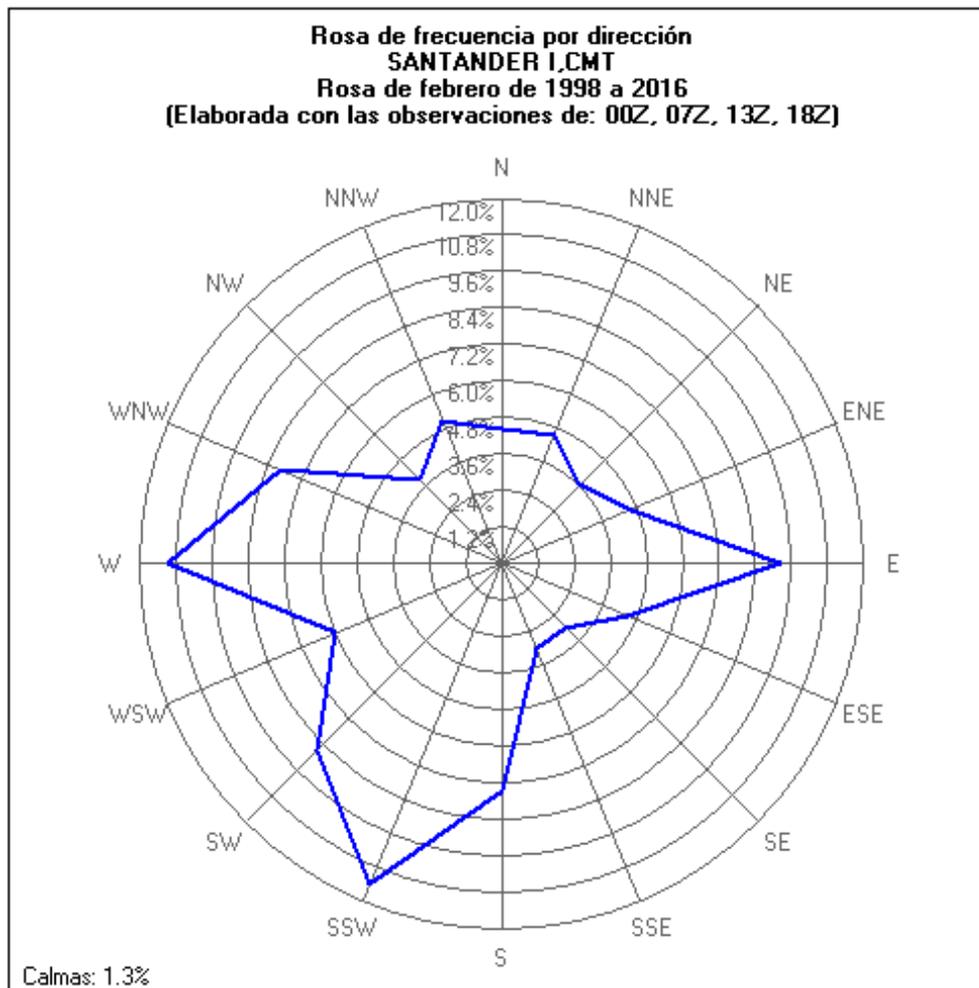


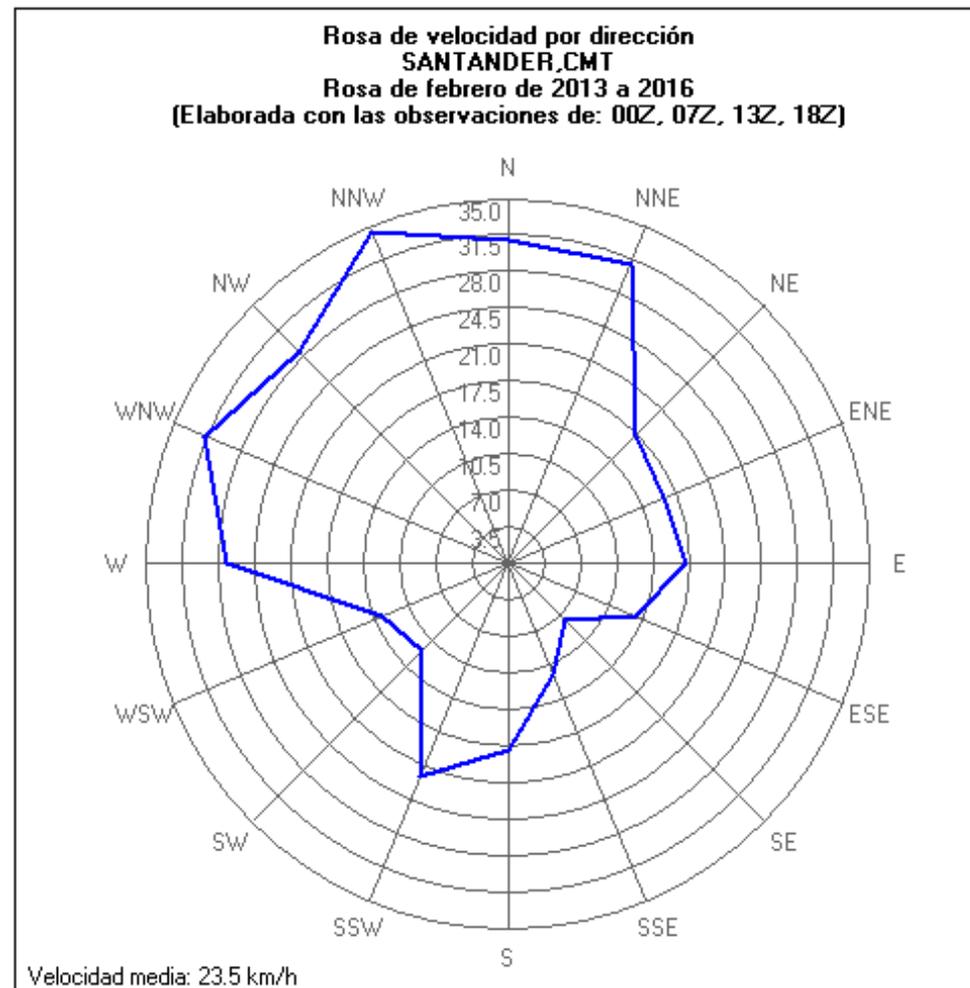
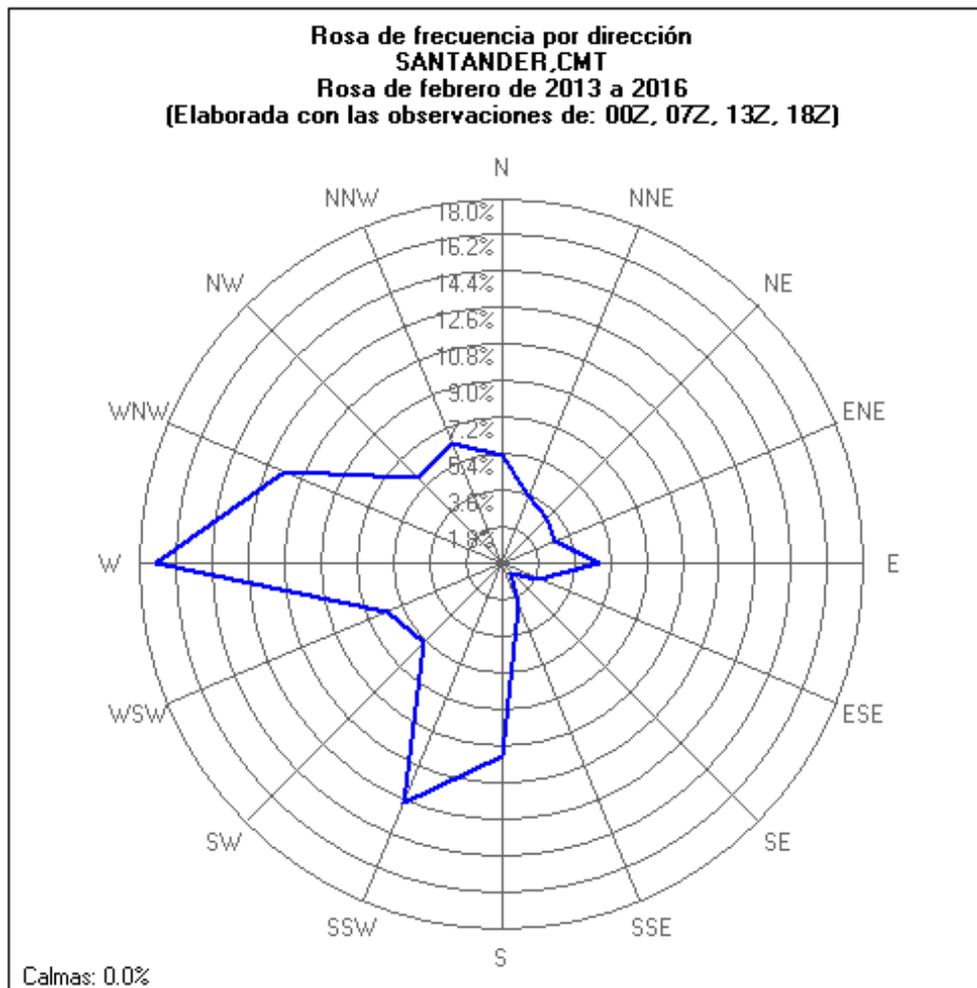




Estación	%/v	Rosa de enero de 1991 a 2016																
		(Elaborada con las observaciones de: 00Z, 07Z, 13Z, 18Z)																
		N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	CA/v
SANTANDER/PARAYAS	%	1.993	2.366	2.366	3.207	5.604	2.677	1.557	1.463	9.371	15.971	13.636	7.161	10.243	5.106	2.179	1.494	13.605
	v	14.844	13.079	13.145	10.990	10.044	9.000	8.440	4.745	17.409	19.694	13.868	13.387	18.064	19.762	20.986	17.438	13.450
SANTANDER I,CMT	%	3.581	2.515	3.026	2.899	6.991	3.197	3.240	3.581	8.525	16.922	10.060	7.971	11.338	7.204	4.007	3.367	1.577
	v	24.226	22.322	21.789	15.838	16.457	12.973	10.697	11.357	15.345	22.652	16.339	15.850	25.237	27.822	23.500	24.354	19.484
SANTANDER,CMT	%	3.226	0.403	0.806	2.016	5.645	2.218	4.435	3.629	9.073	16.129	8.065	8.669	17.944	8.468	5.444	3.629	0.202
	v	23.563	7.500	11.000	9.000	13.679	8.727	11.409	12.556	17.622	21.438	12.325	13.651	28.236	35.452	24.259	37.444	20.970





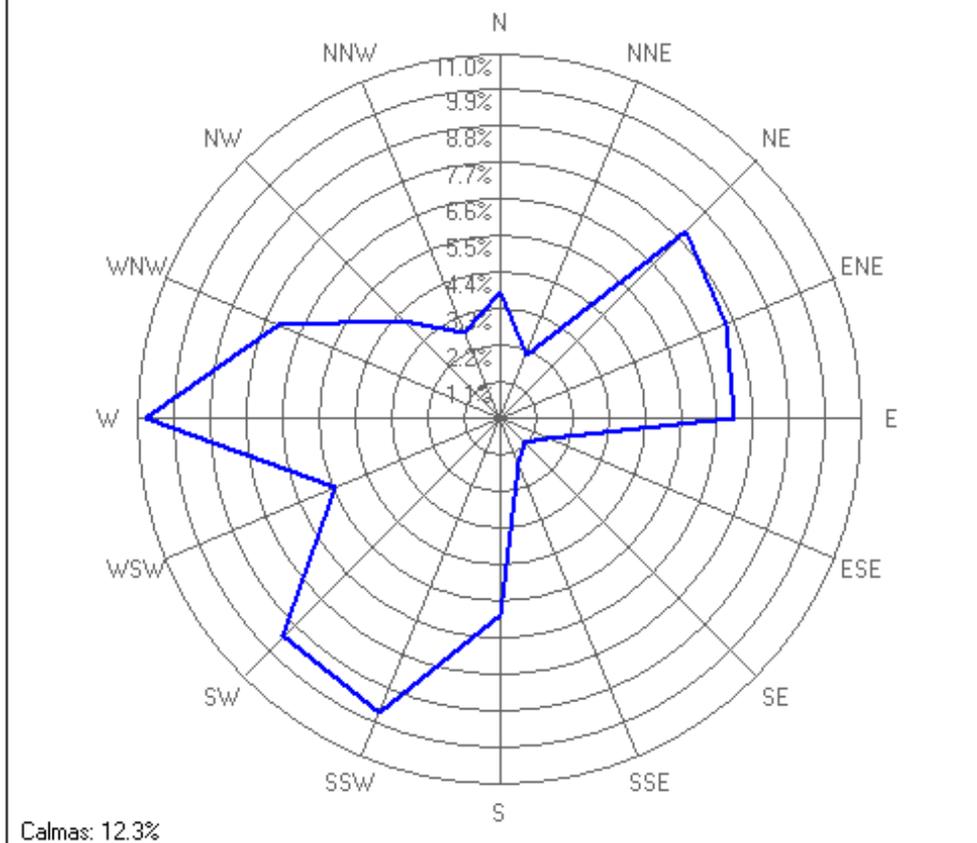




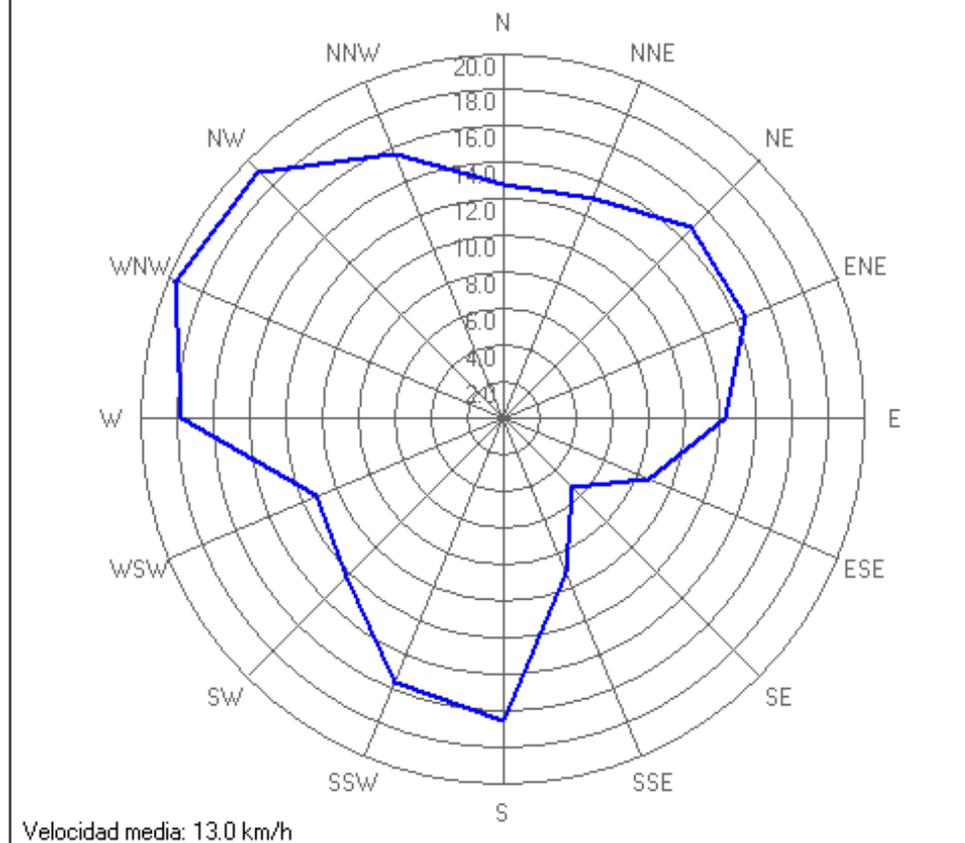
Estación	%/v	Rosa de febrero de 1991 a 2016																
		(Elaborada con las observaciones de: 00Z, 07Z, 13Z, 18Z)																
		N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	CA/v
SANTANDER/PARAYAS	%	3.447	2.730	4.915	5.051	6.758	2.457	1.433	1.433	7.133	10.102	10.717	6.382	11.092	6.758	3.959	1.945	13.686
	v	15.762	14.500	12.028	11.561	10.384	8.806	5.738	6.476	17.426	16.162	11.586	12.620	18.911	21.535	19.672	18.228	12.798
SANTANDER I,CMT	%	4.448	4.588	3.652	4.635	9.223	4.494	2.996	3.043	7.491	11.423	8.661	5.993	11.096	7.959	3.886	5.103	1.311
	v	19.042	21.510	17.372	17.152	18.071	13.219	11.219	11.215	15.975	21.705	14.643	14.883	27.536	29.759	24.831	25.055	19.638
SANTANDER,CMT	%	5.310	3.540	3.097	2.876	4.867	1.991	0.664	2.212	9.513	12.832	5.531	6.195	17.257	11.726	5.973	6.416	0.000
	v	31.042	31.000	17.357	16.231	17.273	13.333	7.667	11.600	17.977	22.138	11.800	13.250	27.321	31.736	28.593	34.379	23.538

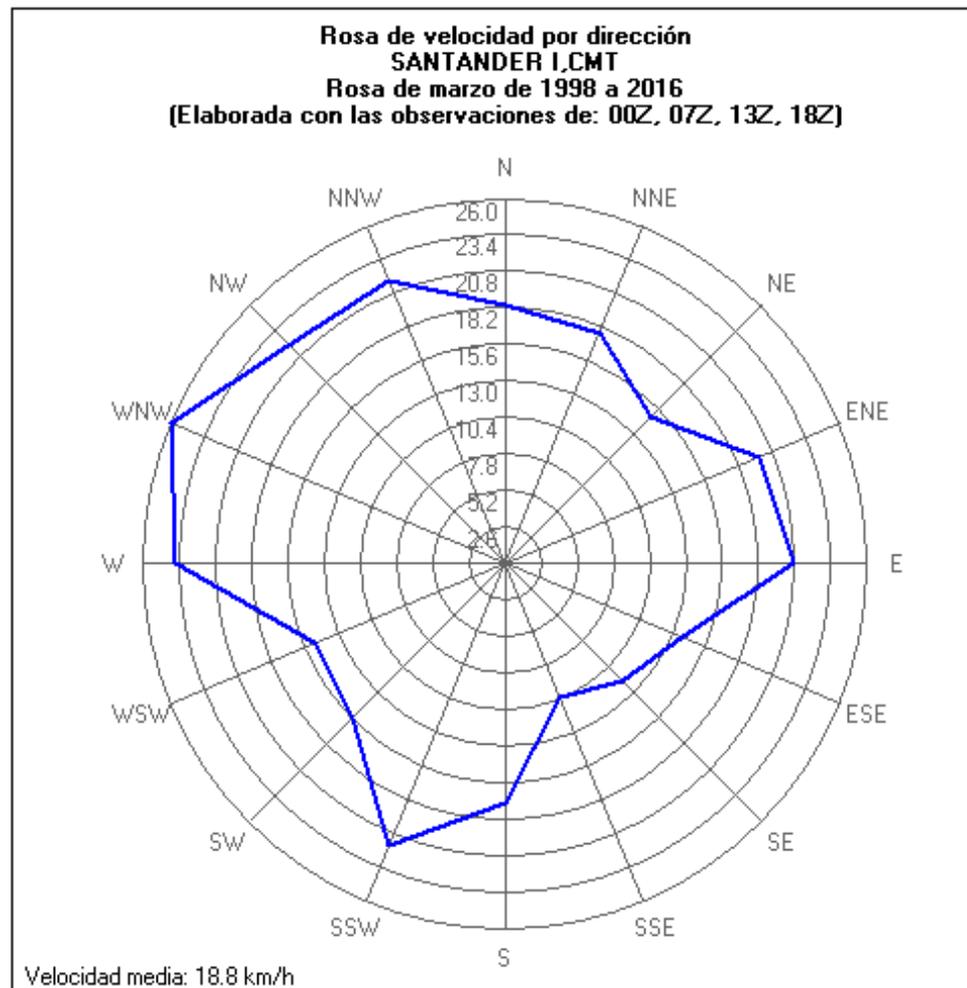
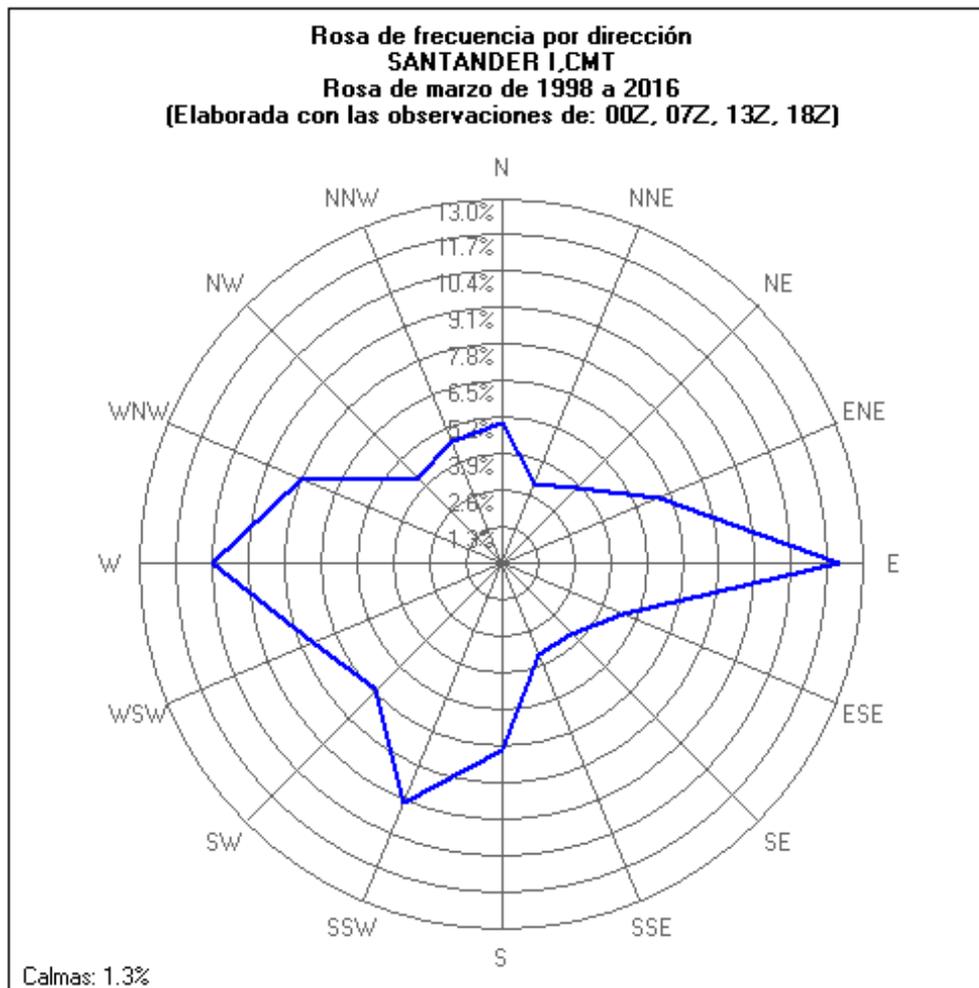


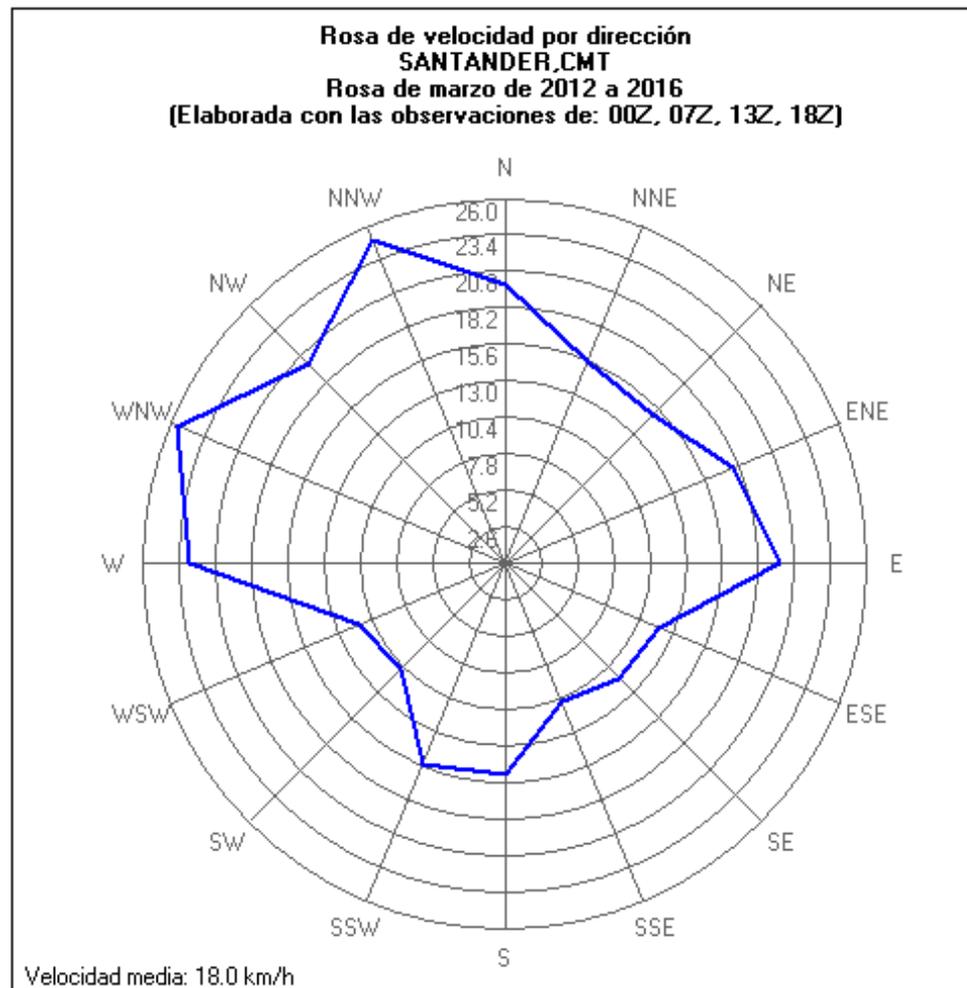
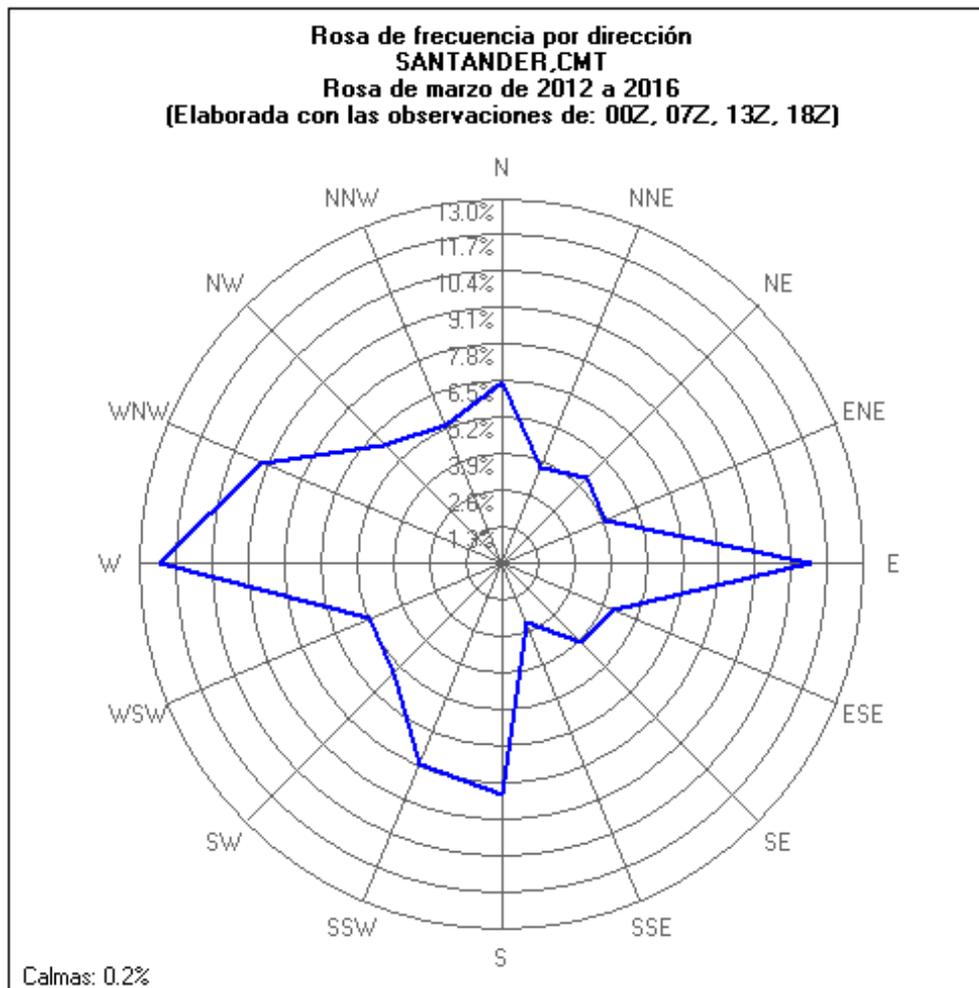
**Rosa de frecuencia por dirección
SANTANDER/PARAYAS**
Rosa de marzo de 1991 a 2016
(Elaborada con las observaciones de: 00Z, 07Z, 13Z, 18Z)



**Rosa de velocidad por dirección
SANTANDER/PARAYAS**
Rosa de marzo de 1991 a 2016
(Elaborada con las observaciones de: 00Z, 07Z, 13Z, 18Z)

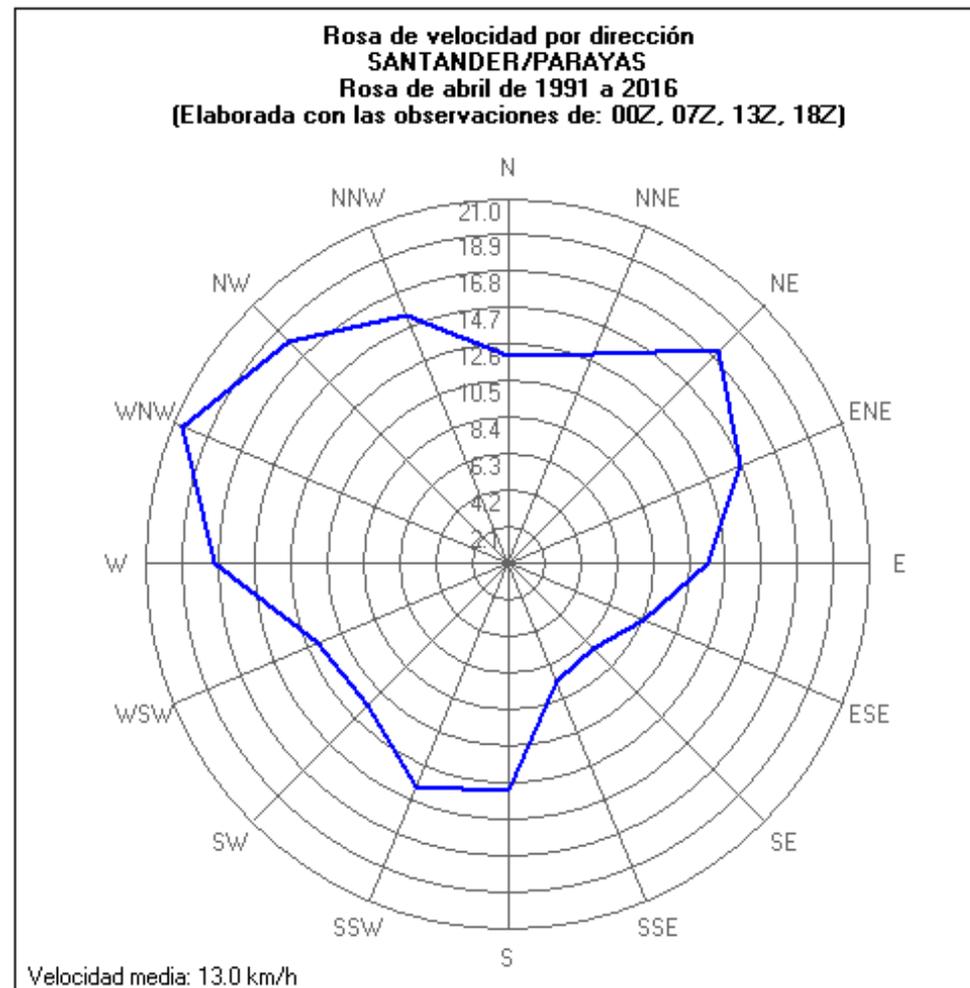
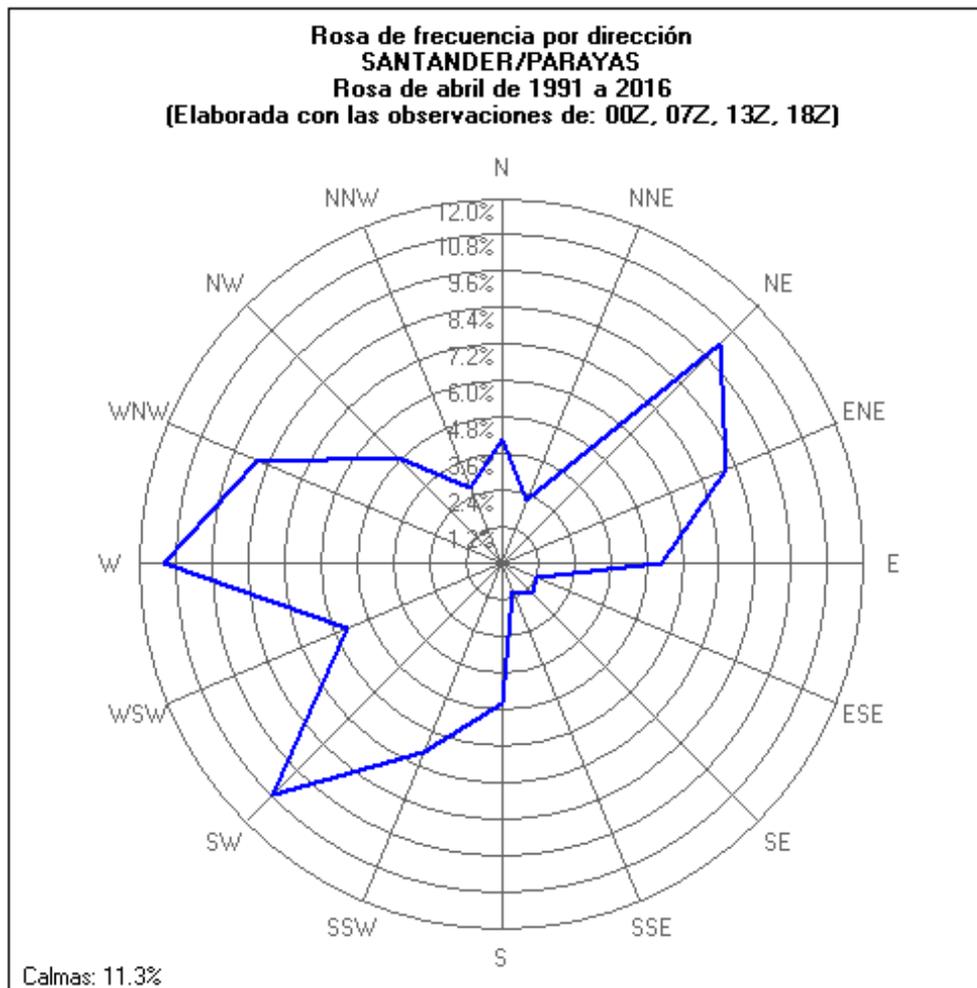


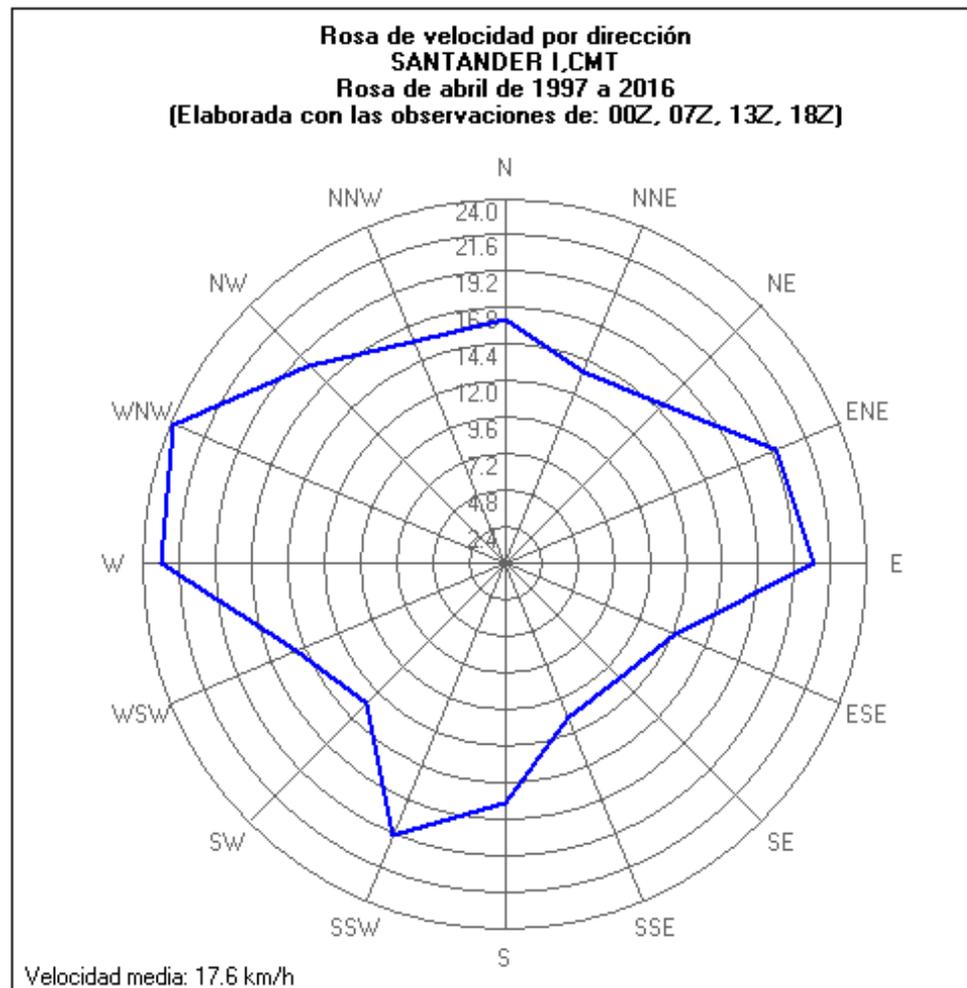
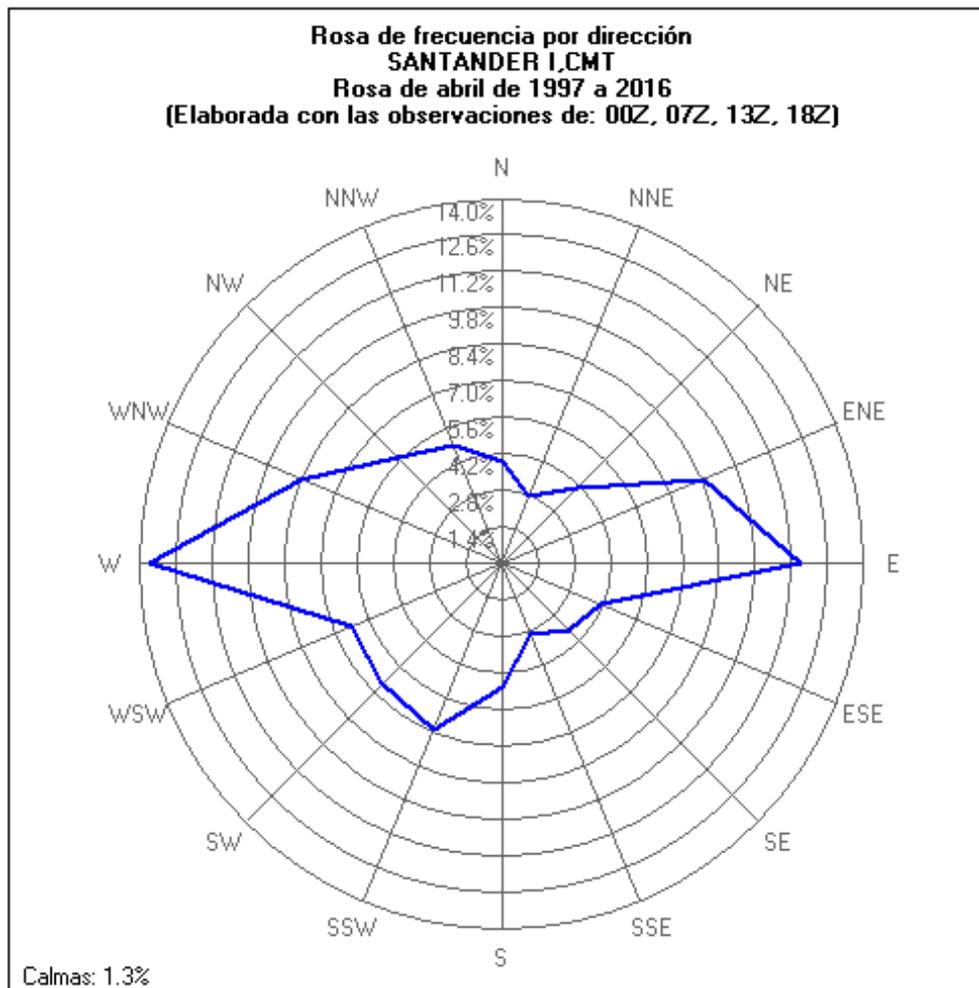


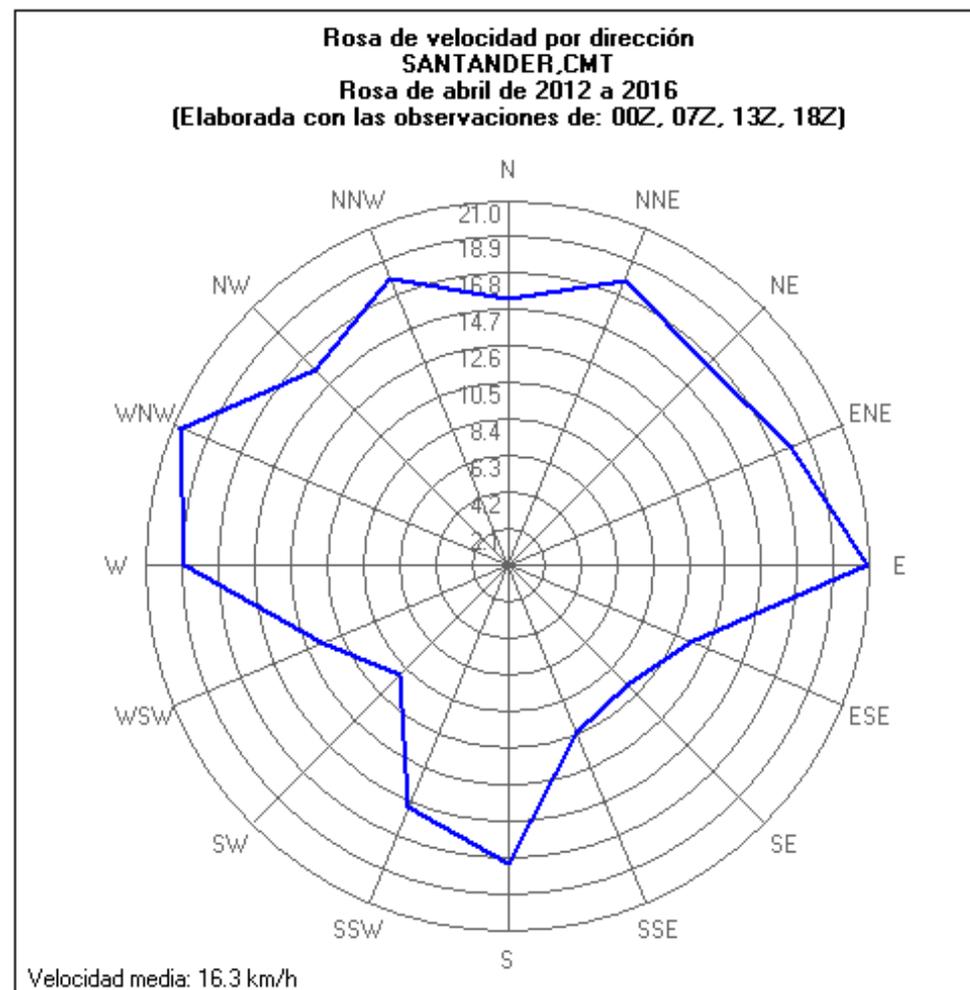
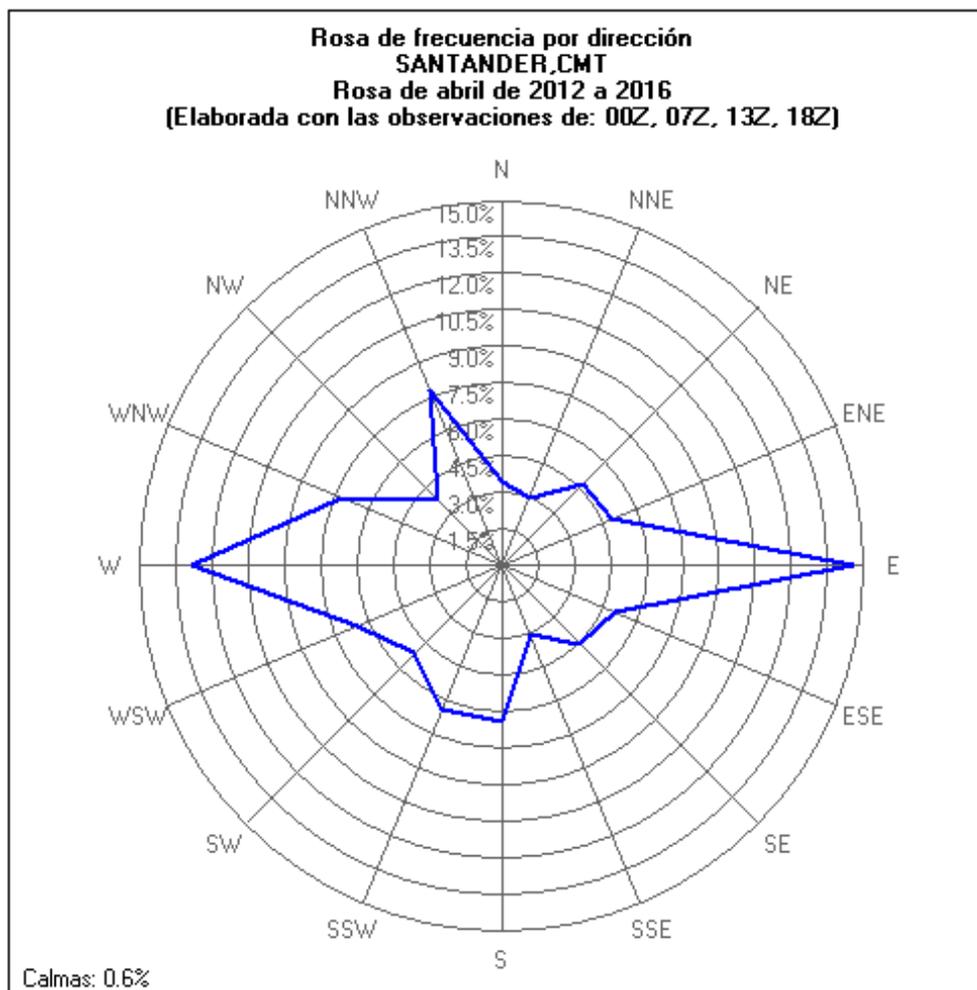




Estación	%/v	Rosa de marzo de 1991 a 2016																
		(Elaborada con las observaciones de: 00Z, 07Z, 13Z, 18Z)																
		N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	CA/v
SANTANDER/PARAYAS	%	3.821	2.081	7.984	7.425	7.114	1.553	1.025	1.429	5.965	9.630	9.289	5.405	10.749	7.300	4.194	2.765	12.271
	v	12.772	13.045	14.770	14.494	12.341	8.660	5.333	9.152	16.630	15.616	12.298	11.126	17.769	19.591	19.104	15.697	13.026
SANTANDER I,CMT	%	5.028	3.025	3.792	6.135	12.101	4.687	3.536	3.494	6.689	9.246	6.391	7.329	10.439	7.797	4.303	4.687	1.321
	v	18.398	17.718	14.820	19.778	20.764	13.764	11.892	10.390	17.025	21.737	15.500	14.855	23.763	25.962	21.980	21.818	18.824
SANTANDER,CMT	%	6.452	3.710	4.355	4.032	11.129	4.355	4.032	2.258	8.226	7.742	5.484	5.161	12.258	9.355	5.968	5.323	0.161
	v	19.825	15.478	14.963	17.760	19.783	11.926	11.600	10.643	15.118	15.500	10.559	11.375	22.711	25.483	20.108	25.000	17.958

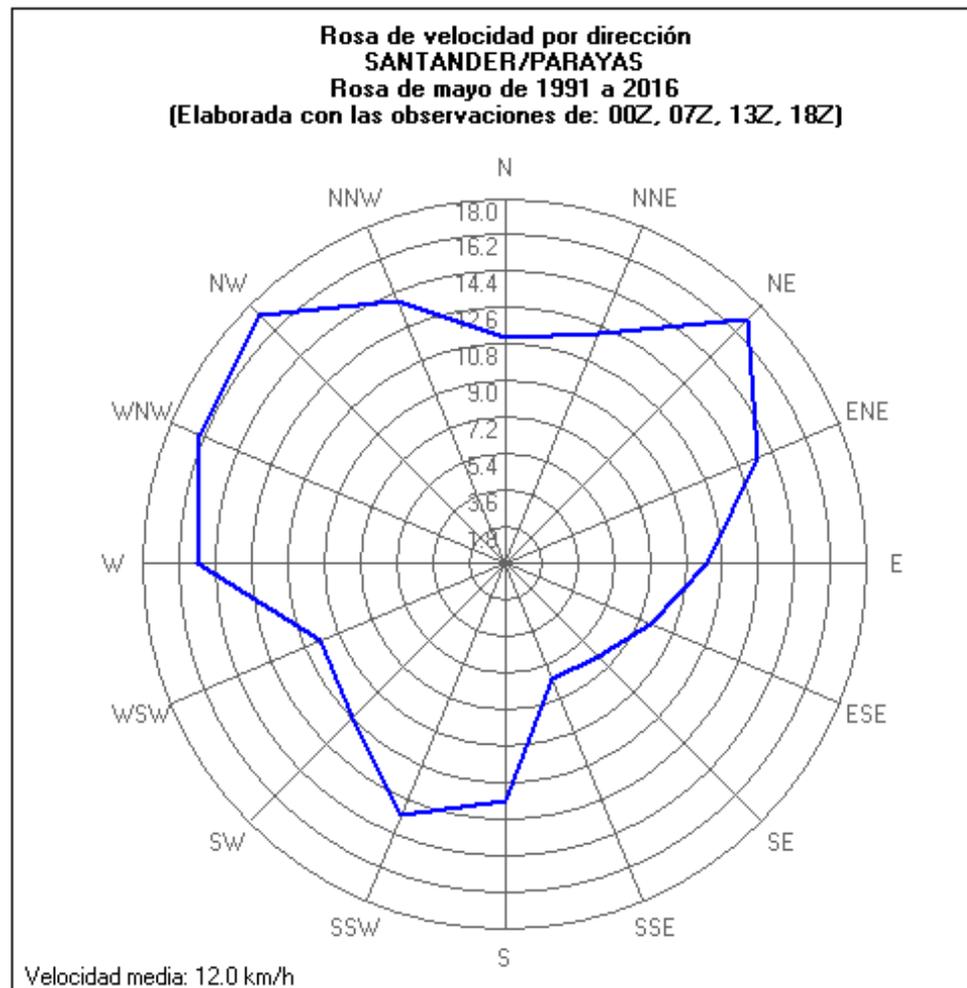
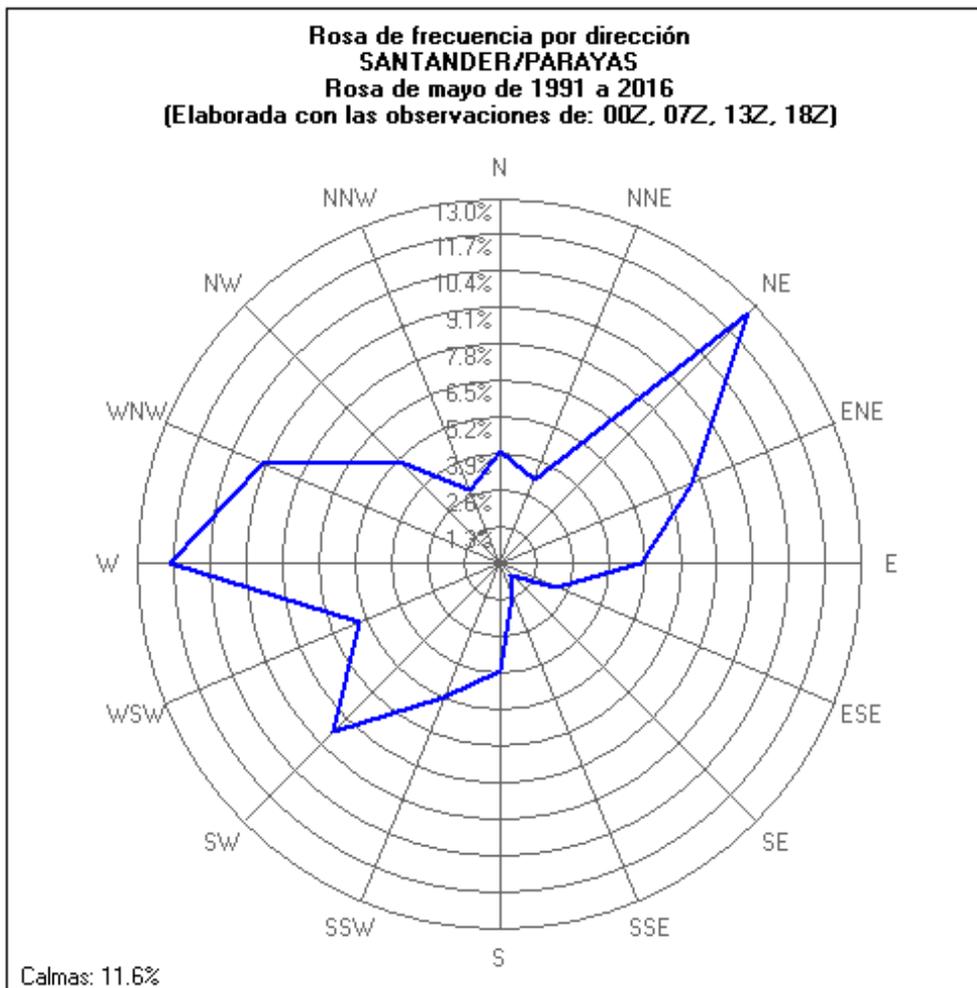


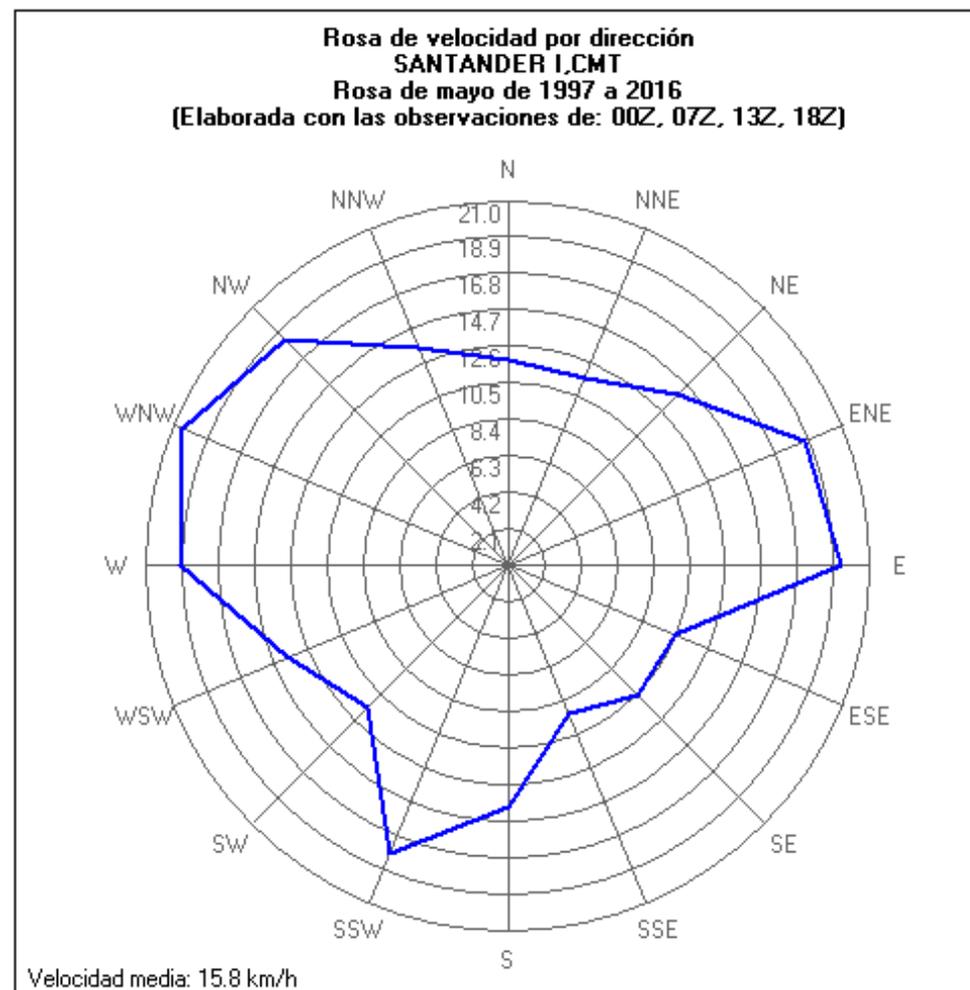
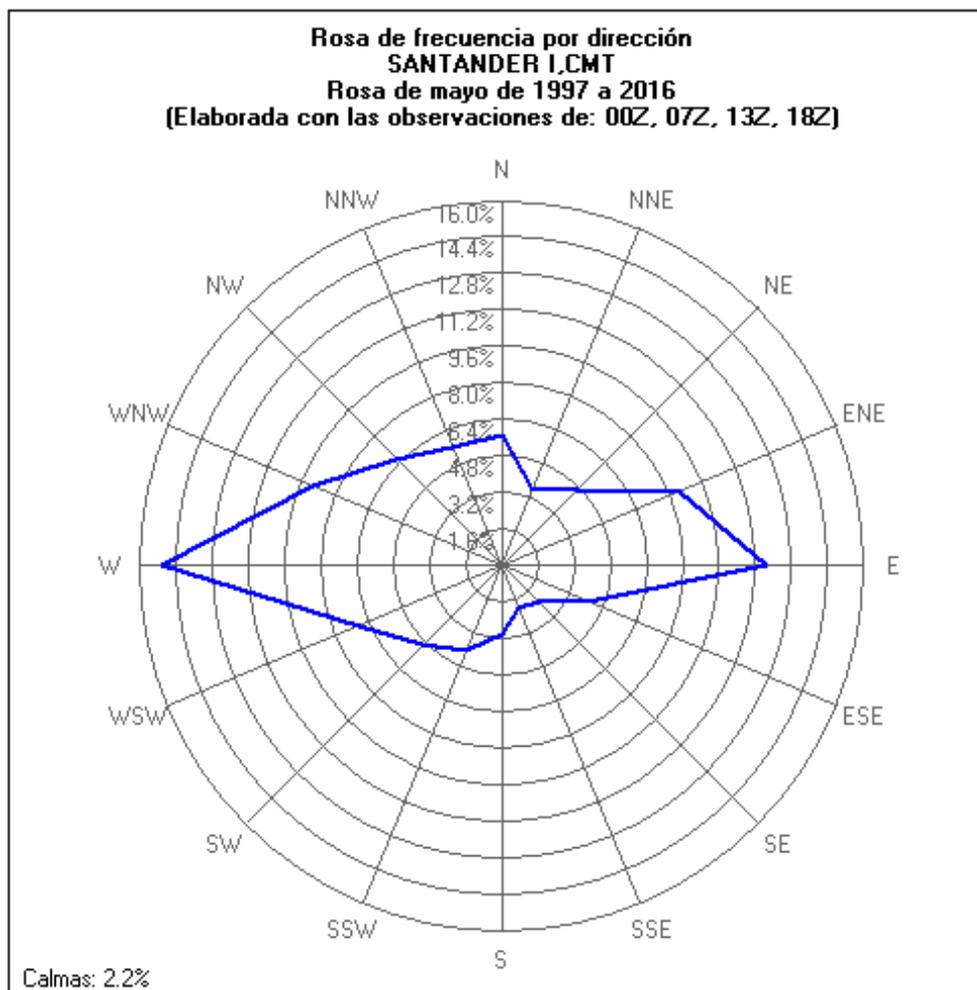


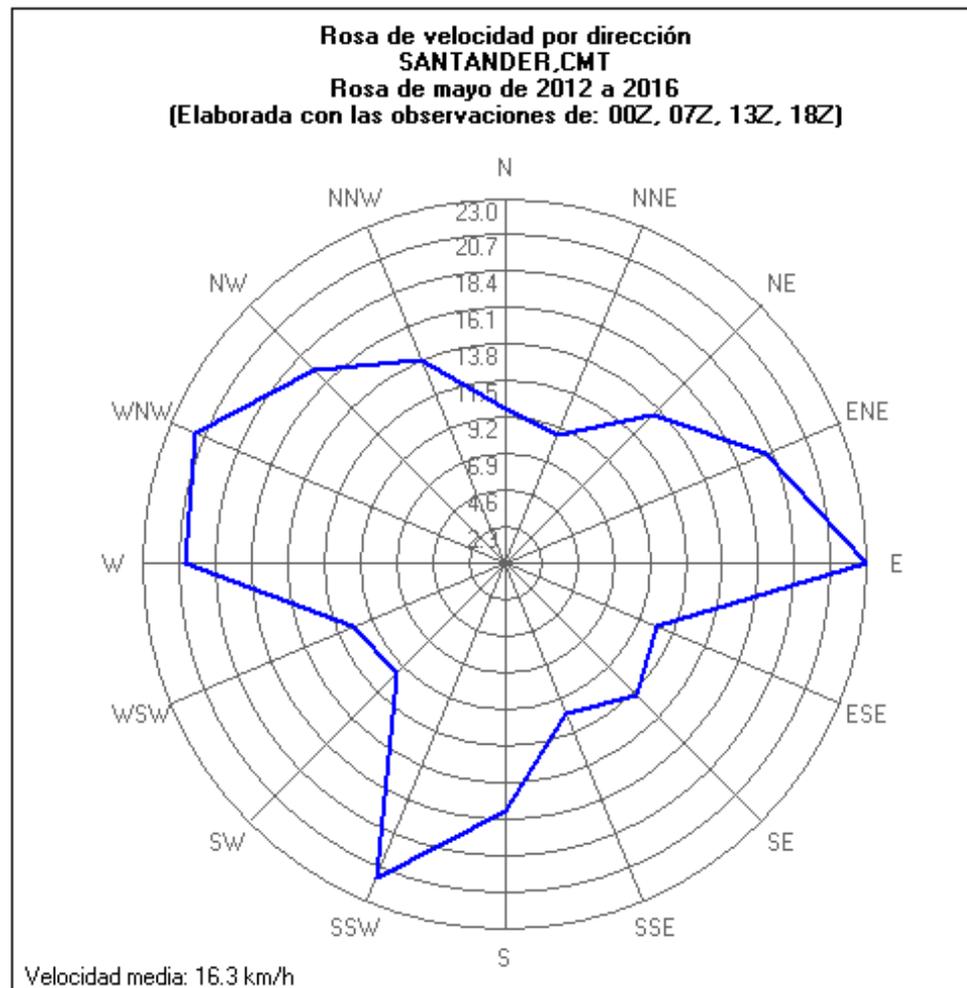
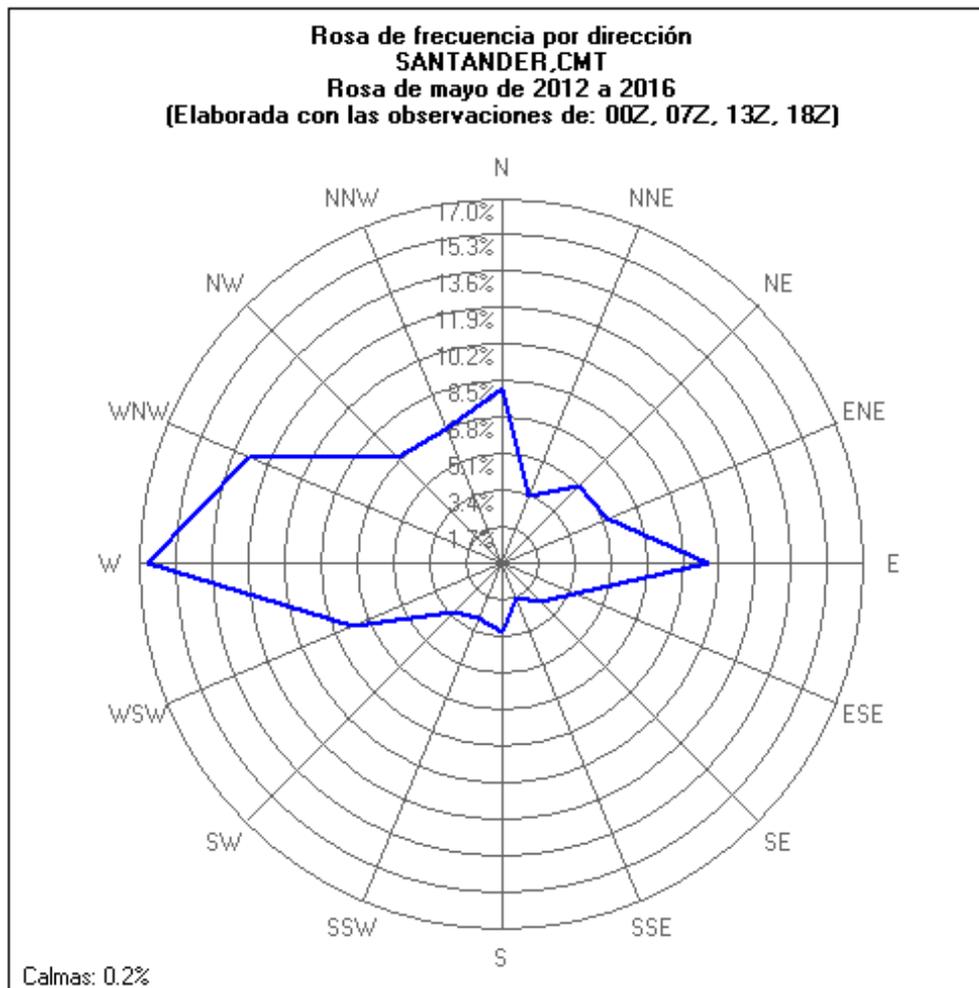




Estación	%/v	Rosa de abril de 1991 a 2016																
		(Elaborada con las observaciones de: 00Z, 07Z, 13Z, 18Z)																
		N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	CA/v
SANTANDER/PARAYAS	%	4.053	2.219	10.196	8.041	5.307	1.254	1.415	0.997	4.632	6.722	10.743	5.564	11.193	8.781	4.889	2.702	11.290
	v	11.881	13.058	17.303	14.552	11.630	8.513	6.977	7.355	13.042	13.981	11.542	11.983	16.994	20.414	17.967	15.464	13.041
SANTANDER I,CMT	%	3.907	2.803	4.076	8.450	11.592	4.161	3.652	2.930	4.756	6.879	6.539	6.327	13.588	8.450	5.690	4.926	1.274
	v	16.000	13.561	14.844	19.487	20.462	12.133	10.721	11.058	15.705	19.414	13.019	15.067	22.844	23.779	18.396	15.793	17.619
SANTANDER,CMT	%	3.409	3.030	4.735	4.924	14.583	5.114	4.545	3.030	6.439	6.439	5.114	6.439	12.879	7.197	3.788	7.765	0.568
	v	15.278	17.750	16.320	17.808	20.805	11.481	9.750	10.375	17.176	15.088	8.963	11.706	18.824	20.553	15.900	17.829	16.267

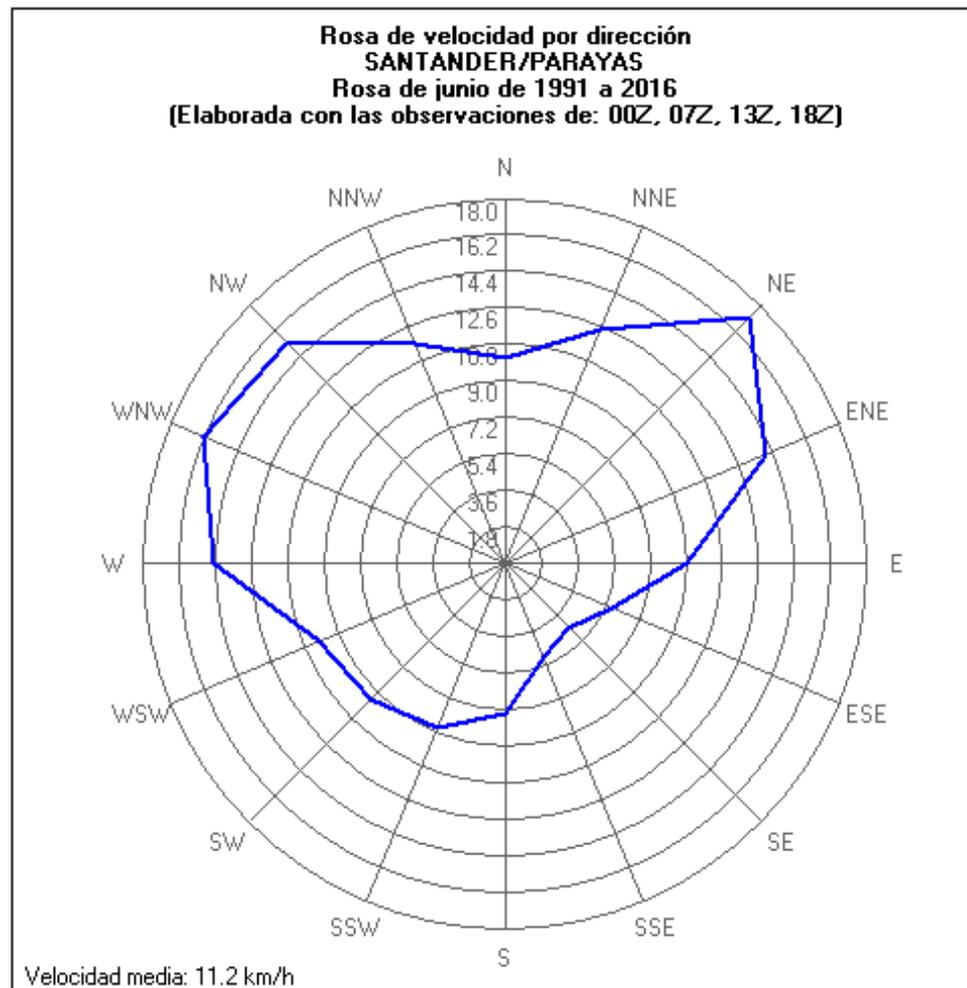
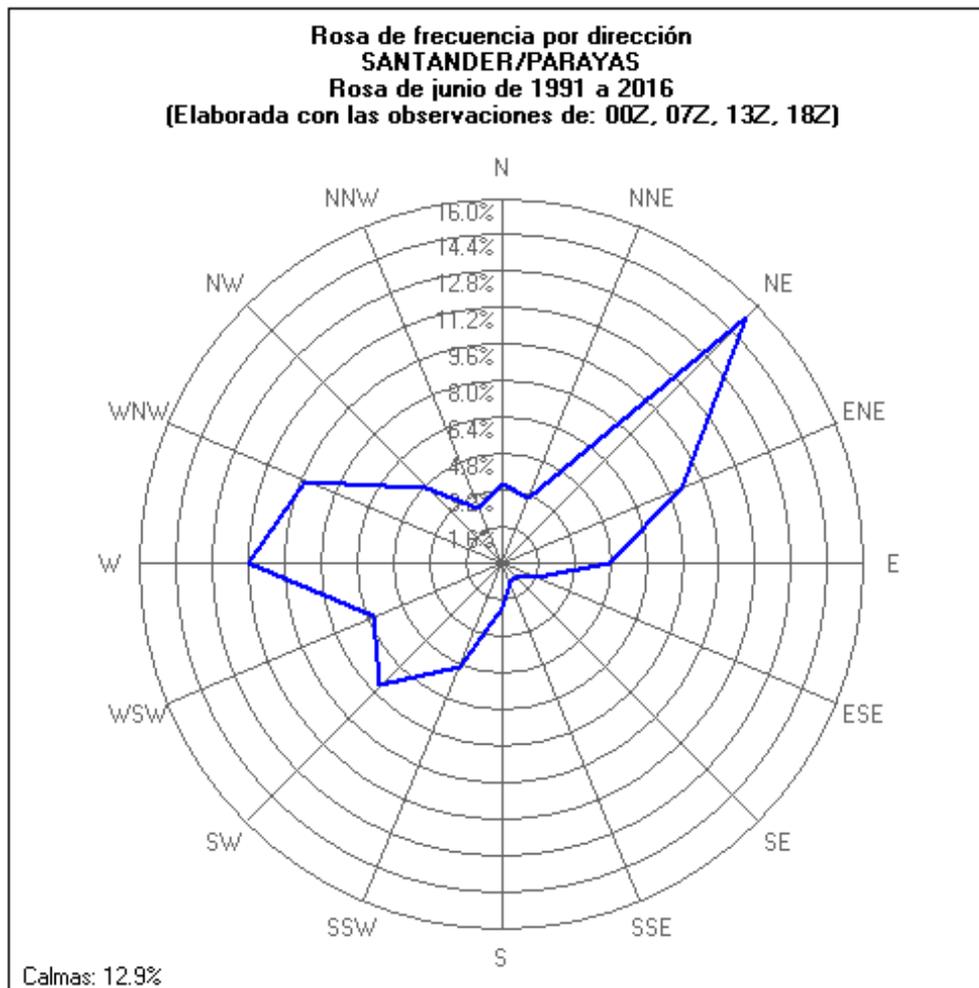


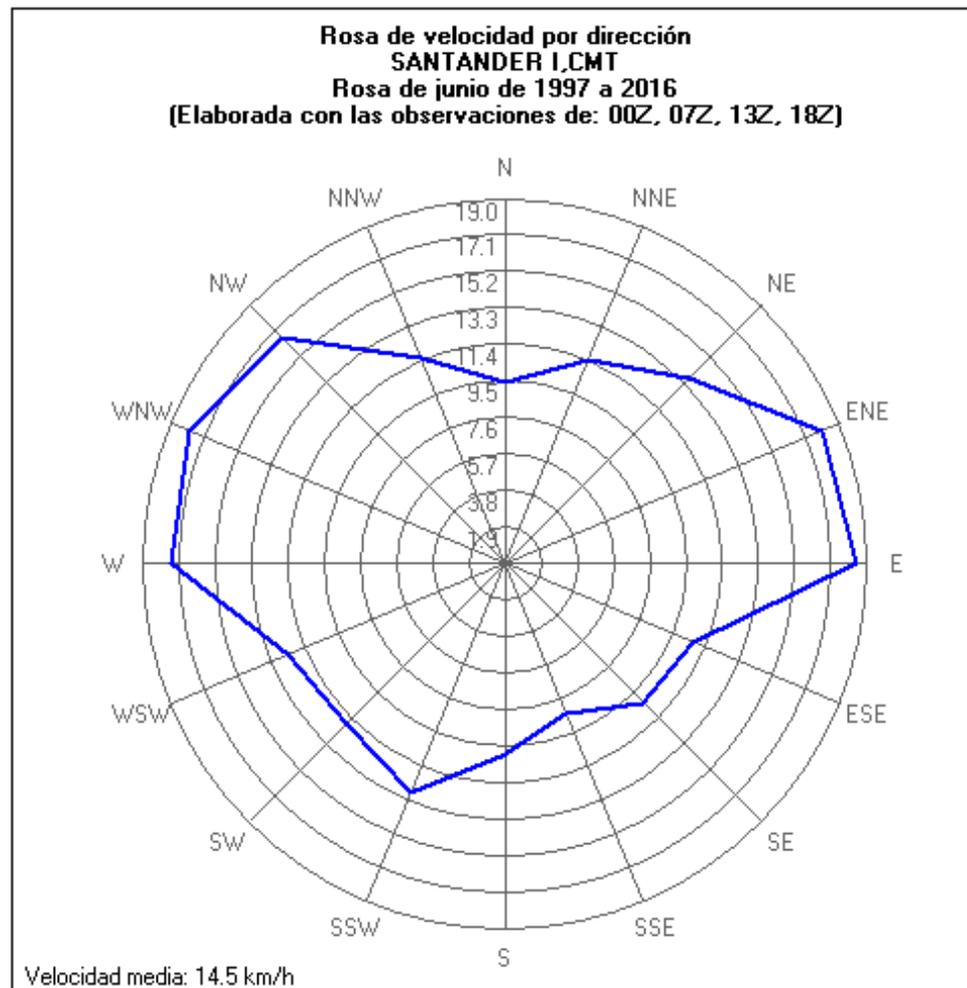
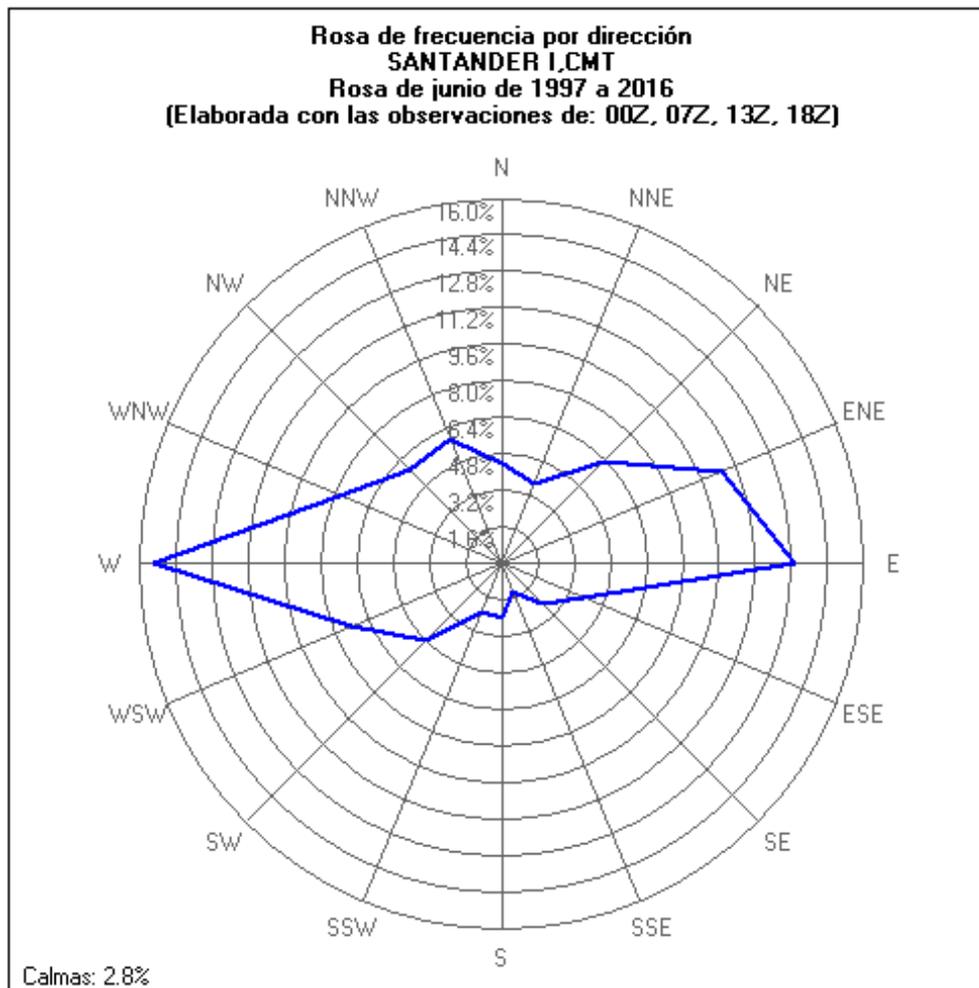


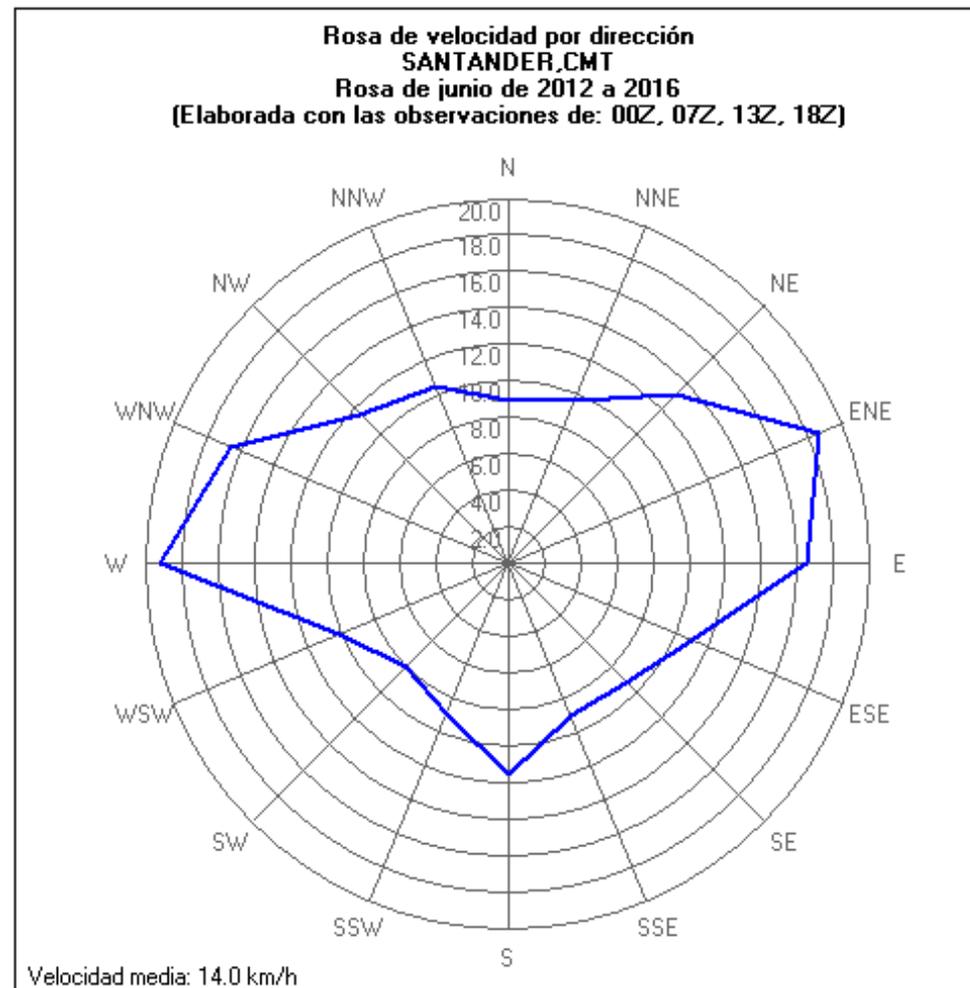
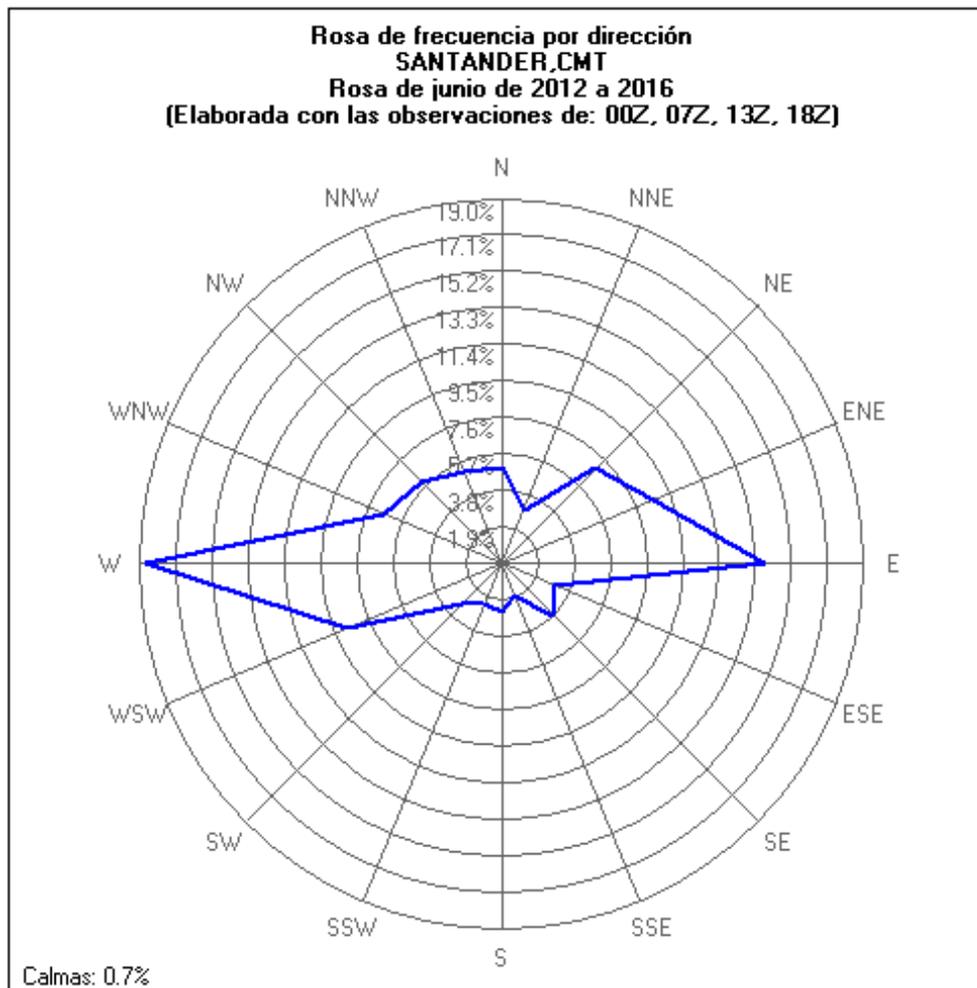




Estación	%/v	Rosa de mayo de 1991 a 2016																
		(Elaborada con las observaciones de: 00Z, 07Z, 13Z, 18Z)																
		N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	CA/v
SANTANDER/PARAYAS	%	3.951	3.236	12.632	7.467	5.103	2.240	0.560	1.151	3.858	5.196	8.494	5.476	11.823	9.210	5.134	2.862	11.605
	v	11.181	12.231	17.027	13.583	10.098	7.875	6.556	6.216	11.718	13.443	10.711	9.926	15.316	16.510	17.285	13.978	12.011
SANTANDER I,CMT	%	5.725	3.613	4.669	8.486	11.693	4.101	2.314	2.030	3.004	4.060	4.953	6.862	15.022	9.054	6.618	5.644	2.152
	v	11.872	11.697	13.887	18.665	19.319	10.525	10.561	9.280	13.959	17.970	11.500	13.834	19.054	20.502	18.344	13.540	15.753
SANTANDER,CMT	%	8.135	3.373	5.159	5.357	9.722	3.770	2.579	1.786	3.175	2.778	3.175	7.540	16.667	12.897	6.944	6.746	0.198
	v	9.683	8.765	13.192	17.926	22.980	10.474	11.846	10.222	15.563	21.429	9.688	10.447	20.393	21.369	17.171	13.912	16.312

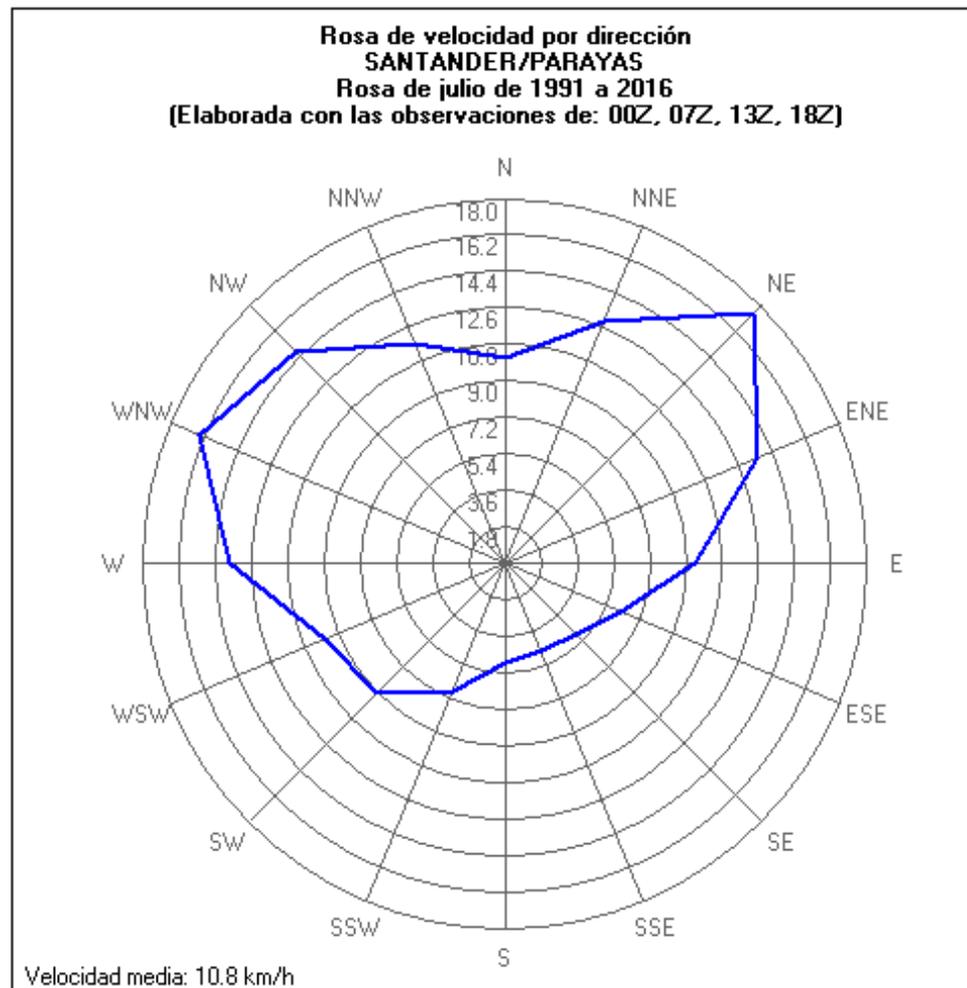
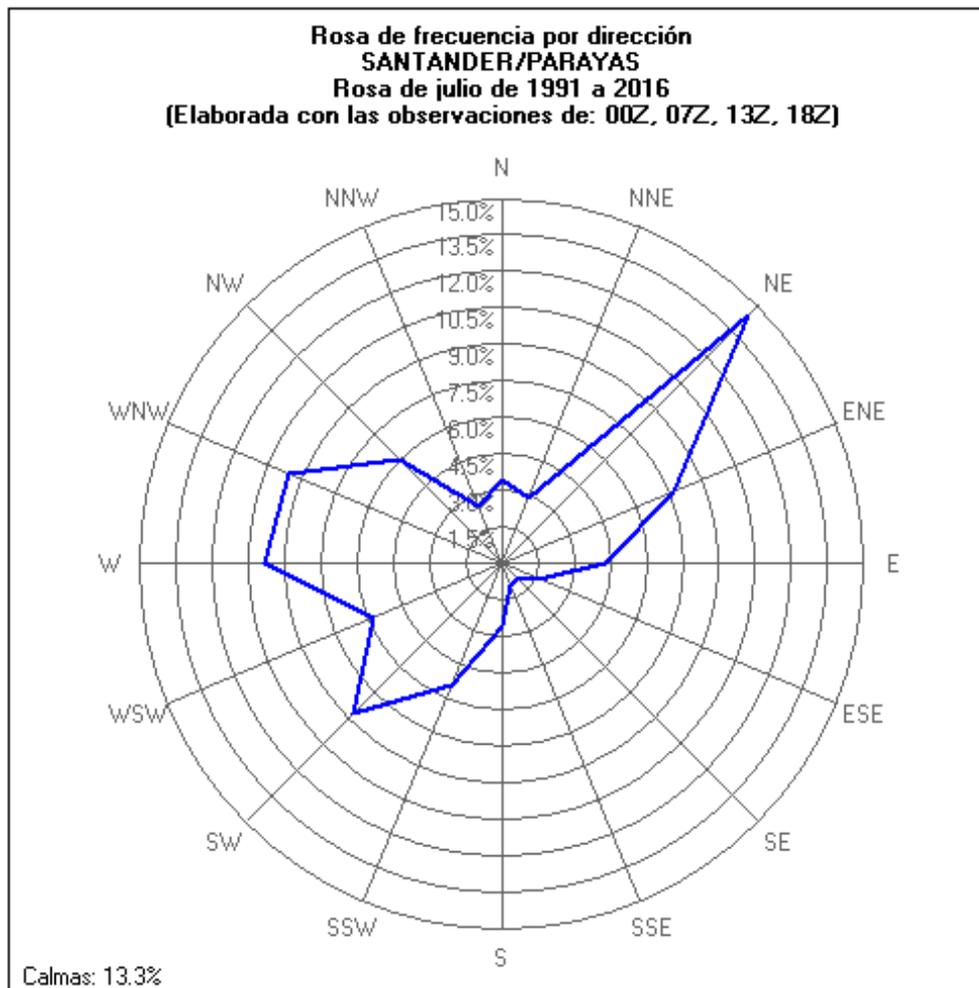


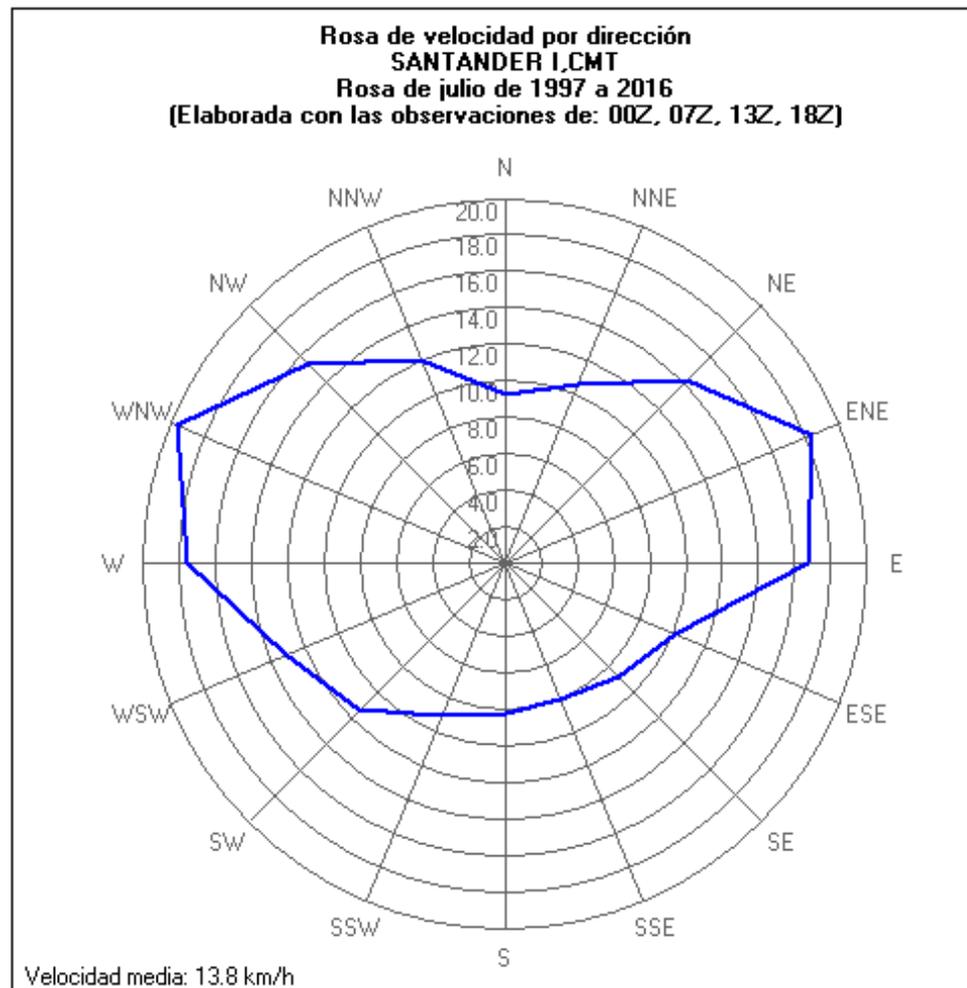
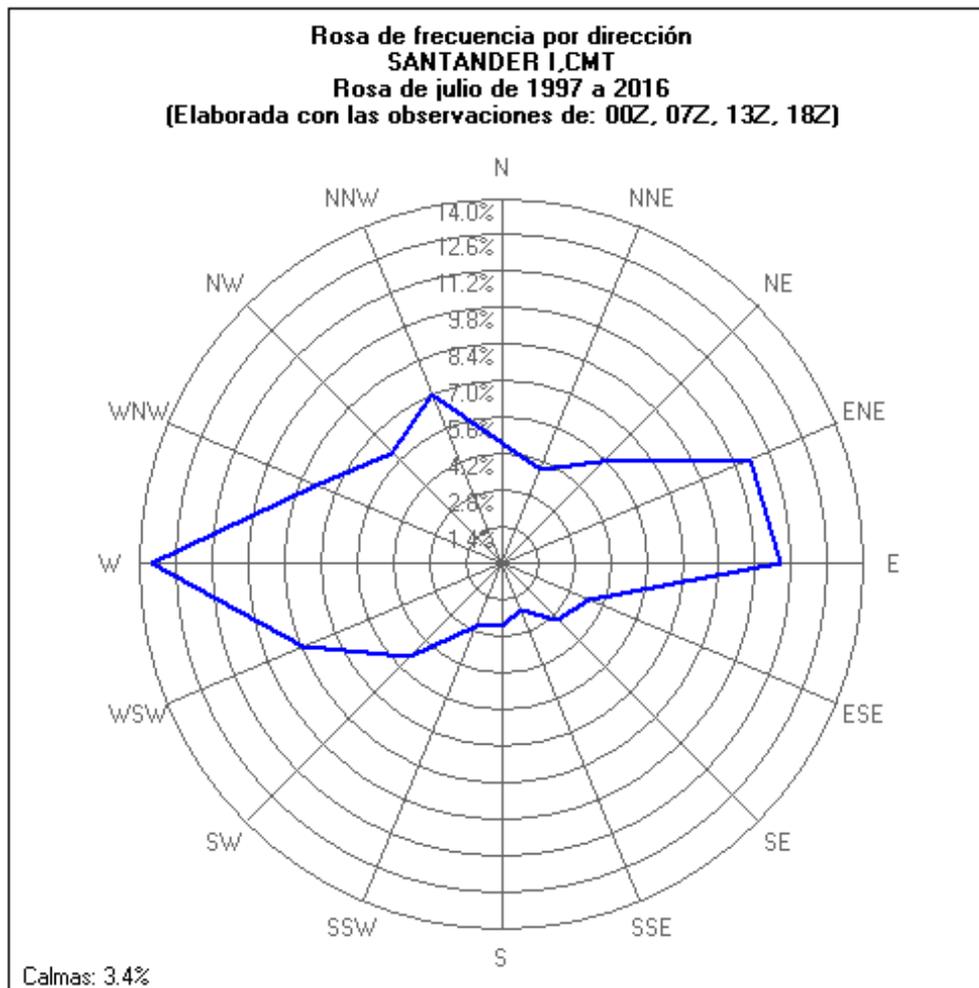


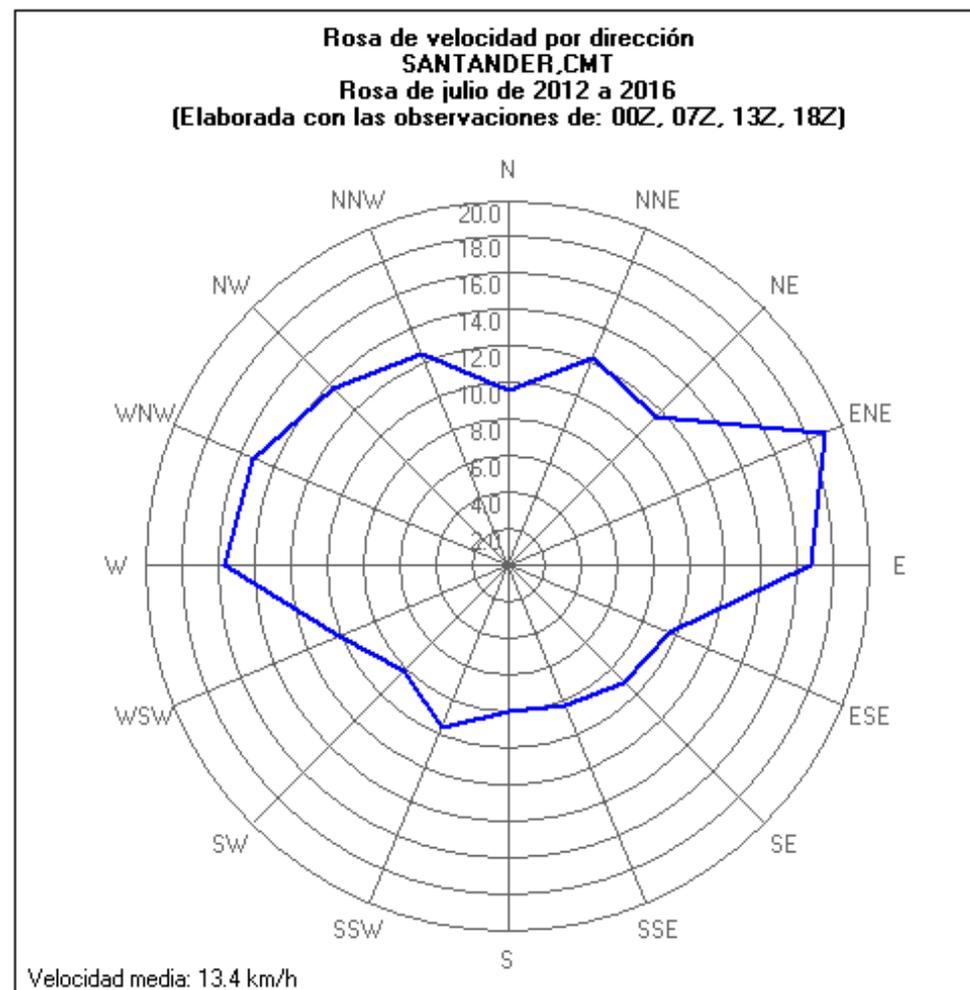
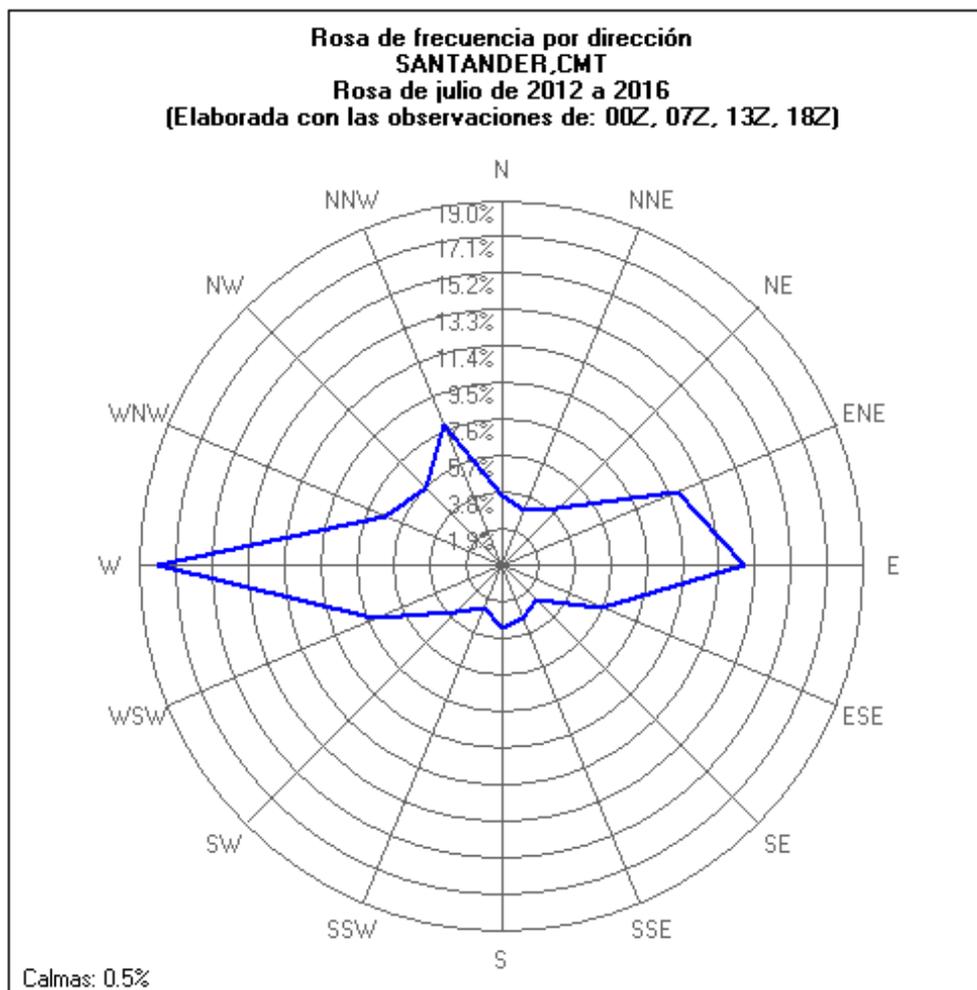




Estación	%/v	Rosa de junio de 1991 a 2016																
		(Elaborada con las observaciones de: 00Z, 07Z, 13Z, 18Z)																
		N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	CA/v
SANTANDER/PARAYAS	%	3.442	3.120	15.246	8.588	4.728	1.640	0.901	0.901	1.930	4.889	7.591	6.111	11.193	9.424	4.728	2.638	12.930
	v	10.140	12.464	17.194	14.000	9.048	5.824	4.464	5.036	7.433	8.783	9.517	10.063	14.477	16.201	15.374	11.707	11.240
SANTANDER I,CMT	%	4.390	3.763	6.313	10.535	12.960	3.846	2.508	1.338	2.425	2.299	4.808	7.191	15.426	7.776	5.769	5.895	2.759
	v	9.429	11.467	13.603	18.020	18.400	10.674	10.250	8.500	9.897	12.964	11.783	12.390	17.485	17.941	16.580	11.610	14.468
SANTANDER,CMT	%	5.000	3.000	7.000	8.667	13.833	3.000	3.833	1.833	2.500	2.333	3.000	8.833	18.667	6.667	6.000	5.167	0.667
	v	8.900	9.611	13.095	18.635	16.530	11.000	9.217	9.000	11.533	8.857	8.000	10.038	19.214	16.600	11.583	10.516	13.953

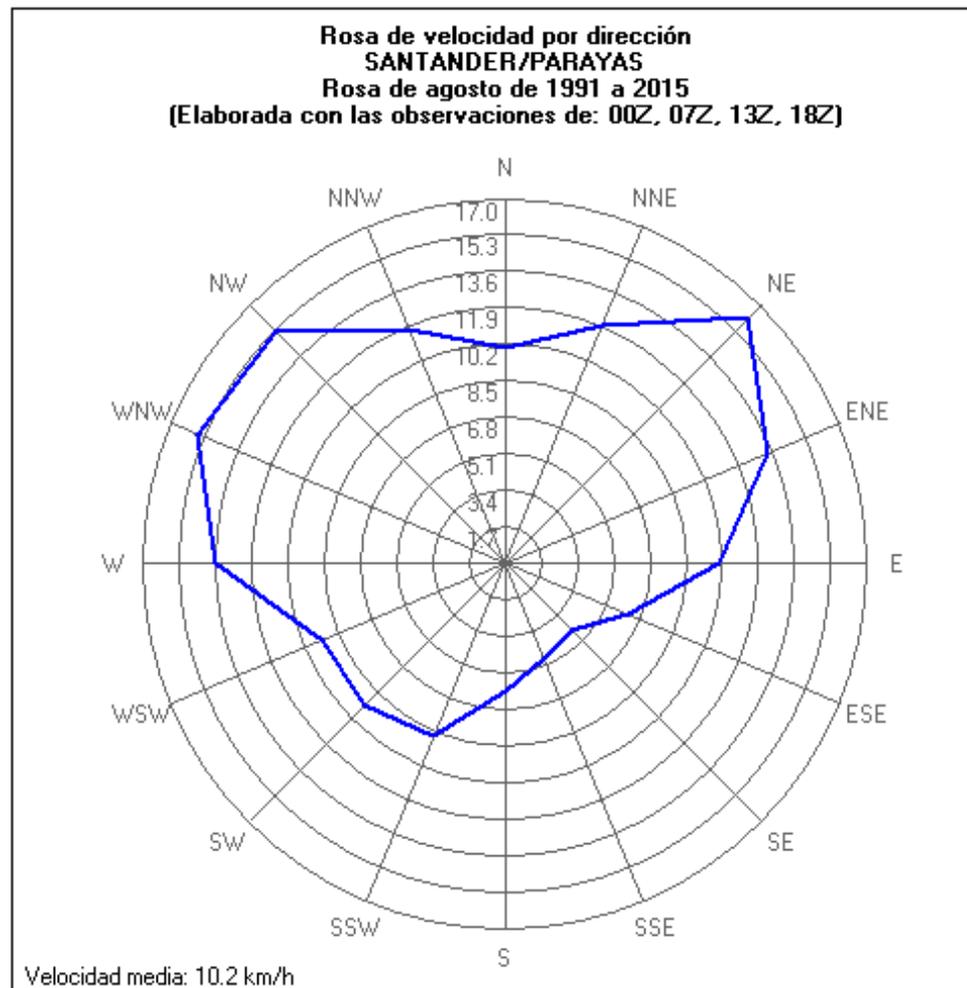
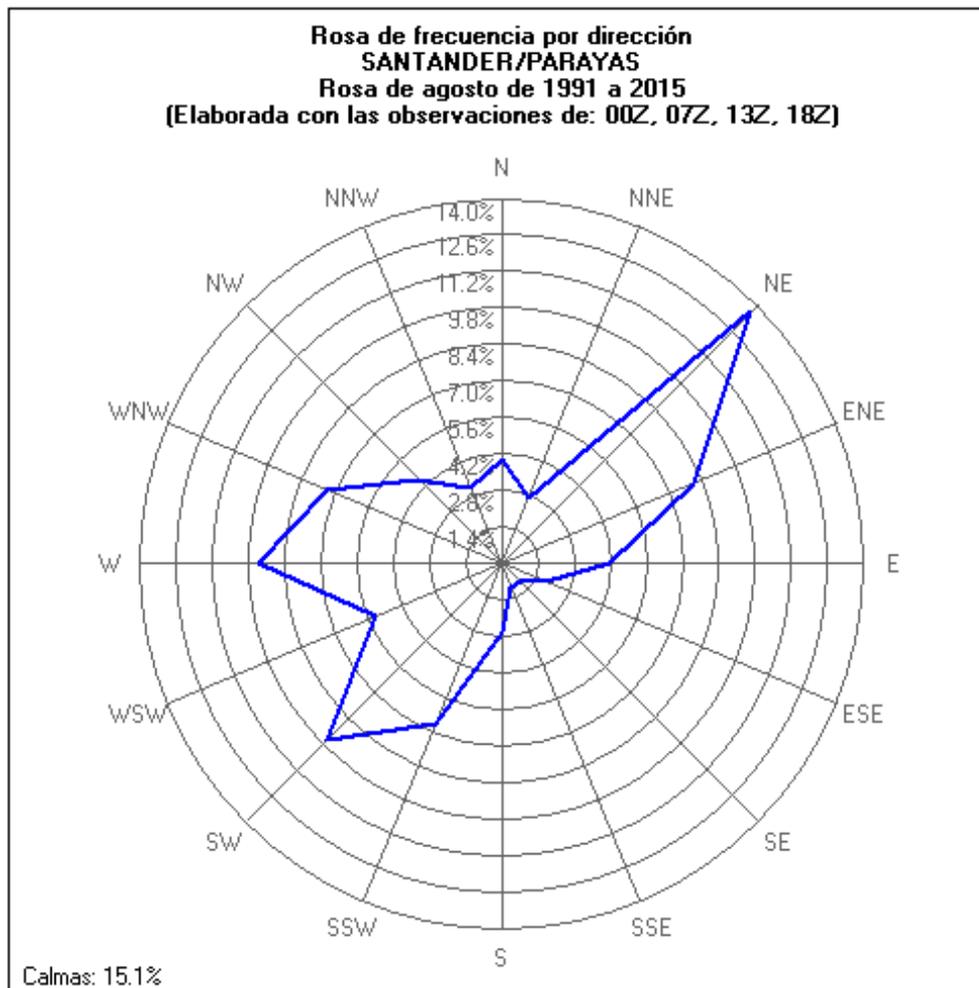






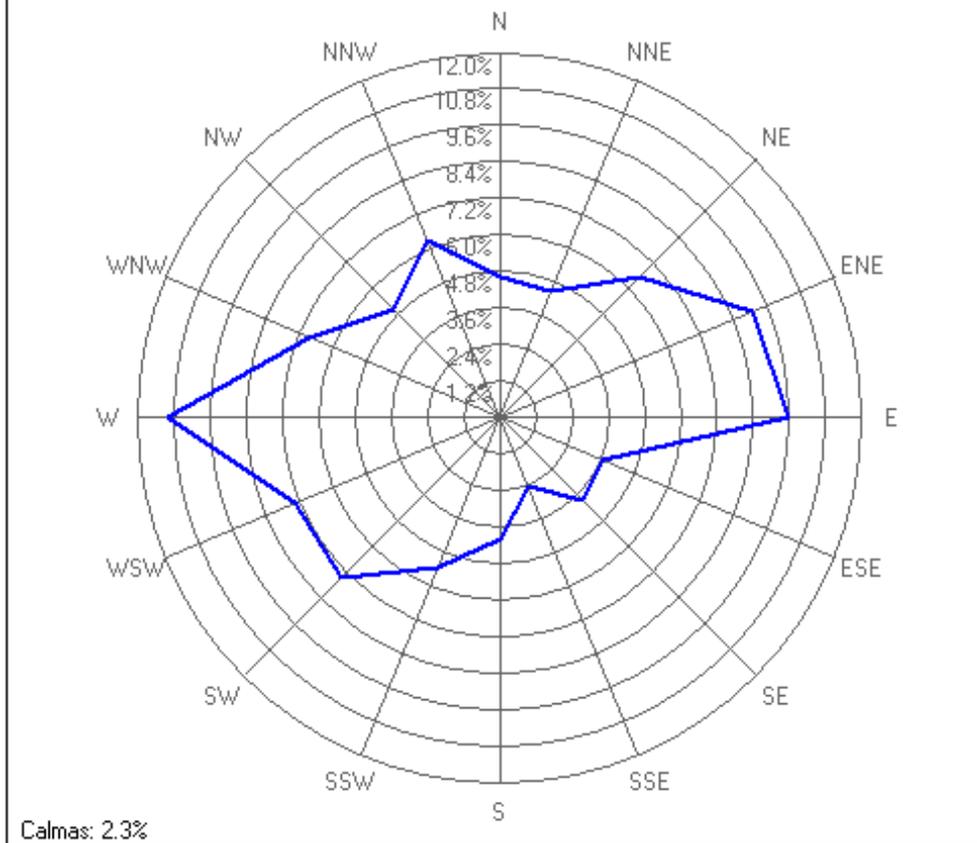


Estación	%/v	Rosa de julio de 1991 a 2016																
		(Elaborada con las observaciones de: 00Z, 07Z, 13Z, 18Z)																
		N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	CA/v
SANTANDER/PARAYAS	%	3.411	2.874	14.403	7.707	4.296	1.674	0.916	1.011	2.622	5.401	8.686	5.780	9.823	9.539	6.033	2.495	13.329
	v	10.102	12.967	17.465	13.623	9.456	6.226	4.966	4.688	4.916	6.830	9.022	9.699	13.707	16.434	14.764	11.734	10.810
SANTANDER I,CMT	%	4.622	3.879	5.489	10.400	10.772	3.673	3.054	1.898	2.394	2.641	5.076	8.337	13.537	7.842	5.984	6.975	3.426
	v	9.277	10.564	14.195	18.373	16.713	10.135	8.865	8.087	8.190	9.094	11.374	13.074	17.567	19.674	15.386	12.024	13.849
SANTANDER,CMT	%	3.621	3.103	4.138	10.000	12.759	5.690	2.586	2.931	3.276	2.414	3.448	7.241	18.103	6.552	5.690	7.931	0.517
	v	9.571	12.278	11.500	19.000	16.703	9.727	9.067	8.353	8.000	9.643	8.150	10.048	15.629	15.237	13.636	12.522	13.367

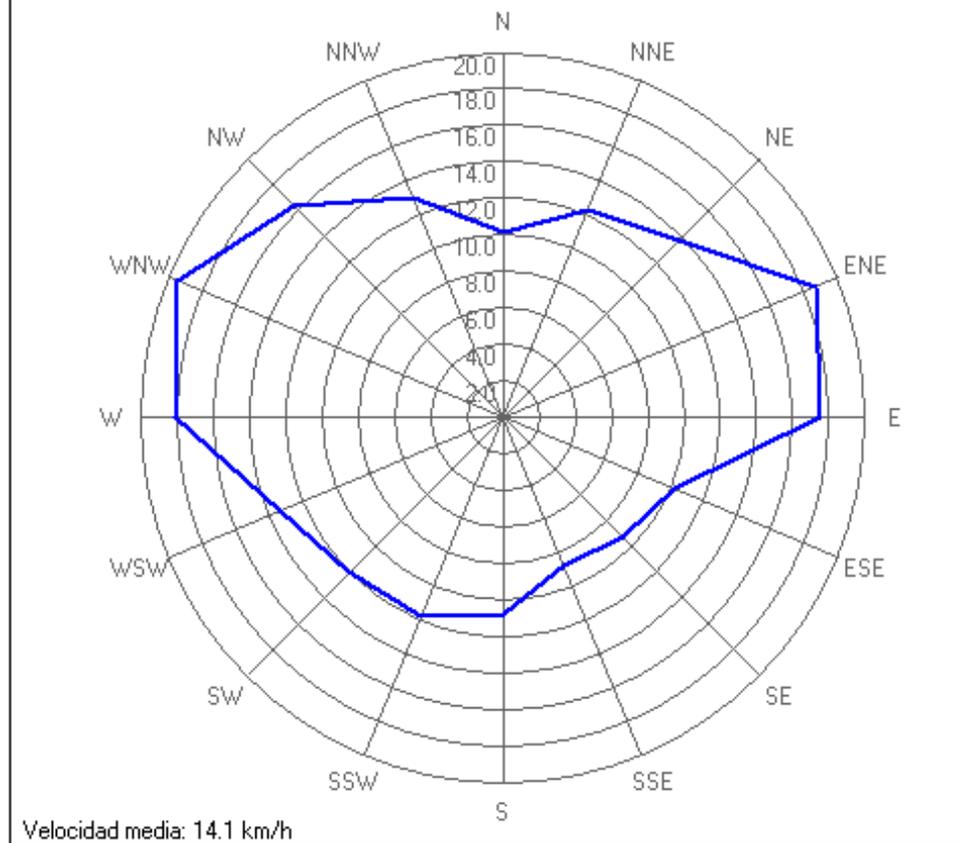


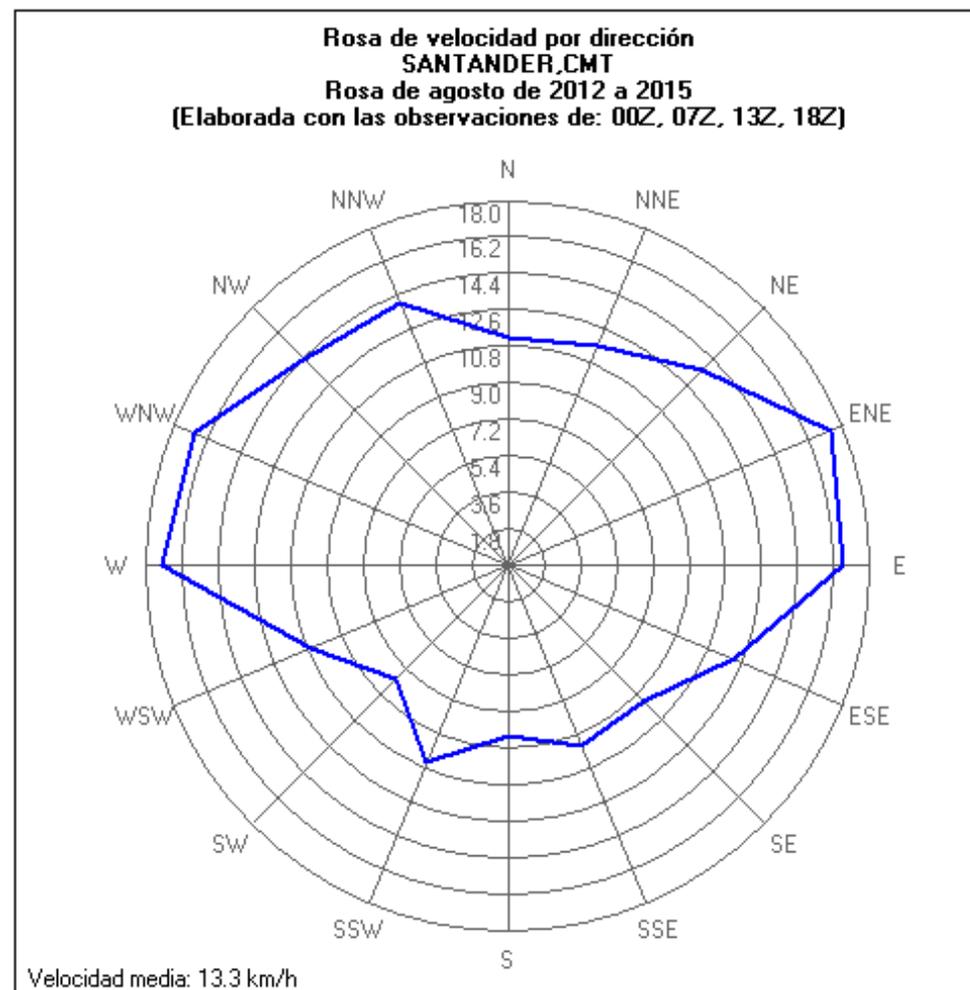
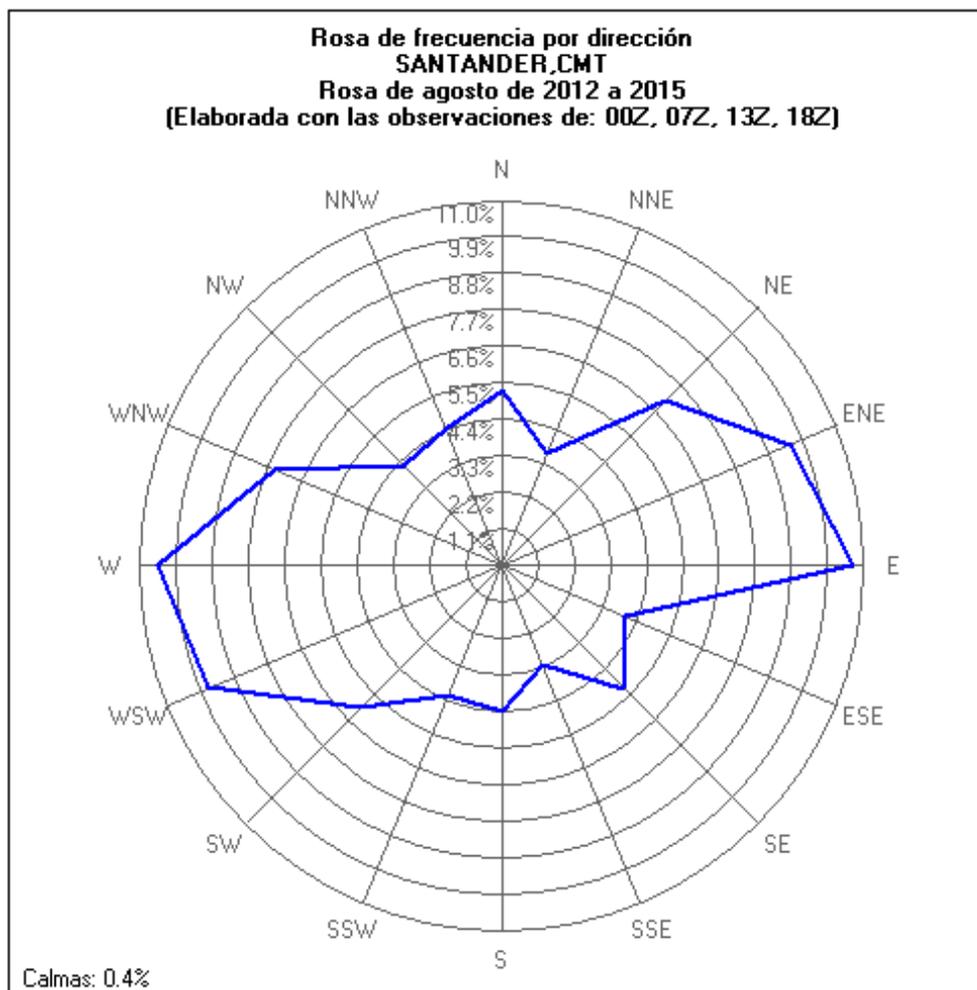


**Rosa de frecuencia por dirección
SANTANDER I,CMT**
Rosa de agosto de 1997 a 2015
(Elaborada con las observaciones de: 00Z, 07Z, 13Z, 18Z)



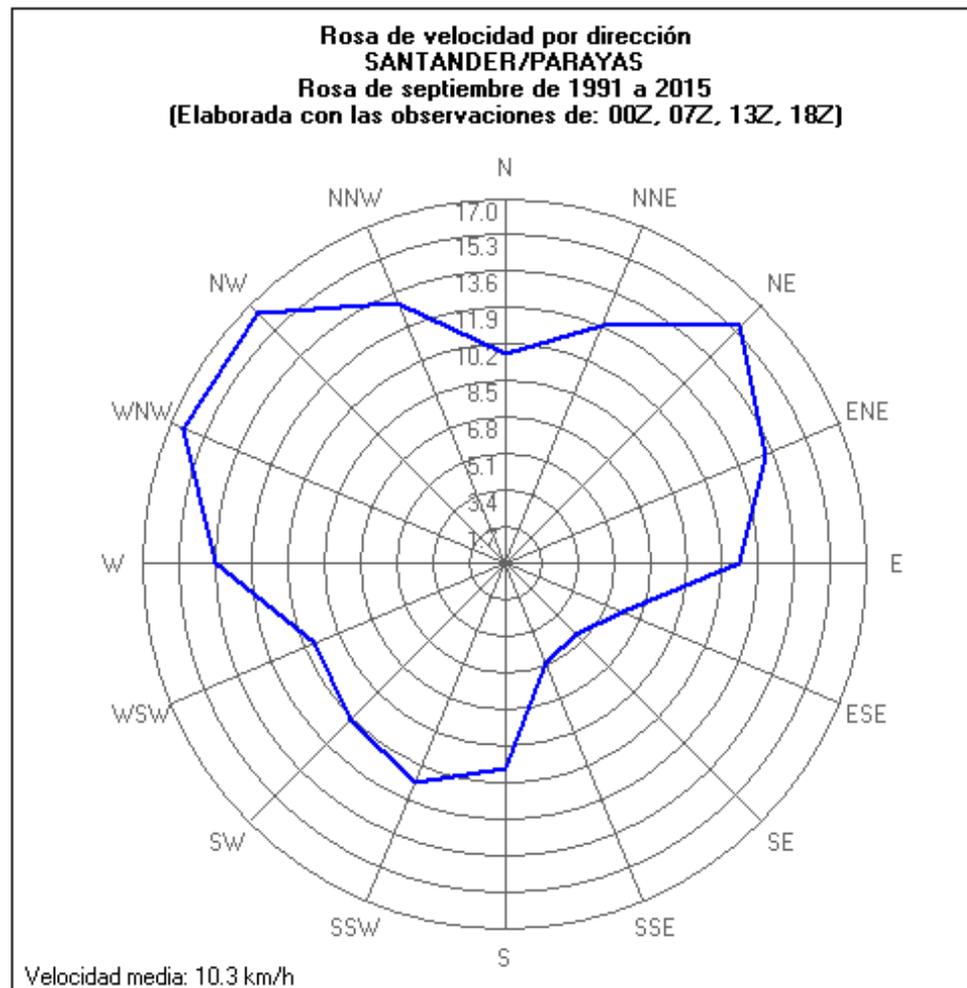
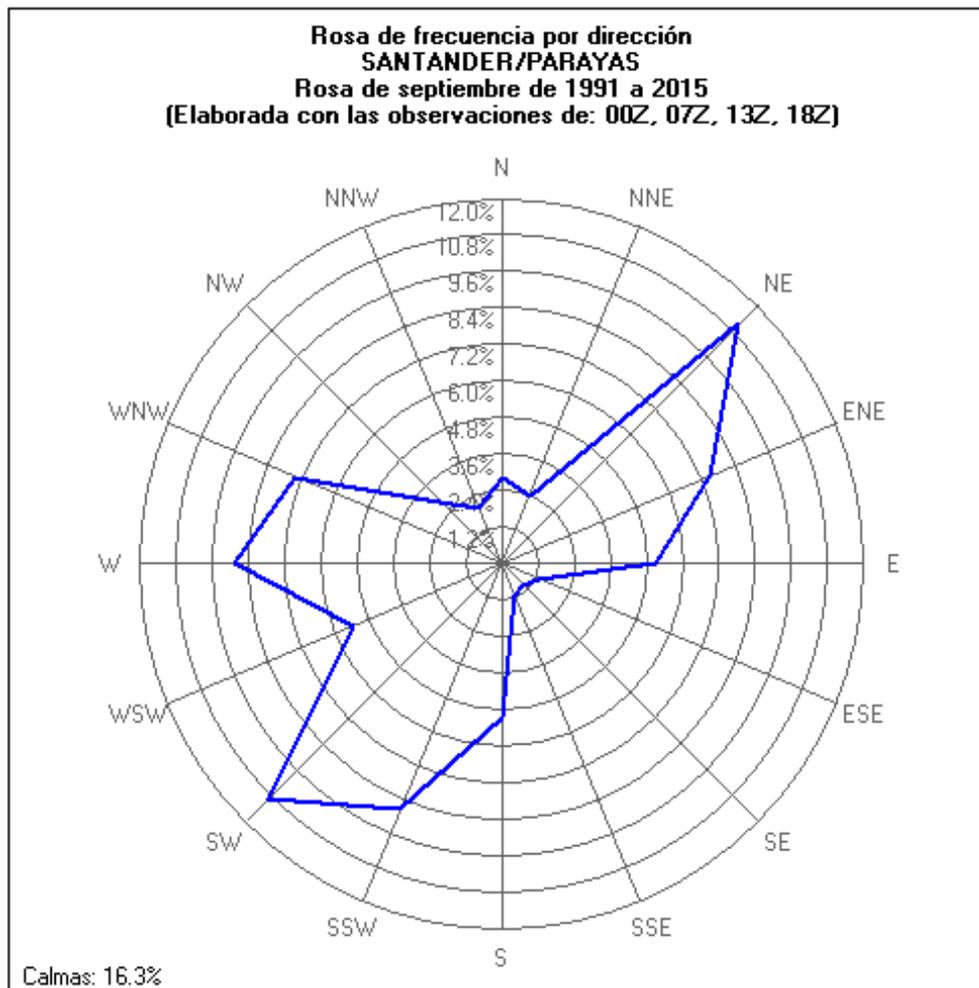
**Rosa de velocidad por dirección
SANTANDER I,CMT**
Rosa de agosto de 1997 a 2015
(Elaborada con las observaciones de: 00Z, 07Z, 13Z, 18Z)





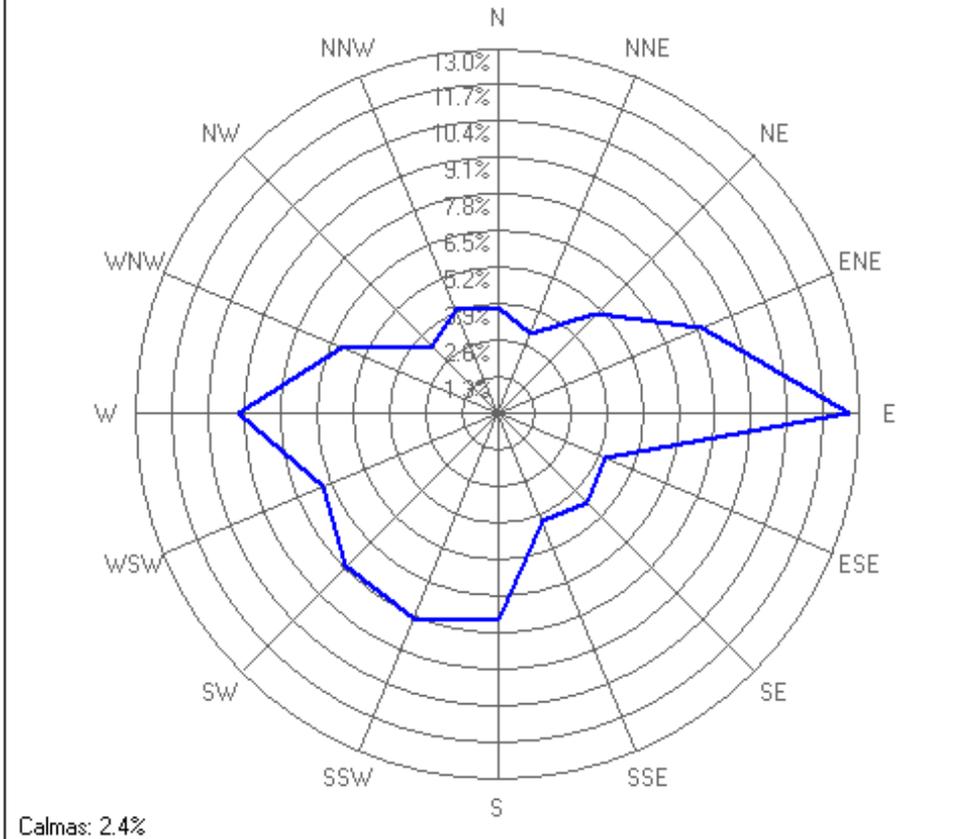


Estación	%/v	Rosa de agosto de 1991 a 2016																
		(Elaborada con las observaciones de: 00Z, 07Z, 13Z, 18Z)																
		N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	CA/v
SANTANDER/PARAYAS	%	3.992	2.694	13.632	8.017	4.122	1.850	1.039	0.974	2.661	6.686	9.542	5.290	9.380	7.303	4.576	3.116	15.125
	v	10.049	11.988	16.164	13.368	10.024	6.246	4.406	4.800	5.988	8.733	9.316	9.325	13.567	15.667	15.234	11.833	10.197
SANTANDER I,CMT	%	4.635	4.464	6.567	9.099	9.571	3.734	3.906	2.446	3.991	5.365	7.468	7.382	11.030	6.824	4.979	6.266	2.275
	v	10.157	12.250	13.771	18.722	17.543	10.276	9.308	8.737	10.806	11.856	12.006	13.291	18.109	19.447	16.405	12.986	14.096
SANTANDER,CMT	%	5.242	3.629	7.056	9.476	10.685	4.032	5.242	3.226	4.435	4.234	6.048	9.677	10.484	7.460	4.234	4.435	0.403
	v	11.231	11.722	13.600	17.340	16.642	12.150	9.500	9.625	8.455	10.571	7.967	10.646	17.192	16.946	14.381	14.045	13.327

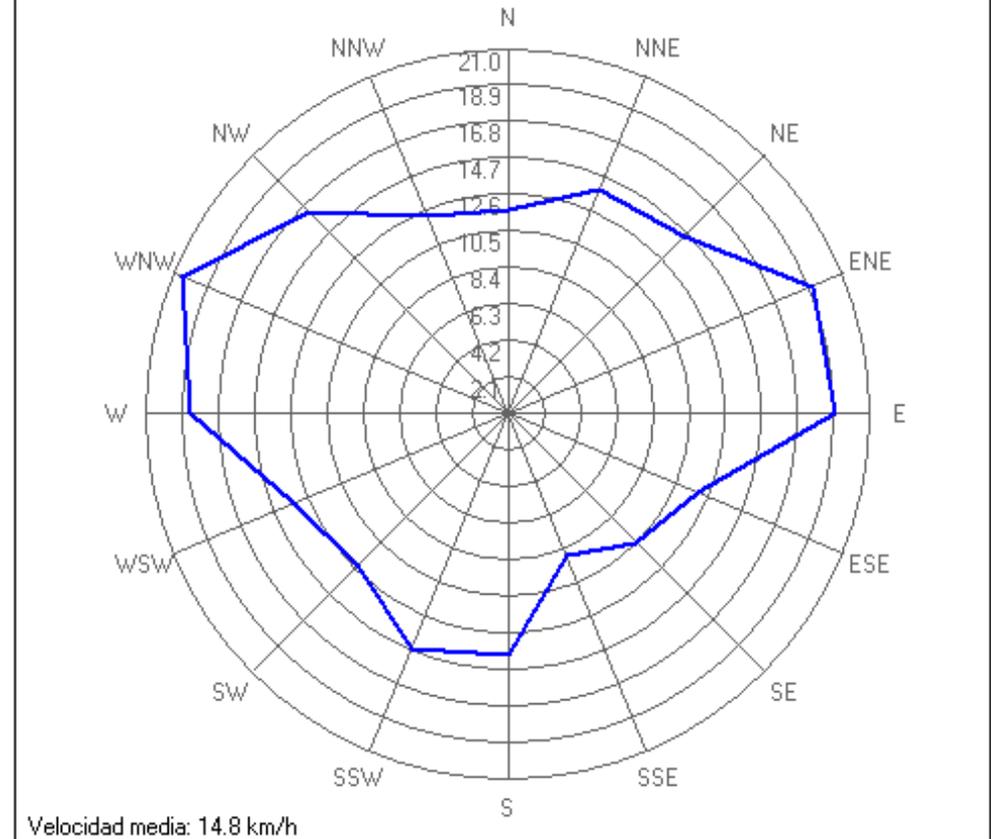


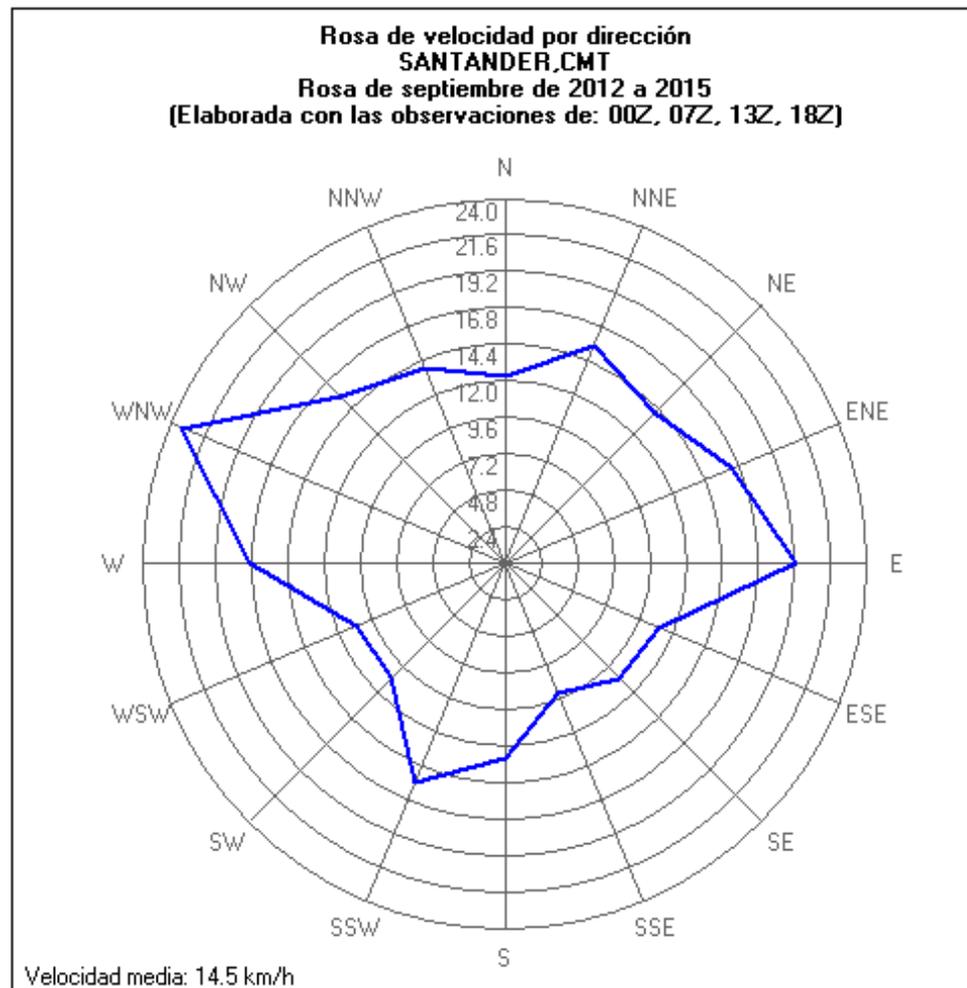
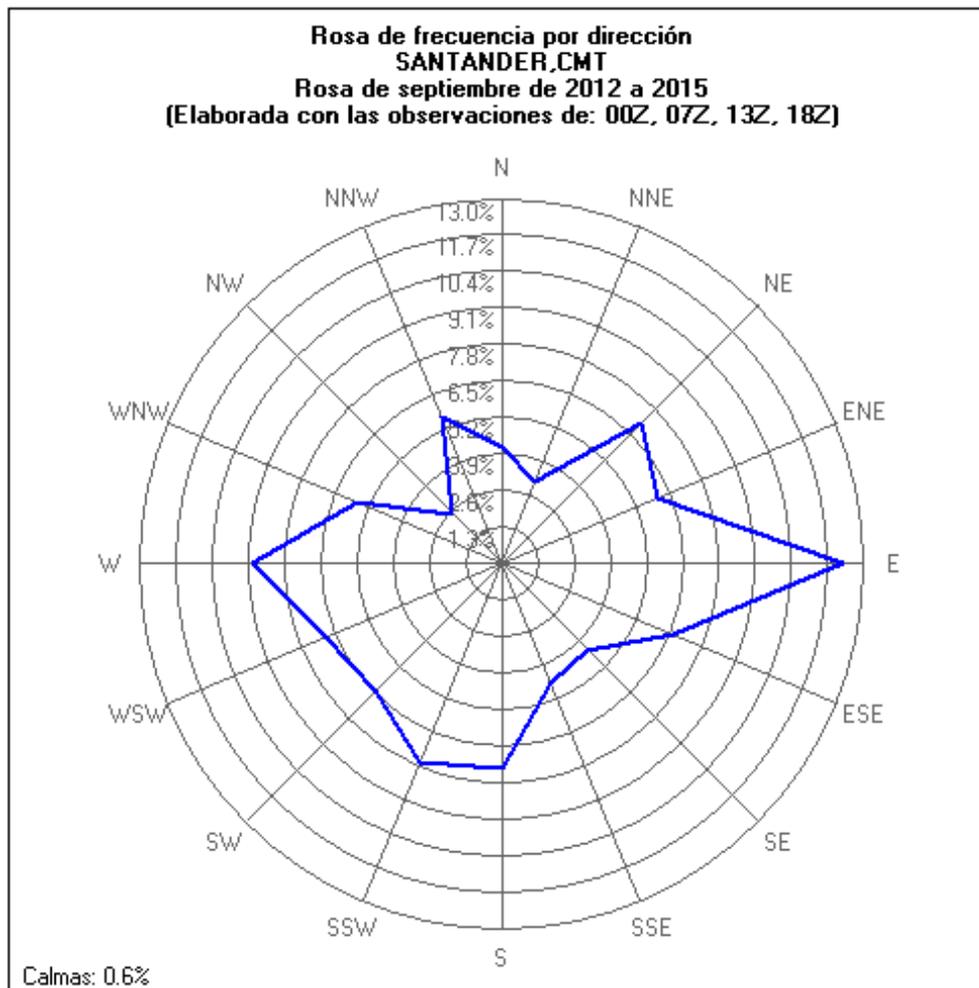


**Rosa de frecuencia por dirección
SANTANDER I.CMT**
Rosa de septiembre de 1997 a 2015
(Elaborada con las observaciones de: 00Z, 07Z, 13Z, 18Z)



**Rosa de velocidad por dirección
SANTANDER I.CMT**
Rosa de septiembre de 1997 a 2015
(Elaborada con las observaciones de: 00Z, 07Z, 13Z, 18Z)



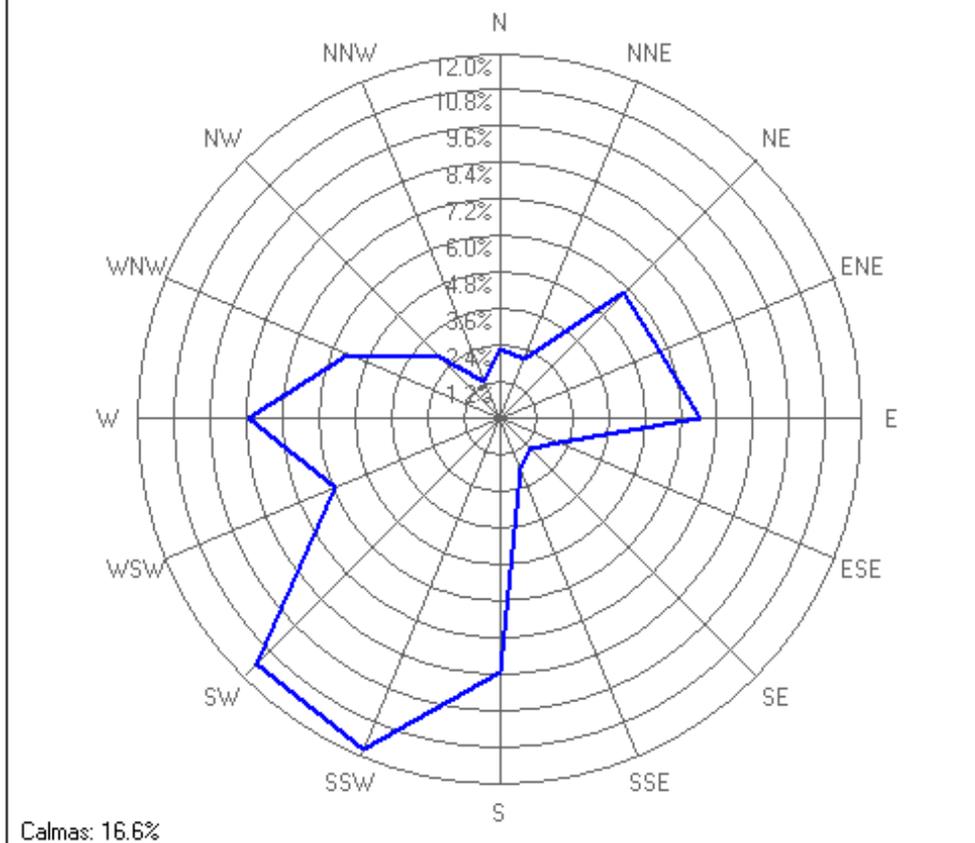




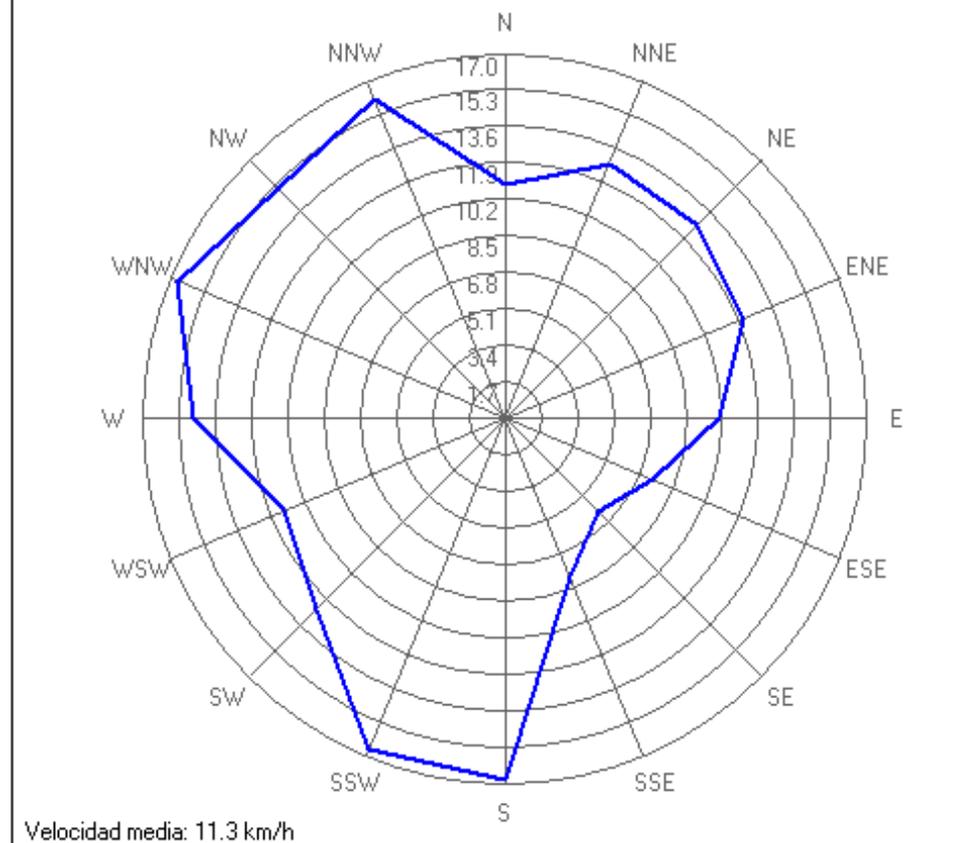
Estación	%/v	Rosa de septiembre de 1991 a 2016																
		(Elaborada con las observaciones de: 00Z, 07Z, 13Z, 18Z)																
		N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	CA/v
SANTANDER/PARAYAS	%	2.815	2.413	11.126	7.507	5.094	1.340	1.005	1.173	5.094	8.780	10.958	5.328	8.847	7.406	2.882	1.977	16.253
	v	9.762	11.944	15.611	13.223	10.993	5.950	4.700	4.971	9.579	11.080	10.306	9.711	13.591	16.403	16.488	13.169	10.278
SANTANDER I,CMT	%	3.744	3.040	4.978	7.930	12.599	4.185	4.493	4.141	7.357	7.930	7.709	6.784	9.295	6.123	3.348	3.965	2.379
	v	11.671	13.928	14.407	19.106	18.990	11.968	10.539	8.809	13.970	14.678	12.337	13.487	18.483	20.424	16.395	12.344	14.847
SANTANDER,CMT	%	4.167	3.125	7.083	6.042	12.292	6.667	4.375	4.583	7.292	7.708	6.458	6.875	8.958	5.625	2.500	5.625	0.625
	v	12.300	15.533	14.059	16.310	19.271	11.063	10.714	9.273	12.771	15.649	10.645	10.667	16.884	23.185	15.500	13.889	14.523

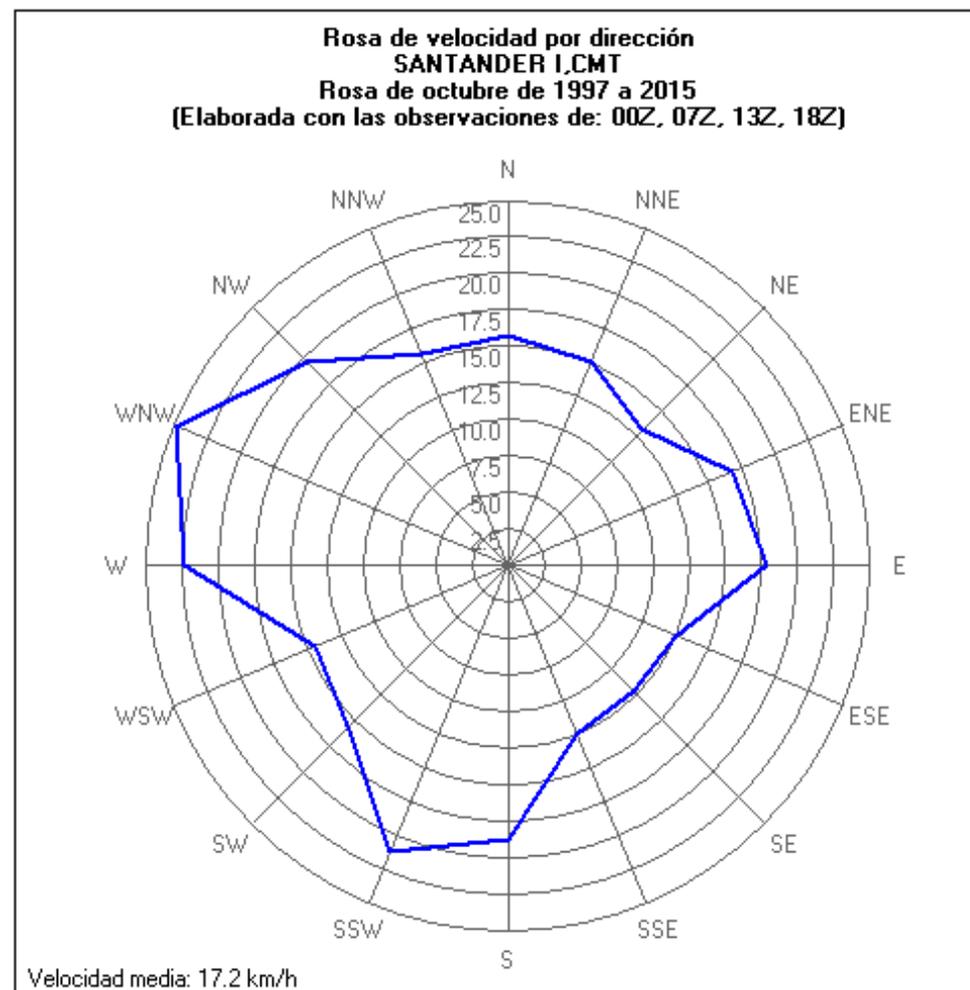
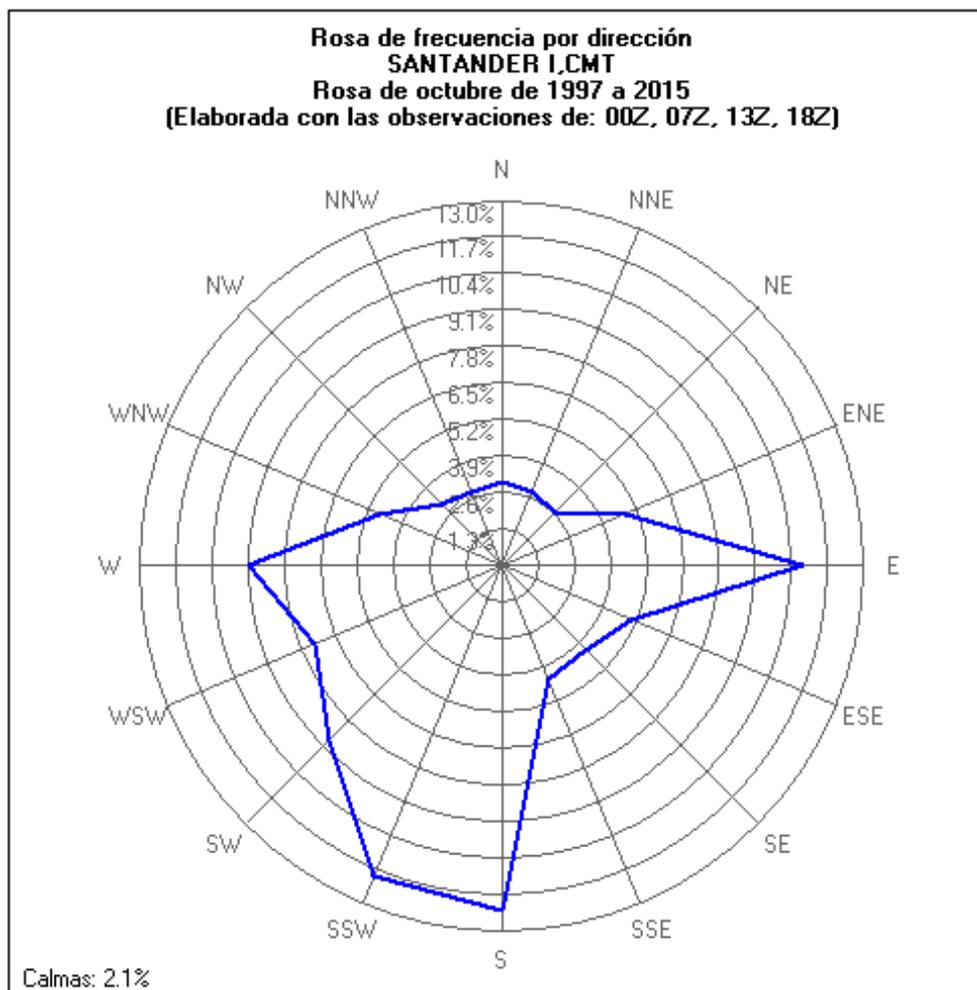


**Rosa de frecuencia por dirección
SANTANDER/PARAYAS
Rosa de octubre de 1991 a 2015
(Elaborada con las observaciones de: 00Z, 07Z, 13Z, 18Z)**



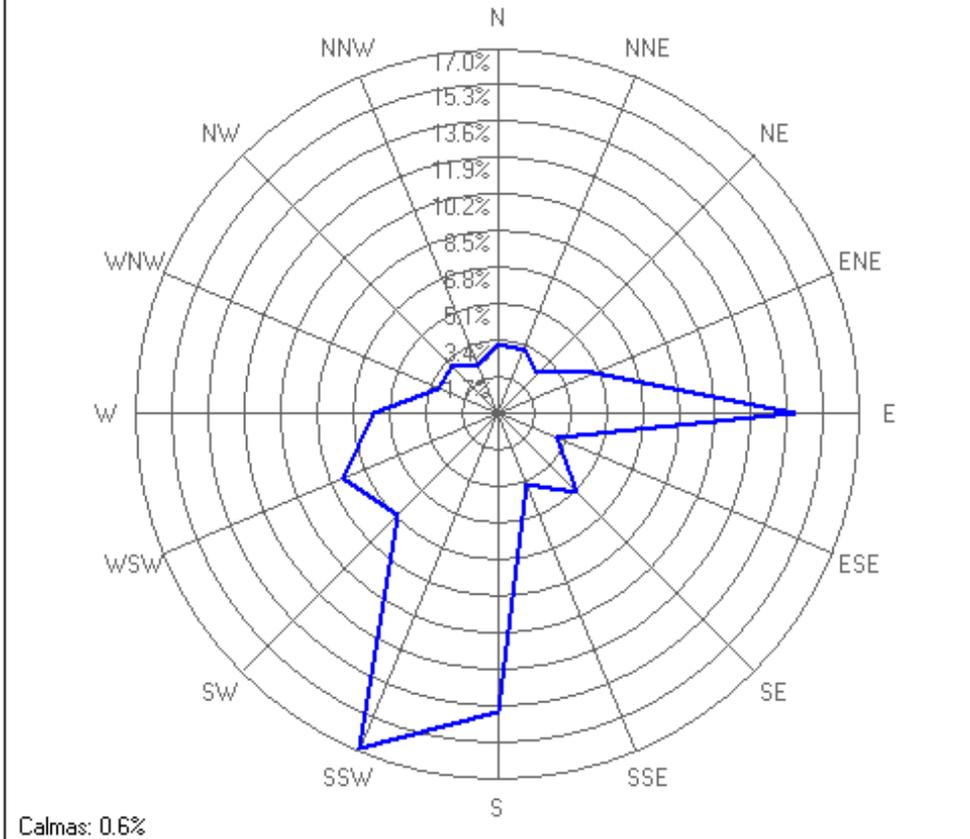
**Rosa de velocidad por dirección
SANTANDER/PARAYAS
Rosa de octubre de 1991 a 2015
(Elaborada con las observaciones de: 00Z, 07Z, 13Z, 18Z)**



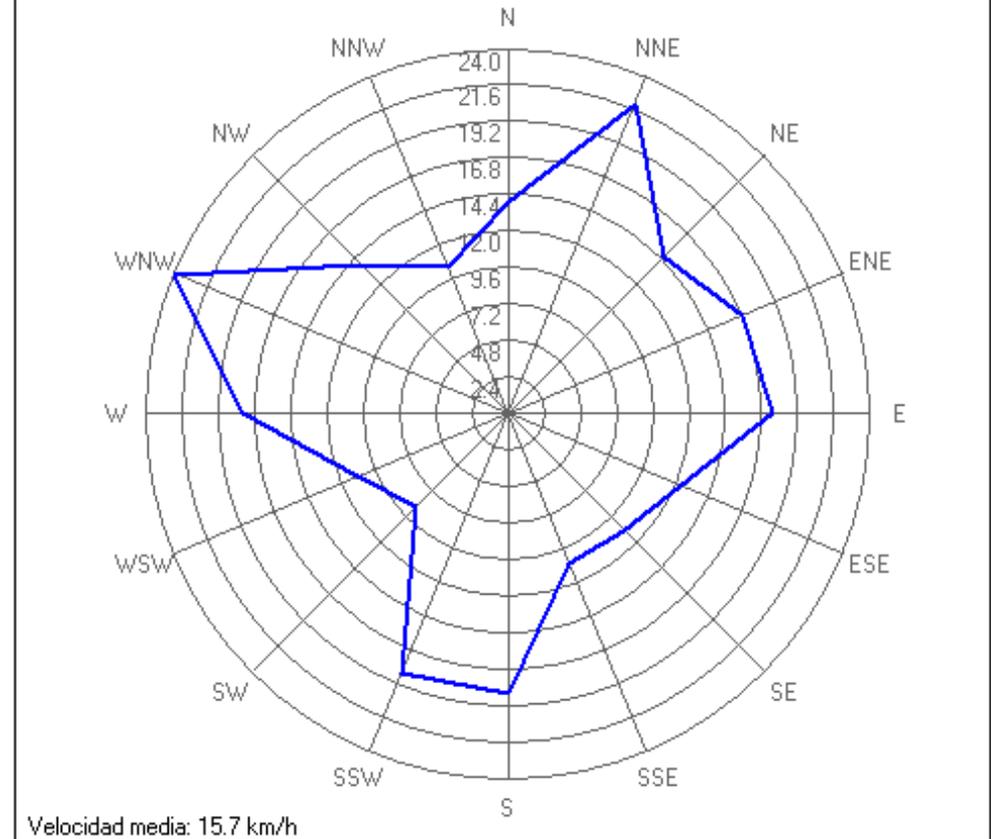




**Rosa de frecuencia por dirección
SANTANDER,CMT**
Rosa de octubre de 2012 a 2015
(Elaborada con las observaciones de: 00Z, 07Z, 13Z, 18Z)



**Rosa de velocidad por dirección
SANTANDER,CMT**
Rosa de octubre de 2012 a 2015
(Elaborada con las observaciones de: 00Z, 07Z, 13Z, 18Z)

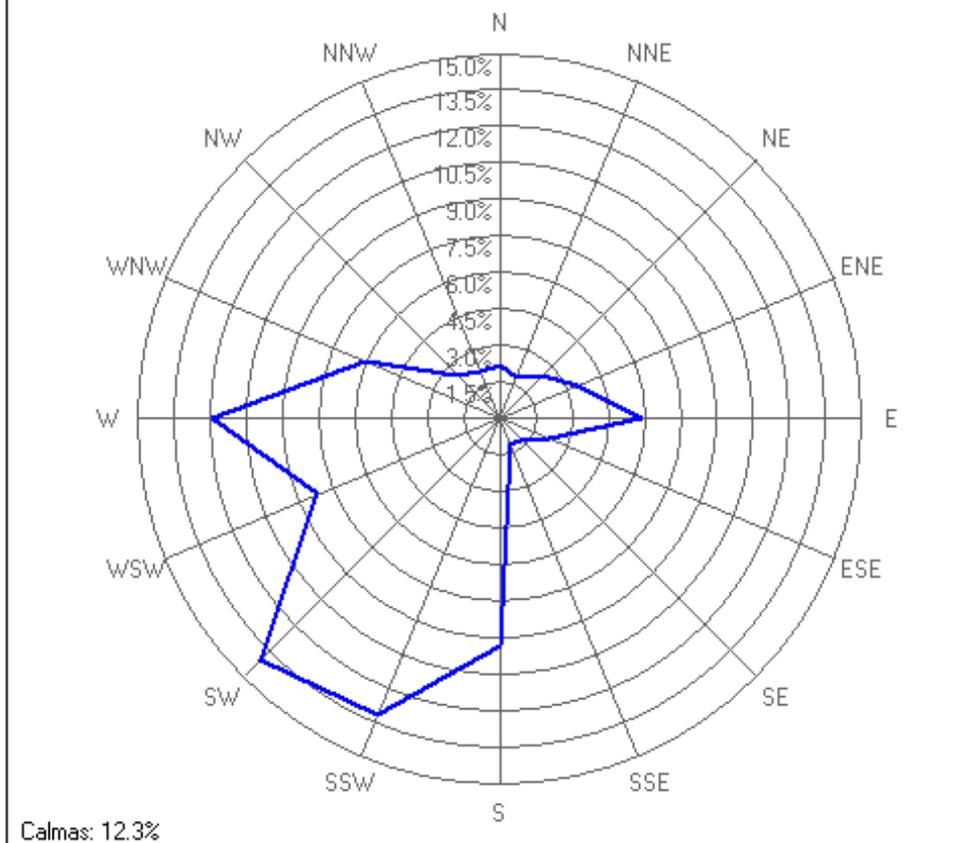




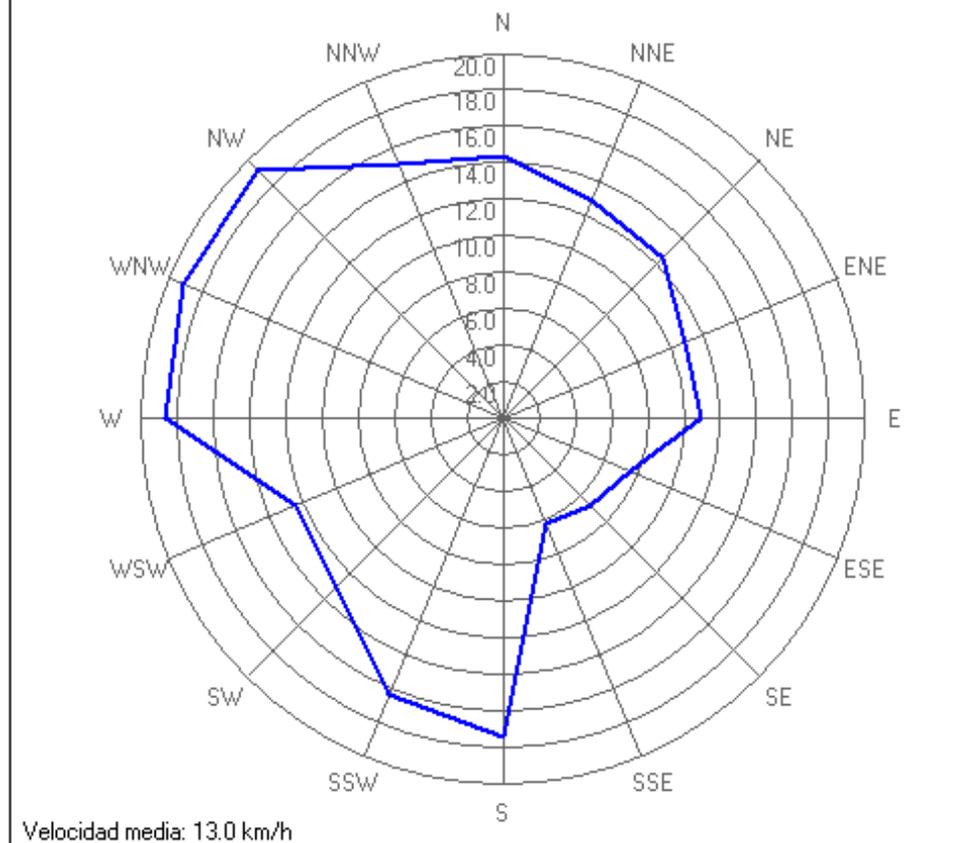
Estación	%/v	Rosa de octubre de 1991 a 2016																
		(Elaborada con las observaciones de: 00Z, 07Z, 13Z, 18Z)																
		N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	CA/v
SANTANDER/PARAYAS	%	2.268	2.106	5.831	5.766	6.608	2.106	1.425	1.814	8.325	11.791	11.435	5.928	8.358	5.507	2.851	1.296	16.586
	v	10.857	12.862	12.761	12.169	10.049	7.492	6.205	8.000	16.813	16.731	12.603	11.197	14.690	16.700	15.102	16.125	11.272
SANTANDER I,CMT	%	2.985	2.814	2.687	4.819	10.789	5.032	4.264	4.392	12.324	11.983	8.785	7.292	9.083	4.776	3.028	2.857	2.090
	v	15.786	15.121	13.111	16.841	17.842	12.542	12.250	12.495	18.834	21.295	15.636	14.485	22.441	24.830	19.676	15.642	17.206
SANTANDER,CMT	%	3.226	3.226	2.621	4.839	13.911	3.024	5.242	3.629	13.911	16.935	6.653	7.863	5.847	3.024	3.024	2.419	0.605
	v	13.875	22.000	14.615	16.875	17.565	12.400	10.885	10.667	18.420	18.571	8.727	10.872	17.655	23.933	13.733	10.417	15.700

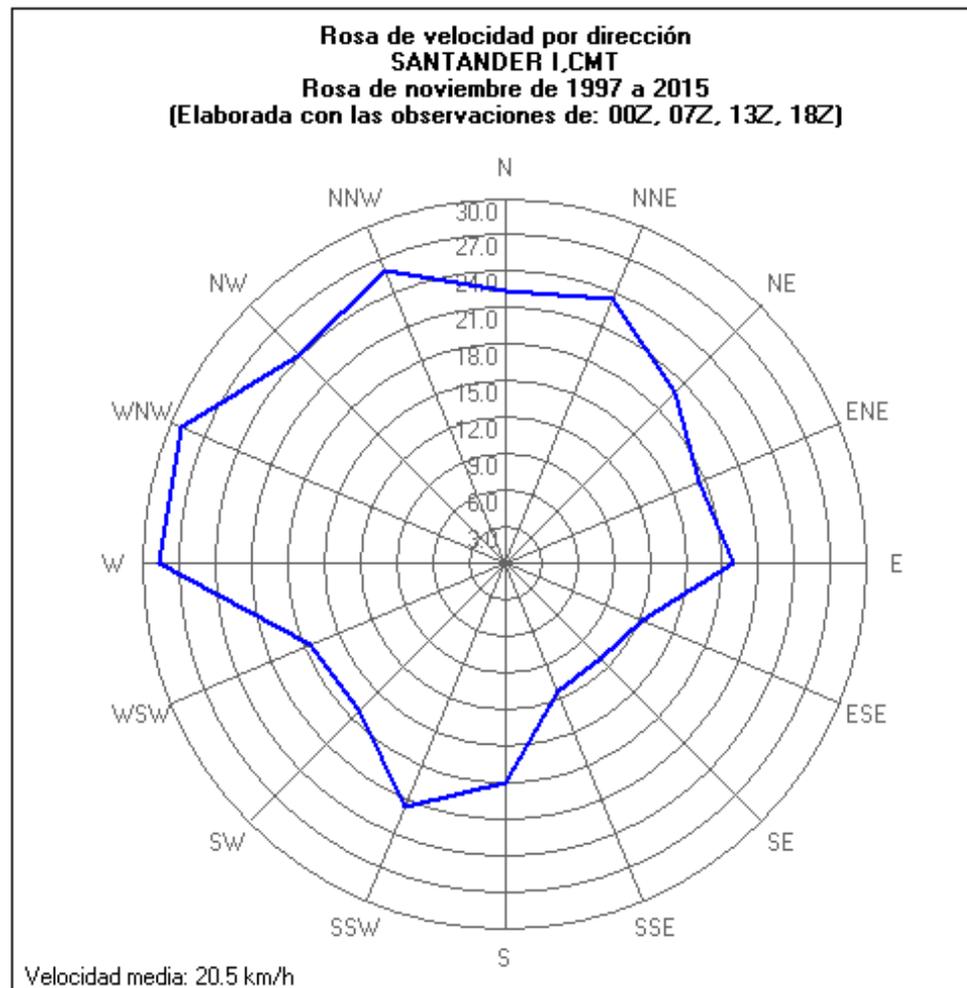
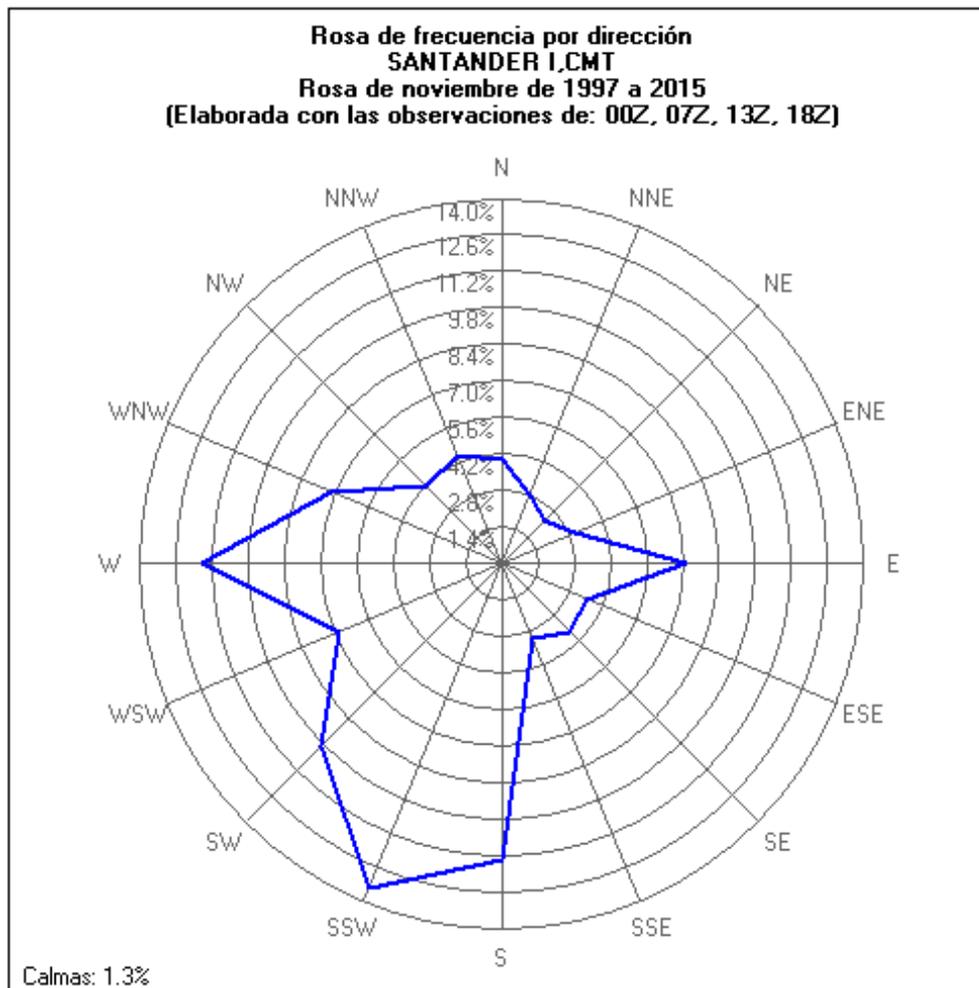


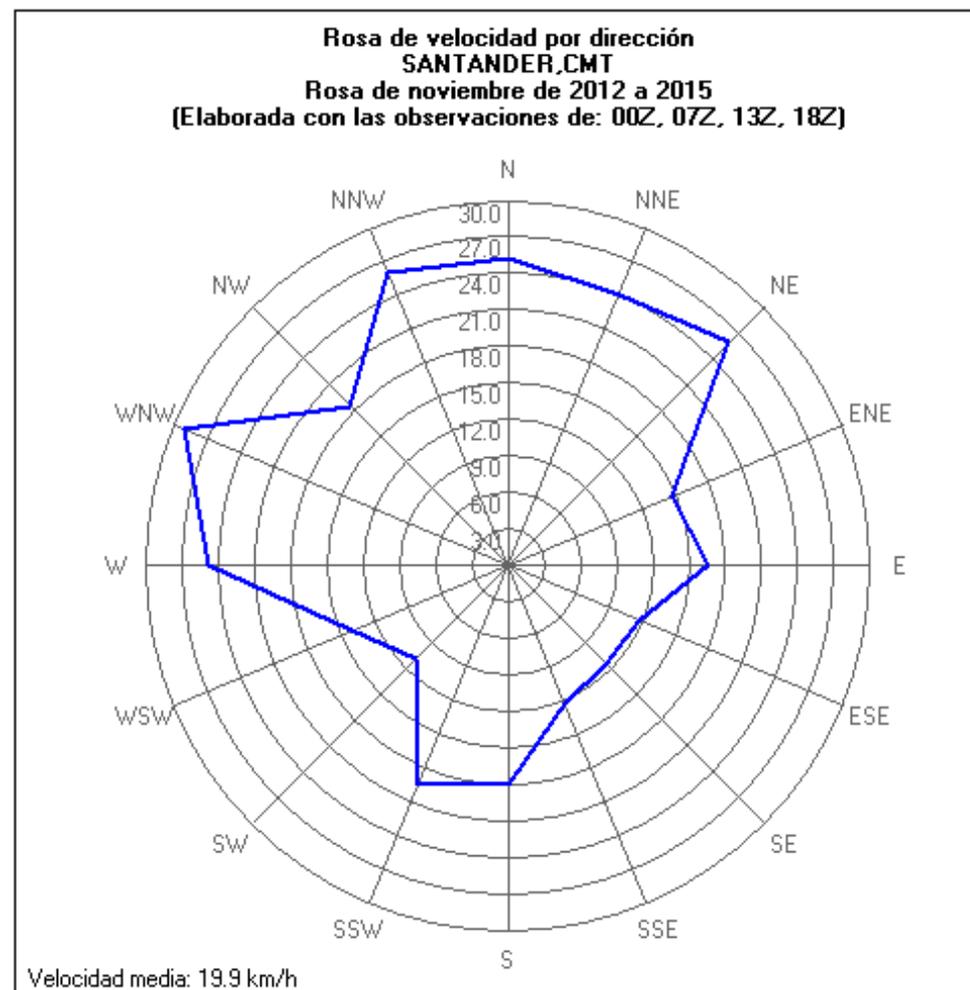
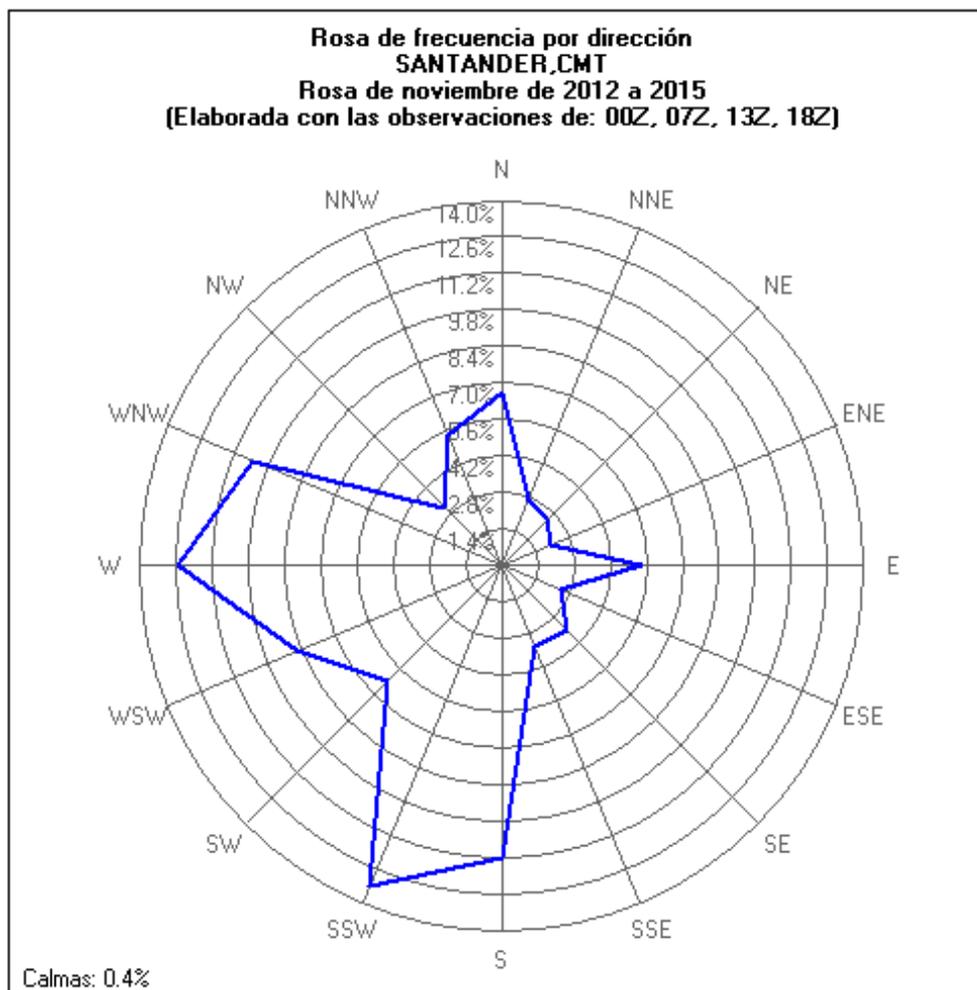
**Rosa de frecuencia por dirección
SANTANDER/PARAYAS**
Rosa de noviembre de 1991 a 2015
(Elaborada con las observaciones de: 00Z, 07Z, 13Z, 18Z)



**Rosa de velocidad por dirección
SANTANDER/PARAYAS**
Rosa de noviembre de 1991 a 2015
(Elaborada con las observaciones de: 00Z, 07Z, 13Z, 18Z)

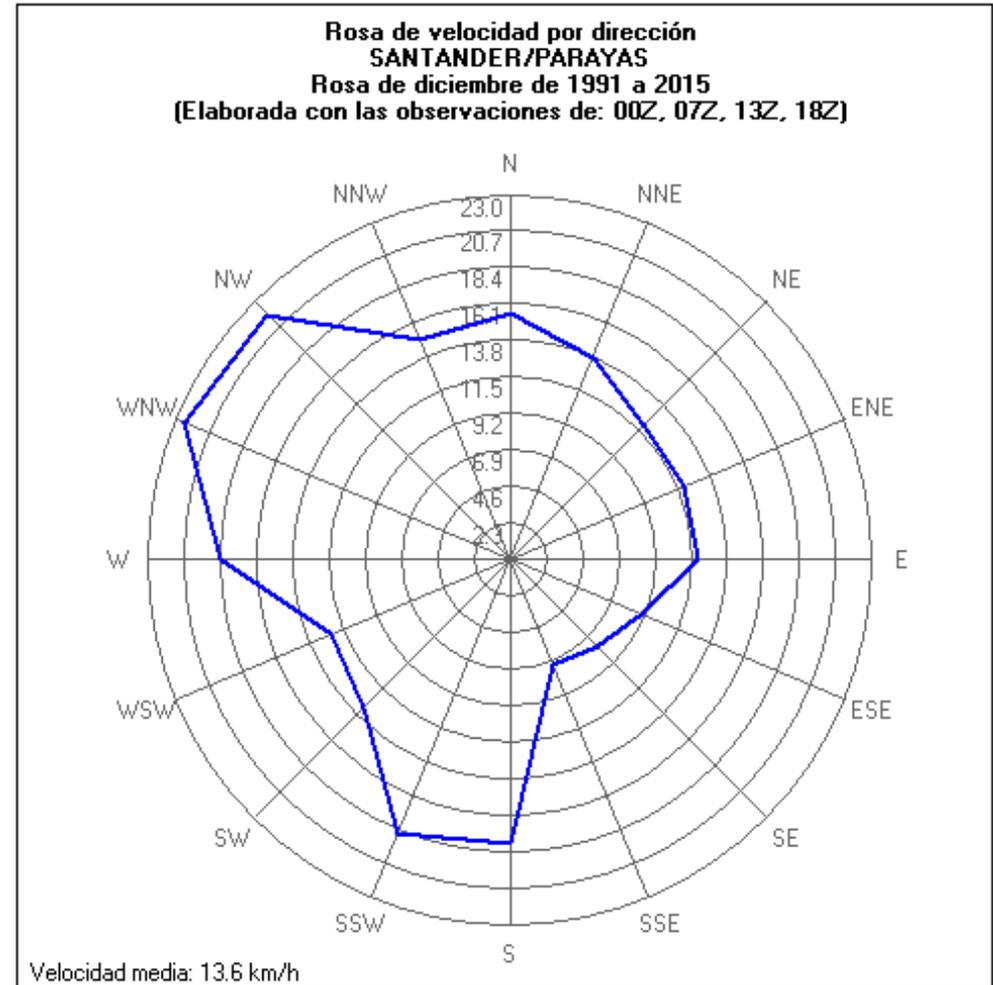
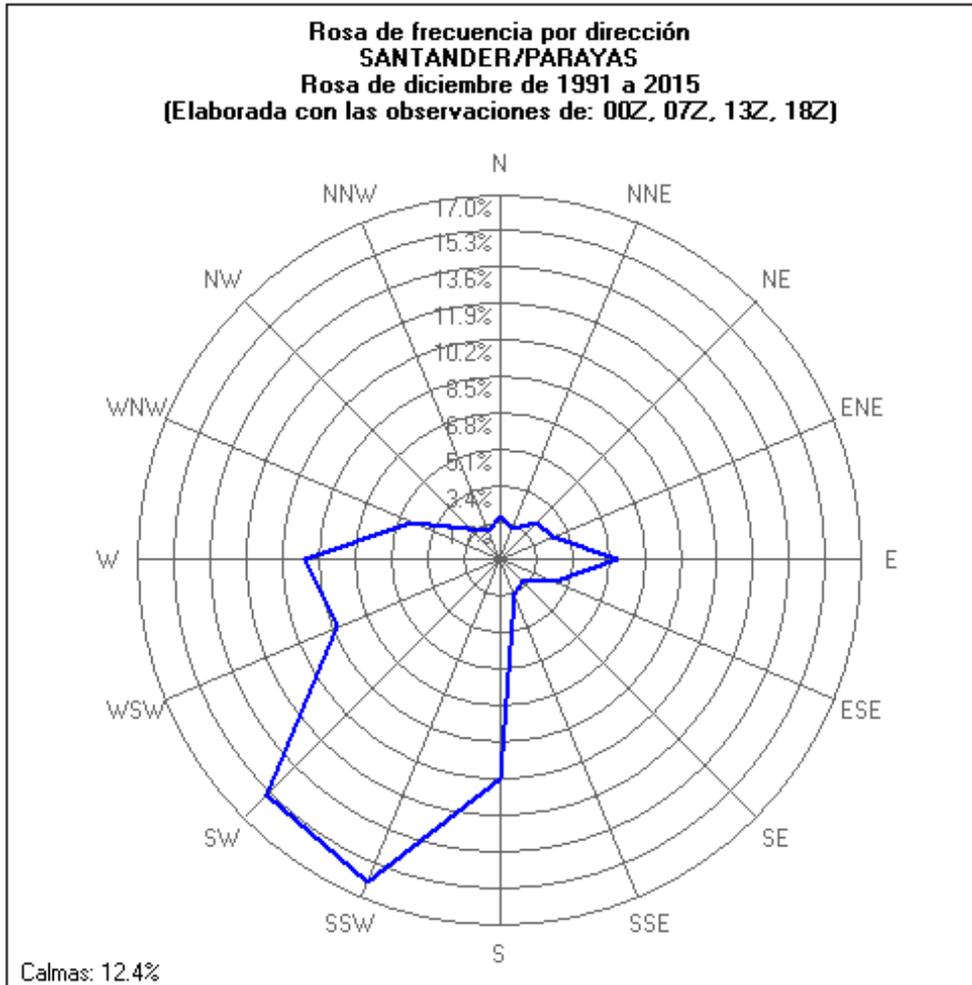


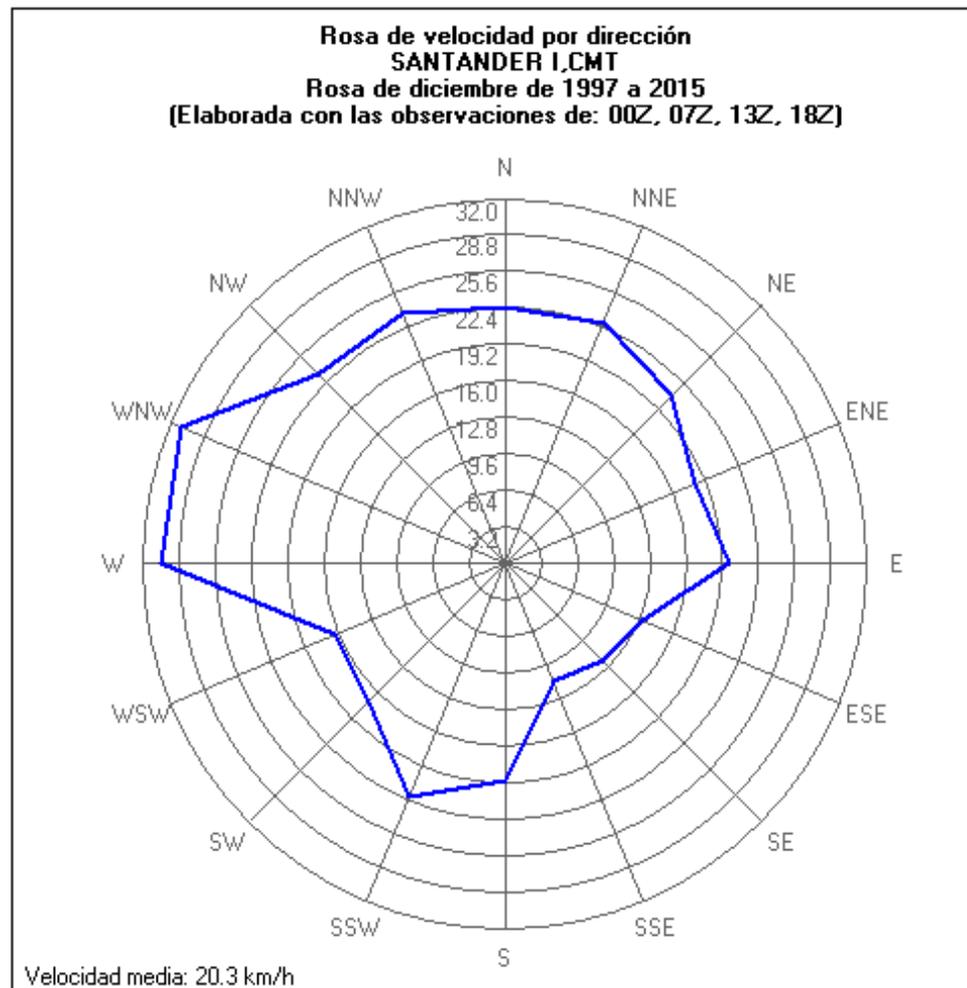
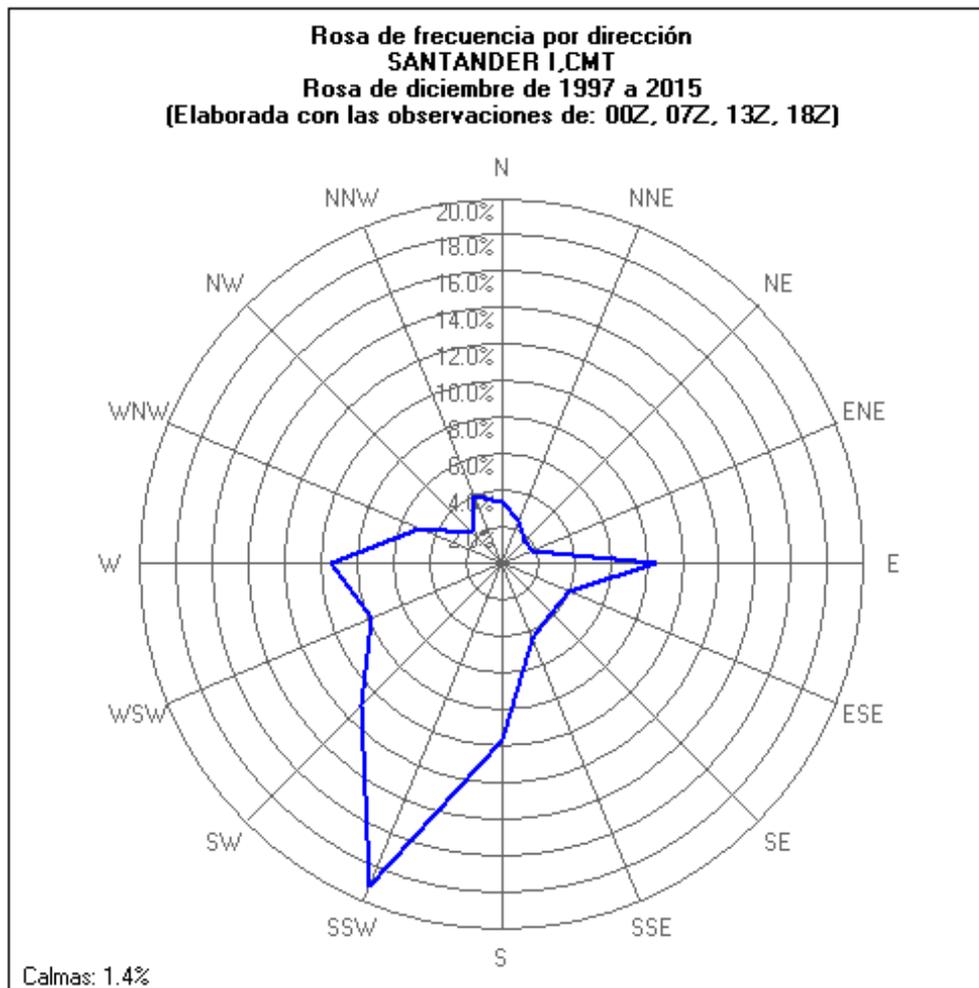


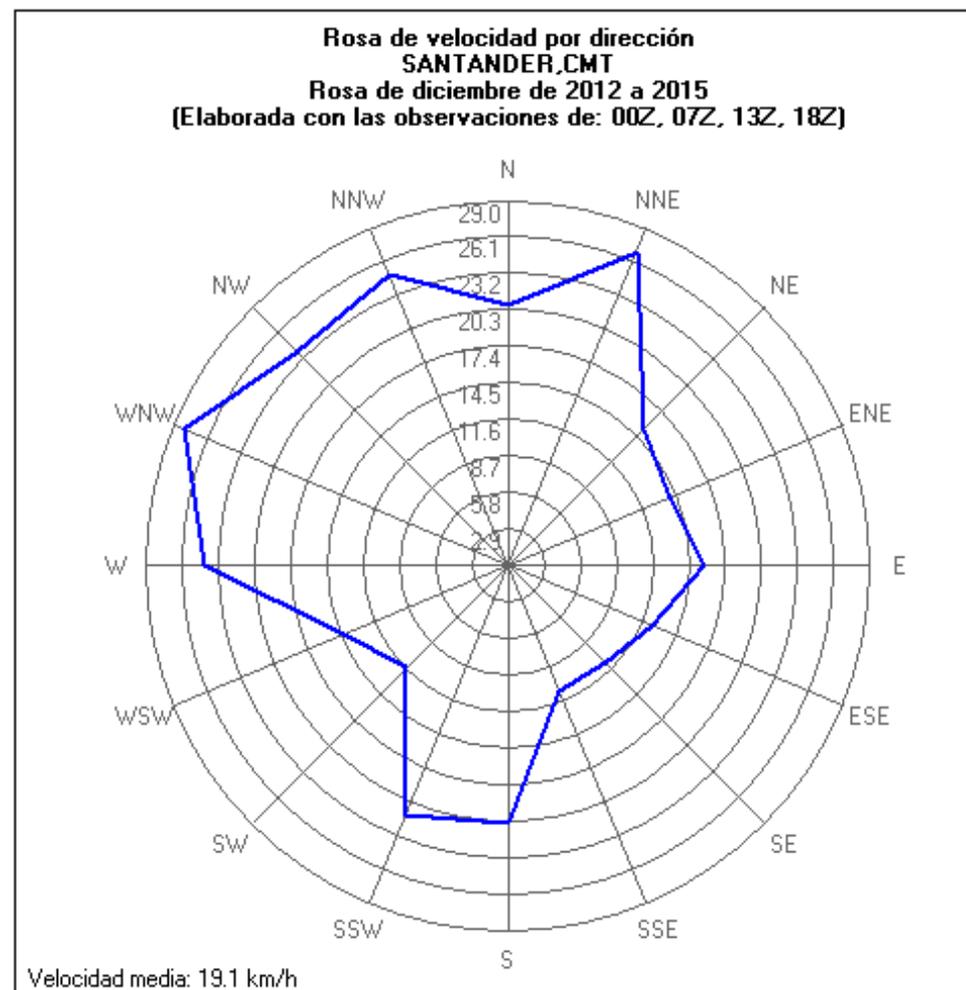
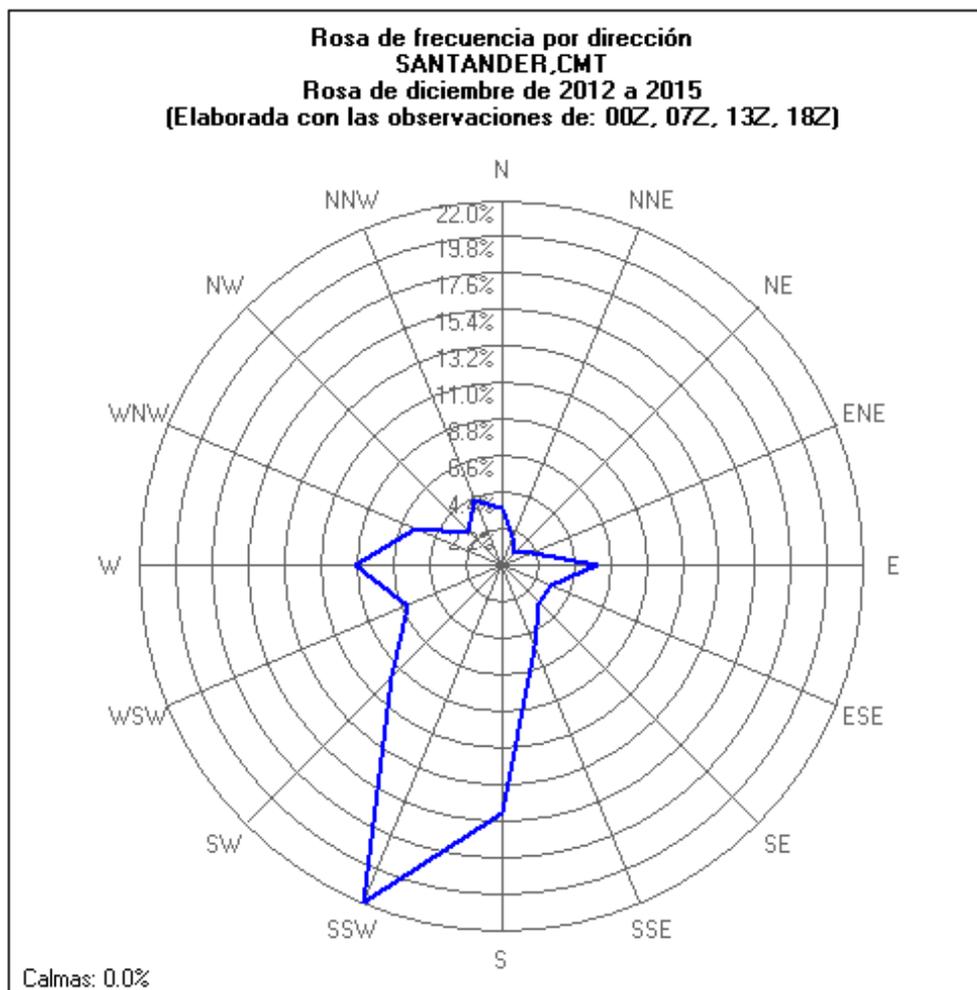




Estación	%/v	Rosa de noviembre de 1991 a 2016																
		(Elaborada con las observaciones de: 00Z, 07Z, 13Z, 18Z)																
		N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	CA/v
SANTANDER/PARAYAS	%	2.143	1.774	2.544	3.448	5.892	2.176	1.239	1.205	9.374	13.224	14.027	8.169	11.918	6.060	2.477	2.076	12.253
	v	14.344	12.887	12.526	10.854	10.926	7.631	6.811	6.250	17.436	16.423	13.100	12.439	18.674	19.127	19.203	15.129	13.012
SANTANDER I,CMT	%	4.018	2.826	2.340	3.046	7.152	3.576	3.709	3.091	11.391	13.466	9.890	6.843	11.611	7.152	4.150	4.459	1.280
	v	22.330	23.438	19.943	17.464	18.858	12.333	11.155	11.357	18.078	21.721	17.098	17.574	28.677	29.105	24.191	26.109	20.483
SANTANDER,CMT	%	6.667	2.708	2.500	2.083	5.417	2.500	3.542	3.333	11.250	13.333	6.250	8.542	12.500	10.417	3.125	5.417	0.417
	v	25.188	24.000	25.917	14.700	16.654	11.833	11.471	12.313	18.019	19.531	10.900	14.000	24.850	29.060	18.533	26.000	19.927









Estación	%/v	Rosa de diciembre de 1991 a 2016																
		(Elaborada con las observaciones de: 00Z, 07Z, 13Z, 18Z)																
		N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	CA/v
SANTANDER/PARAYAS	%	2.008	1.587	2.430	2.656	5.475	2.818	1.458	1.749	10.236	16.294	15.484	8.228	9.167	4.503	2.041	1.425	12.439
	v	15.548	13.673	12.053	11.963	11.970	9.046	7.867	7.204	17.959	18.656	13.213	12.299	18.350	22.453	21.778	15.000	13.559
SANTANDER I,CMT	%	3.362	2.553	1.787	1.830	8.468	4.043	3.872	4.426	9.702	19.191	10.979	7.830	9.404	4.851	2.298	4.043	1.362
	v	22.443	22.800	20.833	18.140	19.874	13.242	12.055	11.144	19.083	22.142	17.151	16.326	30.416	31.026	23.444	23.758	20.325
SANTANDER,CMT	%	3.427	1.815	1.008	2.016	5.847	3.226	3.226	5.242	14.919	21.976	9.476	6.250	8.871	5.645	2.823	4.234	0.000
	v	20.647	27.000	15.400	14.100	15.655	12.438	11.000	10.808	20.527	21.541	11.489	14.323	24.409	28.179	23.929	24.952	19.143

ANEXO III

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	Gantt Chart																											
						enero	02/01	09/01	16/01	23/01	30/01	febrero	06/02	13/02	20/02	27/02	marzo	06/03	13/03	20/03	27/03	abril	03/04	10/04	17/04	24/04	mayo	01/05	08/05	15/05	22/05	29/05	junio
1						[Gantt Chart visualization]																											
2	Aprobación de la Inversión. Lanzamiento del Proyecto.	0 días	lun 09/01/17	lun 09/01/17		[Gantt Chart visualization]																											
3	Permiso de Obras	3 mss	lun 09/01/17	vie 31/03/17	2	[Gantt Chart visualization]																											
4	Fabricación de los Aerogeneradores	4 mss	lun 09/01/17	vie 28/04/17	2	[Gantt Chart visualization]																											
5	Transporte de los Aerogeneradores	15 días	lun 17/04/17	vie 05/05/17	2;4FC-10 días	[Gantt Chart visualization]																											
6	Actuaciones en Cubierta de Edificio.	5 sem.	lun 03/04/17	vie 05/05/17	2;3	[Gantt Chart visualization]																											
7	Inicio del Montaje In-Situ	0 días	vie 05/05/17	vie 05/05/17	2;3;4;5;6	[Gantt Chart visualization]																											
8	Montaje Mecánico	10 días	lun 08/05/17	vie 19/05/17	2;7	[Gantt Chart visualization]																											
9	Instalación Eléctrica	15 días	lun 22/05/17	vie 09/06/17	2;8	[Gantt Chart visualization]																											
10	Red de Tierras	15 días	lun 22/05/17	vie 09/06/17	2;8	[Gantt Chart visualization]																											
11	Recepción y Puesta en Marcha.	5 días	lun 12/06/17	vie 16/06/17	2;8;9;10	[Gantt Chart visualization]																											
12	Arranque de la Instalación. Finalización del Proyecto.	0 días	vie 16/06/17	vie 16/06/17	11	[Gantt Chart visualization]																											

Proyecto: planificación
Fecha: vie 02/09/16

Tarea		Resumen del proyecto		Tarea manual		solo el comienzo		Fecha limite	
División		Tarea inactiva		solo duración		solo fin		Progreso	
Hito		Hito inactivo		Informe de resumen manual		Tareas externas		Progreso manual	
Resumen		Resumen inactivo		Resumen manual		Hito externo			

DOCUMENTO N° 2

PLANOS

ÍNDICE DE PLANOS

PLANO I: CANTABRIA

PLANO II: SANTANDER

PLANO III: EMPLAZAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD

PLANO IV: EMPLAZAMIENTO DE LOS 5 AEROGENERADORES

PLANO V: MÁSTIL

PLANO VI: CABLEADO EN CUBIERTA

PLANO VII: ESQUEMA UNIFILAR



COMUNIDAD AUTÓNOMA DE CANTABRIA
DIVISIÓN MUNICIPAL

		E.T.S. DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y TELECOMUNICACIONES	
FECHA SEPTIEMBRE 2016		PROYECTO FIN DE GRADO	
ESCALA		PLANO	
PLANO N° I		CANTABRIA	



**E.T.S. DE INGENIEROS
INDUSTRIALES Y
TELECOMUNICACIONES**

PROYECTO FIN DE GRADO

SANTANDER

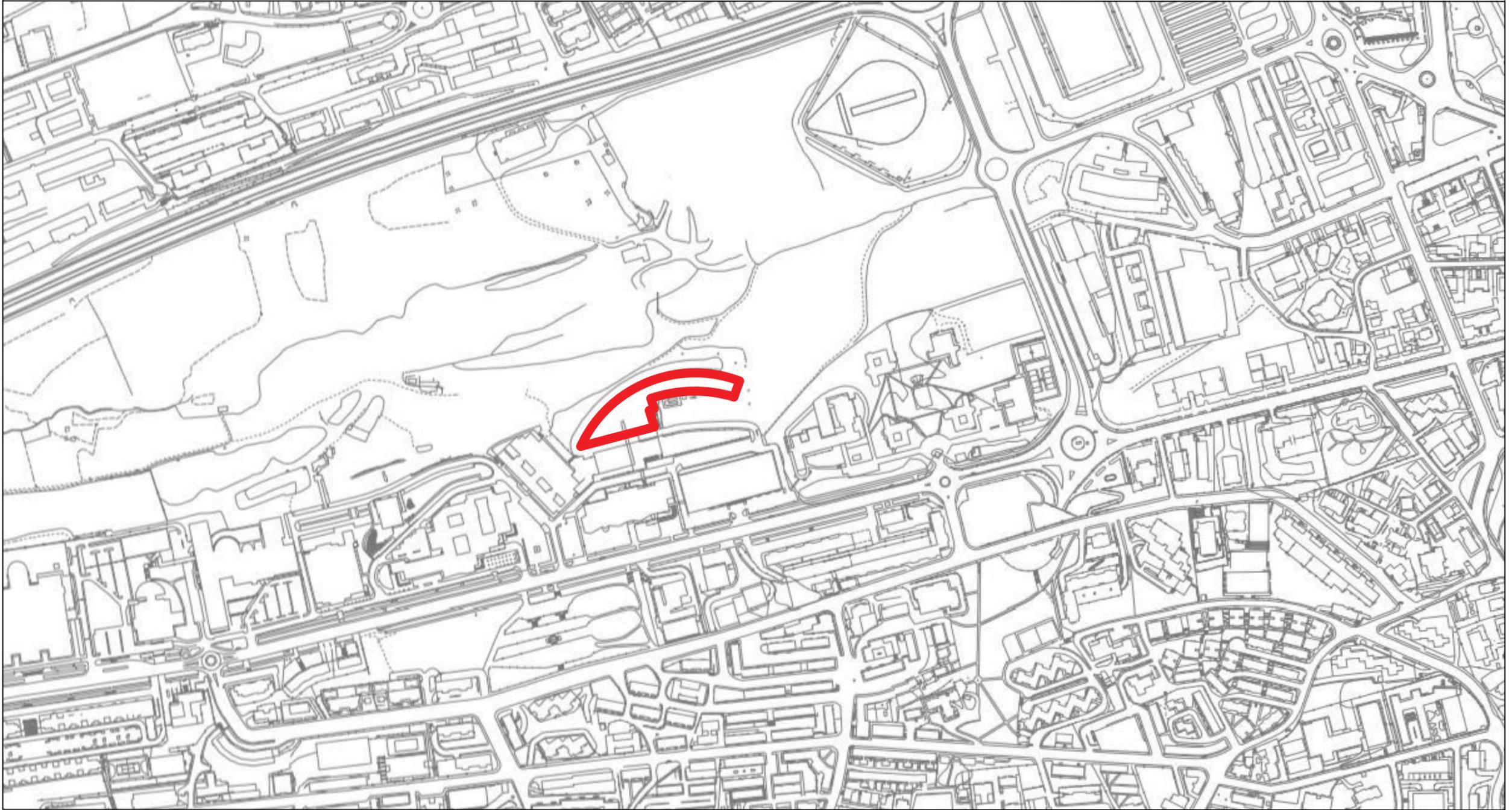
FECHA
SEPTIEMBRE 2016

ESCALA

PLANO N°

PLANO

II



E.T.S. DE INGENIEROS
INDUSTRIALES Y
TELECOMUNICACIONES

PROYECTO FIN DE GRADO

SANTANDER

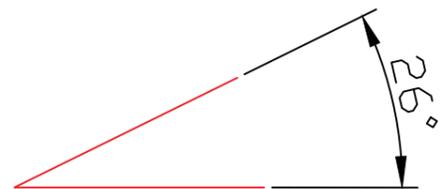
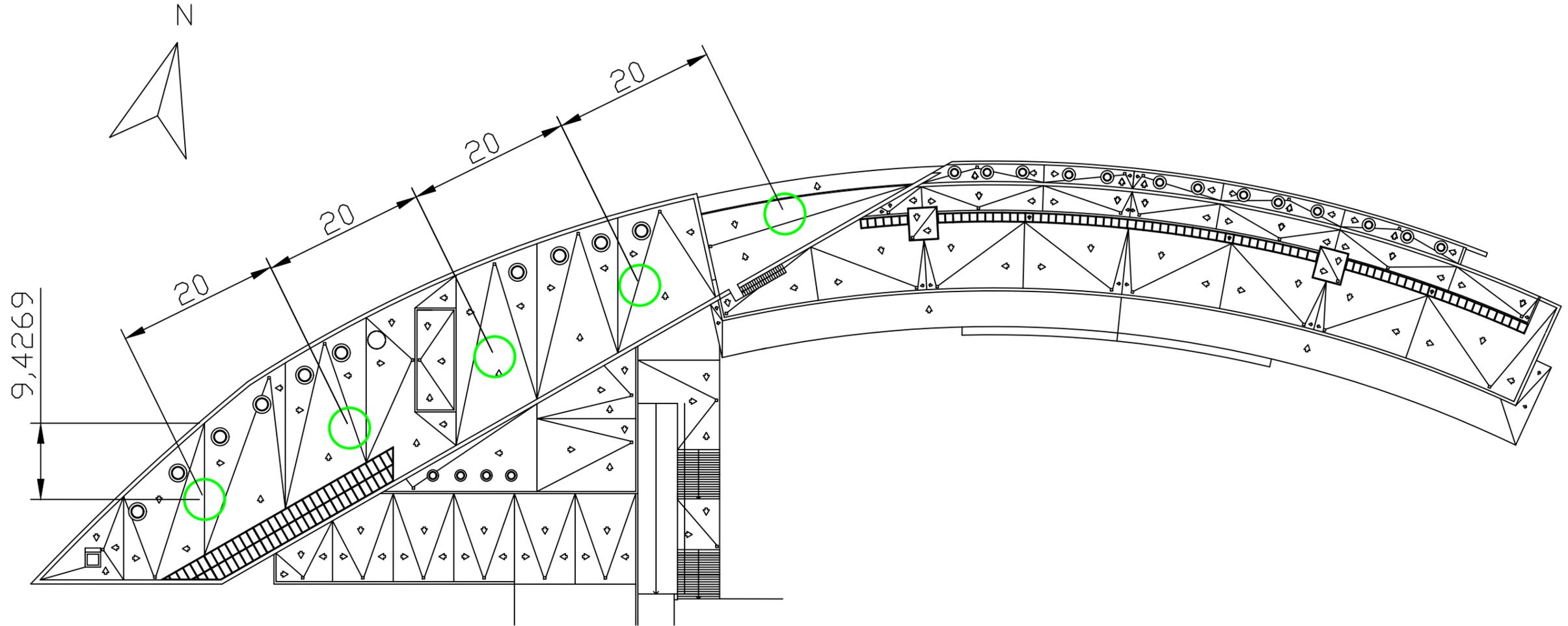
FECHA
SEPTIEMBRE 2016

ESCALA

PLANO Nº

PLANO

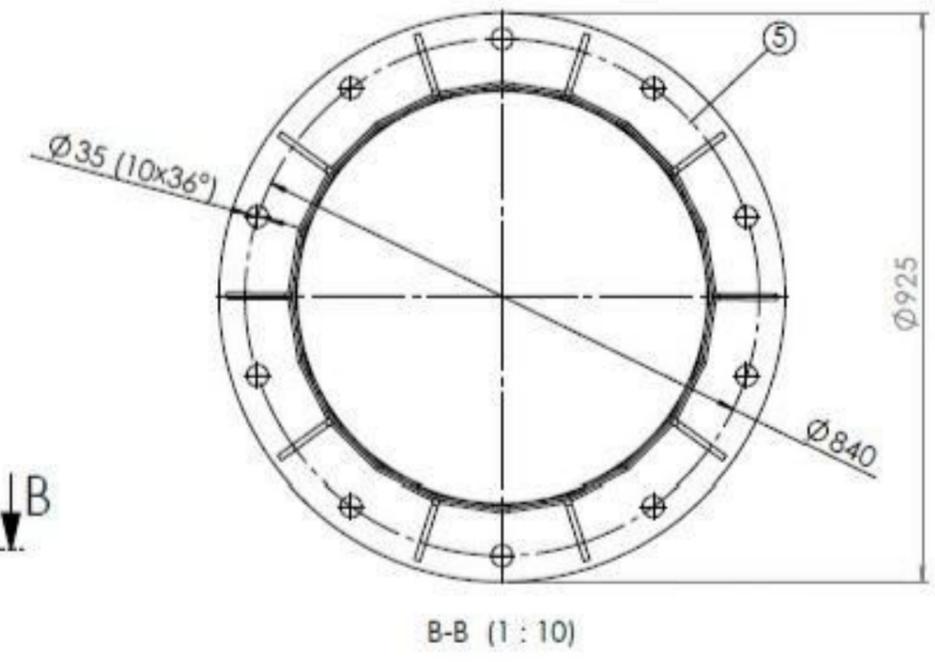
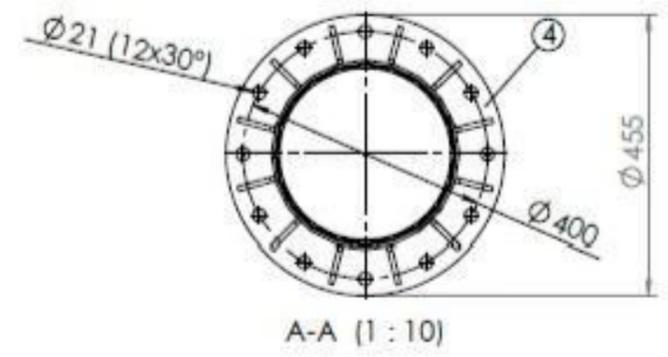
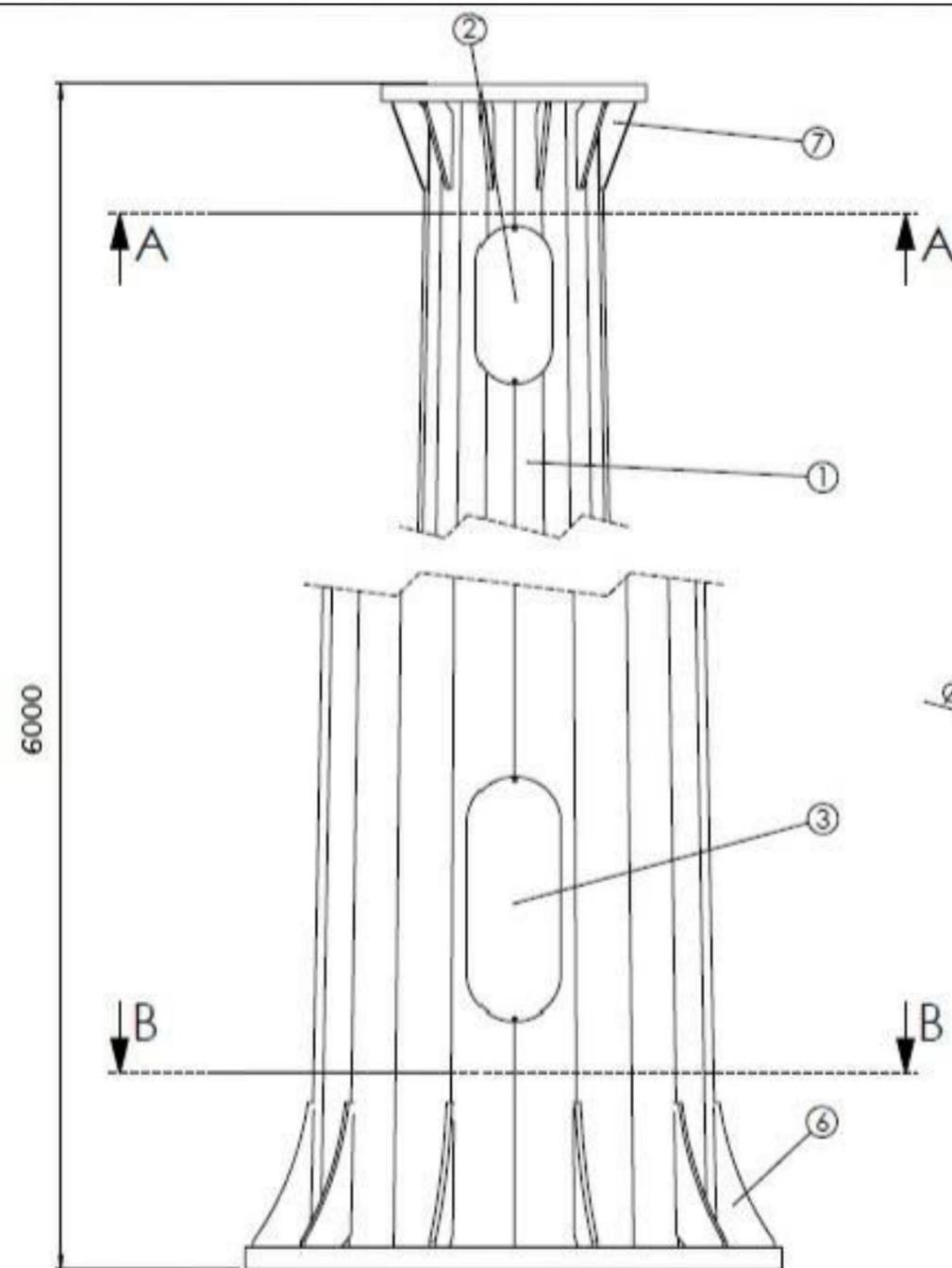
II



ÁNGULO DIRECCIÓN
AEROGENERADORES

1 m.
ESCALA GRAFICA

E.T.S. DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y TELECOMUNICACIONES	
FECHA SEPTIEMBRE 2016	PROYECTO FIN DE GRADO
ESCALA 1/500	PLANO
PLANO Nº IV	CUBIERTA, 5 AEROGENERADORES

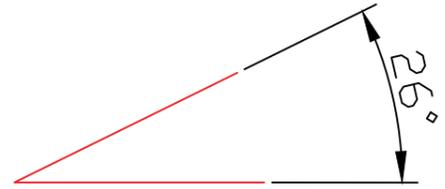
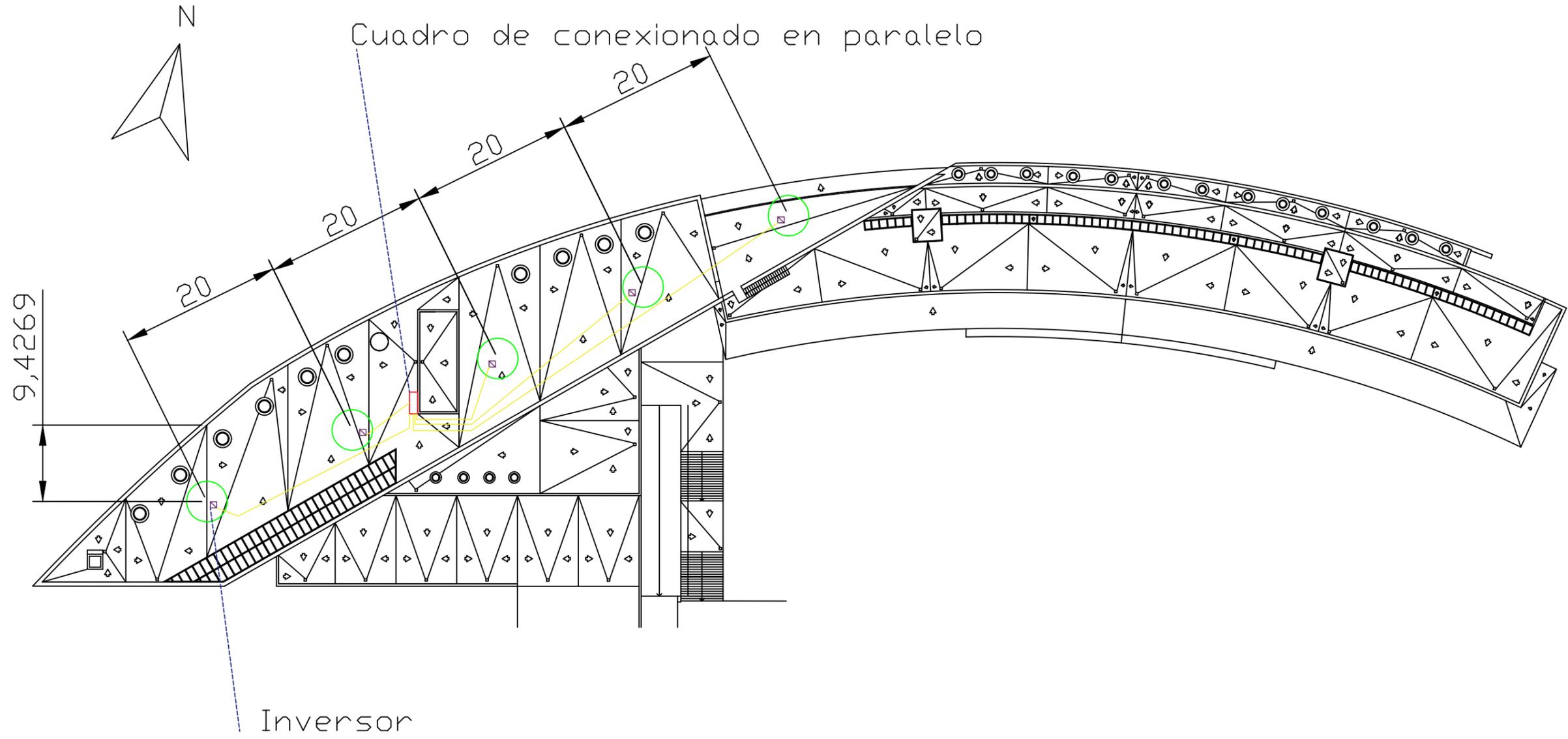


GALVANIZADO

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Mastil	1
2	Cubierta1	1
3	Cubierta2	1
4	Aro superior	1
5	Aro inferior	1
6	Placa refuerzo con radio	10
7	Placa refuerzo	12

E.T.S. DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y TELECOMUNICACIONES	
PROYECTO FIN DE GRADO	
PLANO Nº	V

FECHA
SEPTIEMBRE 2016
ESCALA
PLANO Nº



**ÁNGULO DIRECCIÓN
AEROGENERADORES**

1 m.
ESCALA GRAFICA

E.T.S. DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y TELECOMUNICACIONES	
FECHA SEPTIEMBRE 2016	PROYECTO FIN DE GRADO
ESCALA	PLANO
PLANO Nº VI	CABLEADO EN CUBIERTA

DOCUMENTO N° 3

PLIEGO DE CONDICIONES

ÍNDICE DEL PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

	PÁGINA
1. DISPOSICIONES GENERALES.....	63
1.1. DEFINICIÓN Y ALCANCE DEL PLIEGO.....	63
1.2. DOCUMENTOS QUE DEFINEN LAS OBRAS.....	63
2. DISPOSICIONES FACULTATIVAS Y ECONÓMICAS	64
2.1. DELIMITACIÓN GENERAL DE LAS FUNCIONES TÉCNICAS....	64
2.1.1. EL DIRECTOR FACULTATIVO.....	64
2.1.2. EL SUPERVISOR DE OBRA	64
2.1.3. EL CONTRATISTA/AS.....	64
2.2. OBLIGACIONES Y DERECHOS GENERALES DEL CONSTRUCTOR O CONTRATISTA/AS	65
2.2.1. OBSERVANCIA DE ESTAS CONDICIONES	65
2.2.2. NORMATIVA VIGENTE.....	65
2.2.3. VERIFICACIÓN DE LOS DOCUMENTOS DEL PROYECTO.....	66
2.2.4. PLAN SEGURIDAD Y SALUD.....	66
2.2.5. OFICINA EN LA OBRA	66
2.2.6. REPRESENTACIÓN DEL CONSTRUCTOR.....	66
2.2.7. PRESENCIA DEL CONSTRUCTOR EN LA OBRA	67
2.2.8. DUDAS DE INTERPRETACIÓN	67
2.2.9. DATOS A TENER EN CUENTA POR EL CONSTRUCTOR.	67
2.2.10. CONCEPTOS NO REFLEJADOS EN PARTE DE LA DOCUMENTACIÓN	68
2.2.11. TRABAJOS NO ESTIPULADOS EXPRESAMENTE	68
2.2.12. INTERPRETACIONES, ACLARACIONES Y MODIFICACIONES DE LOS DOCUMENTOS DEL PROYECTO.....	68
2.2.13. REQUERIMIENTO DE ACLARACIONES POR PARTE DEL CONSTRUCTOR	69

2.2.14.	RECLAMACIÓN CONTRA LAS ÓRDENES DE LA DIRECCIÓN FACULTATIVA	69
2.2.15.	LIBRO DE ÓRDENES Y ASISTENCIAS	69
2.2.16.	RECUSACIÓN POR EL CONSTRUCTOR DE LA DIRECCIÓN FACULTATIVA	70
2.2.17.	FALTAS DEL PERSONAL	70
2.2.18.	SUBCONTRATACIONES POR PARTE DEL CONSTRUCTOR	70
2.2.19.	DESPERFECTOS A COLINDANTES	71
2.3.	RECEPCIÓN DE LAS OBRAS	71
2.3.1.	RECEPCIÓN DE LA OBRA.....	71
2.3.2.	PLAZO DE GARANTÍA.....	71
2.3.3.	DOCUMENTACIÓN FINAL DE OBRA.....	71
2.3.4.	GARANTÍAS GENERALES.....	72
2.3.5.	RESPONSABILIDAD DEL CONSTRUCTOR TRAS LA RECEPCION DE LAS OBRAS	72
2.4.	TRABAJOS, MATERIALES Y MEDIOS AUXILIARES.....	72
2.4.1.	CAMINOS Y ACCESOS.....	72
2.4.2.	REPLANTEO.....	72
2.4.3.	COMIENZA DE LA OBRA, RITMO DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS	73
2.4.4.	ORDEN DE LOS TRABAJOS	73
2.4.5.	FACILIDADES PARA SUBCONTRATISTA/AS.....	73
2.4.6.	AMPLIACIÓN DEL PROYECTO POR CAUSAS IMPREVISTAS O DE FUERZA MAYOR	73
2.4.7.	OBRAS DE CARÁCTER URGENTE	74
2.4.8.	RESPONSABILIDAD DE LA DIRECCIÓN FACULTATIVA EN EL RETRASO DE LA OBRA	74
2.4.9.	CONDICIONES GENERALES DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS	74
2.4.10.	PLANOS ASBUILT.....	74
2.4.11.	TRABAJOS DEFECTUOSOS.....	74

2.4.12.	ACCIDENTES	75
2.4.13.	VICIOS OCULTOS.....	75
2.4.14.	DE LOS MATERIALES Y DE MAQUINARIA. SU PROCEDENCIA	76
2.4.15.	RECONOCIMIENTO DE LOS MATERIALES POR LA DIRECCION FACULTATIVA	76
2.4.16.	ENSAYOS Y ANÁLISIS.....	76
2.4.17.	MATERIALES NO UTILIZABES	77
2.4.18.	MATERIALES Y MAQUINARIA DEFECTUOSOS	77
2.4.19.	LIMPIEZA DE LAS OBRAS	77
2.4.20.	OBRAS SIN PRESCRIPCIONES	77
2.5.	MEDICIONES Y VALORACIONES	78

1. DISPOSICIONES GENERALES

1.1. DEFINICIÓN Y ALCANCE DEL PLIEGO

El presente Pliego, en unión de las disposiciones que con carácter general y particular se indican, tiene por objeto la ordenación de las condiciones técnico-facultativas que han de regir en la ejecución de las obras del presente proyecto.

1.2. DOCUMENTOS QUE DEFINEN LAS OBRAS

El presente Pliego, conjuntamente con los Planos, la Memoria y el resto de documentos del Proyecto, forma parte del Proyecto de Ejecución que servirá de base para la ejecución de las obras. El Pliego de Condiciones Técnicas Particulares establece la definición de las obras en cuanto a su naturaleza intrínseca. Los Planos junto con la Memoria y resto de documentos, constituyen las bases que definen la obra.

En caso de incompatibilidad o contradicción entre el Pliego y el resto de la documentación del Proyecto, se estará a lo que disponga al respecto la Dirección Facultativa.

Lo mencionado en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares y omitido en los planos y resto de documentos, o viceversa, habrá de ser considerado como si estuviese expuesto en ambos documentos.

2.DISPOSICIONES FACULTATIVAS Y ECONÓMICAS

2.1. DELIMITACIÓN GENERAL DE LAS FUNCIONES TÉCNICAS

2.1.1 EL DIRECTOR FACULTATIVO

El Director Facultativo ejercerá las funciones que le atribuye la Ley de Ordenación de la Edificación (Ley 38/1999, de 5 de noviembre).

2.1.2 EL SUPERVISOR DE OBRA

Formando parte de la Dirección Facultativa, el Supervisor de Obra o Director de Ejecución de la Obra desarrollará las funciones que le atribuye la Ley de Ordenación de la Edificación (Ley 38/1999, de 5 de noviembre).

2.1.3 EL CONTRATISTA/AS

Corresponde al Constructor:

- Organizar los trabajos de construcción, redactando los planes de obra que se precisen y proyectando o autorizando las instalaciones provisionales y medios auxiliares de la obra.
- Elaborar el Plan de Seguridad y Salud de la obra en aplicación del estudio correspondiente y disponer, en todo caso, la ejecución de las medidas preventivas, velando por su cumplimiento y por la observancia de la normativa vigente en materia de seguridad e higiene en el trabajo.
- Suscribir con la Dirección Facultativa, el acta de replanteo de la obra.
- Ordenar y dirigir la ejecución material con arreglo al Proyecto, a las normas técnicas y a las reglas de la buena construcción. A tal efecto, ostenta la jefatura de todo el personal que intervenga en la obra y coordina las intervenciones de los subcontratista/as.

- Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales, maquinaria y elementos constructivos que se utilicen, comprobando los preparados en obra y rechazando, por iniciativa propia o por prescripción de la Dirección Facultativa, los suministros o prefabricados que no cuenten con las garantías o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación.
- Custodiar el Libro de órdenes y asistencias, y dar el enterado a las anotaciones que se practiquen en el mismo.
- Facilitar a la Dirección Facultativa, con antelación suficiente, los materiales precisos para el cumplimiento de su cometido.
- Preparar las certificaciones parciales de obra y la propuesta de liquidación final.
- Suscribir con la Propiedad y demás intervinientes el acta de recepción.
- Concertar los seguros de accidentes de trabajo y de daños a terceros, que resulten preceptivos, durante la obra.

2.2. OBLIGACIONES Y DERECHOS GENERALES DEL CONSTRUCTOR O CONTRATISTA/AS

2.2.1 OBSERVANCIA DE ESTAS CONDICIONES.

Las presentes condiciones serán de obligada observación por el Contratista/as, el cual deberá hacer constar que las conoce y que se compromete a ejecutar la obra con estricta sujeción a las mismas.

2.2.2 NORMATIVA VIGENTE.

El Contratista/as se sujetará a las leyes, reglamentos, ordenanzas y normativa vigentes, así como a las que se dicten antes y durante la ejecución de las obras.

2.2.3 VERIFICACIÓN DE LOS DOCUMENTOS DEL PROYECTO.

Antes de dar comienzo a las obras, el Constructor consignará por escrito que la documentación aportada le resulta suficiente para la comprensión de la totalidad de la obra contratada, o en caso contrario solicitará las aclaraciones pertinentes.

2.2.4 PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD.

El Constructor, a la vista del Estudio de Seguridad y Salud, presentará el Plan de Seguridad y Salud de la obra a la aprobación del Coordinador en obra de Seguridad y Salud.

2.2.5 OFICINA EN LA OBRA.

El Contratista/as se proveerá de sus propias casetas de obra. En dicha oficina tendrá siempre el Contratista/as a disposición de la Dirección Facultativa:

- Copia del Proyecto de ejecución completo visado por el colegio profesional o con la aprobación administrativa preceptiva, incluidos los complementos que en su caso redacte la Dirección Facultativa.
- Copia de la Licencia de Obras.
- El Libro de Órdenes y Asistencias.
- El Plan de Seguridad y Salud.
- El Libro de Incidencias.
- La normativa sobre prevención de riesgos laborales.
- La documentación de los seguros.

2.2.6 REPRESENTACIÓN DEL CONSTRUCTOR.

El constructor está obligado a comunicar a la Dirección Facultativa la persona designada como delegado suyo en la obra, que tendrá el carácter de Jefe de la misma, con dedicación plena y con facultades para representarle y adoptar en todo momento cuantas decisiones competan a la contrata. Serán sus funciones las del Constructor.

Todos los trabajos han de ejecutarse por personas especialmente preparadas. Cada oficio ordenará su trabajo armónicamente con los demás procurando siempre facilitar la marcha de los mismos, en ventaja de la buena ejecución y rapidez de la construcción.

El incumplimiento de estas obligaciones o, en general, la falta de calificación suficiente por parte del personal según la naturaleza de los trabajos, facultará al Director Facultativo para ordenar la paralización de las obras, sin derecho a reclamación alguna, hasta que se subsane la deficiencia.

2.2.7 PRESENCIA DEL CONSTRUCTOR EN LA OBRA.

El Jefe de obra y el encargado estará presente durante la jornada legal de trabajo siempre que exista personal a su cargo trabajando y acompañará a la Dirección Facultativa, en las visitas que hagan a las obras, poniéndose a su disposición para la práctica de los reconocimientos que se consideren necesarios y suministrando los datos precisos para la comprobación de mediciones y liquidaciones.

2.2.8 DUDAS DE INTERPRETACIÓN.

Todas las dudas que surjan en la interpretación de los documentos del Proyecto o posteriormente durante la ejecución de los trabajos serán resueltas por la Dirección Facultativa.

2.2.9 DATOS A TENER EN CUENTA POR EL CONSTRUCTOR.

Las especificaciones no descritas en el presente Pliego con relación al Proyecto y que figuren en el resto de la documentación que completa el Proyecto: Memoria, Planos y resto de documentos, deben considerarse como datos a tener en cuenta en la formulación del Presupuesto por parte del Contratista/as que realice las obras, así como el grado de calidad de las mismas.

2.2.10 CONCEPTOS NO REFLEJADOS EN PARTE DE LA DOCUMENTACIÓN.

En la circunstancia de que se vertieran conceptos en los documentos escritos que no fueran reflejados en los planos del Proyecto, el criterio a seguir lo decidirá la Dirección Facultativa; recíprocamente cuando en los documentos gráficos aparecieran conceptos que no se ven reflejados en los documentos escritos, la especificación de los mismos será decidida igualmente por la Dirección Facultativa.

La documentación gráfica y escrita del proyecto es complementaria. En caso de duda o contradicción el Contratista/as estará a lo que disponga la Dirección Facultativa.

2.2.11 TRABAJOS NO ESTIPULADOS EXPRESAMENTE.

Es obligación de la contrata el ejecutar cuanto sea necesario para la buena práctica en los trabajos de dentro del alcance, aun cuando no se halle expresamente determinado en los documentos de Proyecto, siempre que, sin separarse de su espíritu y recta interpretación, lo disponga la Dirección Facultativa dentro de los límites de posibilidades que los presupuestos habiliten para cada unidad de obra y tipo de ejecución.

2.2.12 INTERPRETACIONES, ACLARACIONES Y MODIFICACIONES DE LOS DOCUMENTOS DEL PROYECTO.

Cuando se trate de aclarar, interpretar o modificar preceptos de los Pliegos de Condiciones o indicaciones de los planos, croquis o resto de documentos del proyecto, las órdenes e instrucciones correspondientes se comunicarán por escrito al Constructor, estando éste obligado a su vez a devolver los originales o las copias suscribiendo con su firma el enterado.

**2.2.13 REQUERIMIENTO DE ACLARACIONES POR PARTE DEL
CONSTRUCTOR**

El Constructor podrá requerir de la Dirección Facultativa las instrucciones o aclaraciones que se precisen para la correcta interpretación y ejecución de lo proyectado.

**2.2.14 RECLAMACIÓN CONTRA LAS ÓRDENES DE LA DIRECCIÓN
FACULTATIVA.**

Las reclamaciones que el Contratista/as quiera hacer contra las órdenes o instrucciones de la Dirección Facultativa, sólo podrá presentarlas, a través de la propia Dirección Facultativa, ante la Propiedad, si son de orden económico y de acuerdo con las condiciones estipuladas en los Pliegos de Condiciones correspondientes. Contra disposiciones de tipo técnico de la Dirección Facultativa, no se admitirá reclamación alguna, pudiendo el Contratista/as salvar su responsabilidad, si lo estima oportuno, mediante exposición razonada dirigida al Director Facultativo, el cual podrá limitar su contestación al acuse de recibo, que en todo caso será obligatorio para este tipo de reclamaciones.

2.2.15 LIBRO DE ÓRDENES Y ASISTENCIAS.

Con objeto de que en todo momento se pueda tener un conocimiento exacto de la ejecución e incidencias de la obra, se llevará mientras dure la misma, el Libro de Órdenes, y Asistencias, en el que se reflejarán las visitas realizadas por la Dirección Facultativa, incidencias surgidas y en general todos aquellos datos que sirvan para determinar con exactitud si por la contrata se han cumplido los plazos y fases de ejecución previstos para la realización del Proyecto.

La Dirección Facultativa irá dejando constancia, mediante las oportunas referencias, de sus visitas e inspecciones y de las incidencias que surjan en el transcurso de ellas y obliguen a cualquier modificación en el Proyecto, así como de las órdenes que se necesite dar al Contratista/as respecto de la ejecución de las obras, las cuales serán de su obligado

cumplimiento.

Las anotaciones en el Libro de Órdenes, harán fe a efectos de determinar las posibles causas de resolución e incidencias del contrato; sin embargo cuando el Contratista/as no estuviese conforme podrá alegar en su descargo todas aquellas razones que abonen su postura, aportando las pruebas que estime pertinentes. Efectuar una orden a través del correspondiente asiento en este libro no será obstáculo para que cuando la Dirección Facultativa lo juzgue conveniente, se efectúe la misma también por oficio. Dicha circunstancia se reflejará de igual forma en el Libro de Órdenes.

2.2.16 RECUSACIÓN POR EL CONSTRUCTOR DE LA DIRECCIÓN FACULTATIVA.

El Constructor no podrá recusar a la Dirección Facultativa, o personal encargado por éstos de la vigilancia de las obras.

Cuando se crea perjudicado por la labor de éstos, procederá de acuerdo con lo estipulado en el presente Pliego, pero sin que por esta causa puedan interrumpirse ni perturbarse la marcha de los trabajos.

2.2.17 FALTAS DEL PERSONAL.

La Dirección Facultativa, en supuestos de desobediencia a sus instrucciones, manifiesta incompetencia o negligencia grave que comprometan o perturben la marcha de los trabajos, podrá requerir al Contratista/as para que aparte de la obra a los dependientes u operarios causantes de la perturbación.

2.2.18 SUBCONTRATACIONES POR PARTE DEL CONSTRUCTOR.

El Constructor podrá subcontratar capítulos o unidades de obra a otros Contratista/as e Industriales, con sujeción a lo dispuesto por la legislación sobre esta materia y, en su caso, a lo estipulado en el Pliego de Condiciones particulares, todo ello sin perjuicio de sus obligaciones

como Contratista/as general de la obra.

2.2.19 DESPERFECTOS A COLINDANTES.

Si el Constructor causase algún desperfecto en construcciones o instalaciones de la fábrica, tendrá que restaurarlas por su cuenta, dejándolas en el estado que las encontró al comienzo de la obra.

2.3. RECEPCIÓN DE LAS OBRAS

2.3.1 RECEPCIÓN DE LA OBRA.

Para la recepción de la obra se estará en todo a lo estipulado al respecto en el artículo 6 de la Ley de Ordenación de la Edificación (Ley 38/1999, de 5 de noviembre).

2.3.2 PLAZO DE GARANTÍA.

El plazo de las garantías establecidas por la Ley de Ordenación de la Edificación comenzará a contarse a partir de la fecha consignada en el Acta de Recepción de la obra o cuando se entienda ésta tácitamente producida (Art. 6 de la LOE).

2.3.3 DOCUMENTACIÓN FINAL DE OBRA.

En relación con la elaboración de la documentación del seguimiento de la obra (Anejo II de la parte I del CTE), el constructor facilitará a la dirección facultativa toda la documentación necesaria, relativa a la obra, que permita reflejar la realmente ejecutada, la relación de todas las empresas y profesionales que hayan intervenido.

Con idéntica finalidad, la dirección facultativa tendrá derecho a exigir la cooperación de los empresarios y profesionales que participen directa o indirectamente en la ejecución de la obra y estos deberán prestársela.

2.3.4 GARANTÍAS GENERALES

Sin perjuicio de las garantías que expresamente se detallen, el Contratista/as garantiza en general todas las obras que ejecute, así como los materiales empleados en ellas y su buena manipulación.

2.3.5 RESPONSABILIDAD DEL CONSTRUCTOR TRAS LA RECEPCIÓN DE LAS OBRAS

Tras la recepción de la obra sin objeciones, o una vez que éstas hayan sido subsanadas, el Constructor quedará relevado de toda responsabilidad, salvo en lo referente a los vicios ocultos de la construcción, de los cuales responderá, en su caso, en el plazo de tiempo que marcan las leyes.

2.4. TRABAJOS, MATERIALES Y MEDIOS AUXILIARES

2.4.1 CAMINOS Y ACCESOS.

Todos los accesos y vallados de obra se realizarán de manera coordinada con el funcionamiento de la Fábrica y la universidad.

2.4.2 REPLANTEO.

Como actividad previa a cualquier otra de la obra, se procederá por el Contratista/as al replanteo de las obras en presencia de la Dirección Facultativa, marcando sobre el terreno convenientemente todos los puntos necesarios para la ejecución de las mismas. De esta operación se extenderá acta por triplicado, que firmarán la Dirección Facultativa, el Contratista/as y la Propiedad. La Contrata facilitará por su cuenta todos los medios necesarios para la ejecución de los referidos replanteos y señalamiento de los mismos, cuidando bajo su responsabilidad de las señales o datos fijados para su determinación.

2.4.3 COMIENZO DE LA OBRA. RITMO DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS.

El Constructor dará comienzo a las obras en el plazo estipulado, desarrollándose en la forma necesaria para que dentro de los períodos parciales queden ejecutados los trabajos correspondientes y, en consecuencia, la ejecución total se lleve a efecto dentro del plazo exigido.

Obligatoriamente y por escrito, deberá el Contratista/as contar con la autorización expresa de la Dirección Facultativa del comienzo de los trabajos al menos con cinco días de antelación.

2.4.4 ORDEN DE LOS TRABAJOS.

En general la determinación del orden de los trabajos es facultad de la contrata, salvo aquellos casos en que, por circunstancias de orden técnico, estime conveniente su variación la Dirección Facultativa.

2.4.5 FACILIDADES PARA SUBCONTRATISTA/ASS.

De acuerdo con lo que requiera la Dirección Facultativa, el Constructor deberá dar todas las facilidades razonables para la realización de los trabajos que le sean encomendados a los Subcontratista/as que intervengan en la obra. Ello sin perjuicio de las compensaciones económicas a que haya lugar entre Contratista/as por utilización de medios auxiliares o suministros de energía u otros conceptos. En caso de litigio se estará a lo establecido en la legislación relativa a la subcontratación y en último caso a lo que resuelva la Dirección Facultativa.

2.4.6 AMPLIACIÓN DEL PROYECTO POR CAUSAS IMPREVISTAS O DE FUERZA MAYOR.

Cuando sea preciso por motivo imprevisto o por cualquier accidente, ampliar el Proyecto, no se interrumpirán los trabajos, continuándose según las instrucciones dadas por el Director Facultativo en tanto se

formula o se tramita el Proyecto Reformado.

2.4.7 OBRAS DE CARÁCTER URGENTE

El Constructor está obligado a realizar con su personal y sus materiales cuanto la Dirección Facultativa de las obras disponga para apeos, apuntalamientos, derribos, recalces o cualquier otra obra de carácter urgente.

2.4.8 RESPONSABILIDAD DE LA DIRECCIÓN FACULTATIVA EN EL RETRASO DE LA OBRA.

El Constructor no podrá excusarse de no haber cumplido los plazos de obras estipulados, alegando como causa la carencia de planos u órdenes de la Dirección Facultativa, a excepción del caso en que habiéndolo solicitado por escrito no se le hubiera proporcionado.

2.4.9 CONDICIONES GENERALES DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS.

Todos los trabajos se ejecutarán con estricta sujeción al Proyecto, a las modificaciones del mismo que previamente hayan sido aprobadas y a las órdenes e instrucciones que bajo su responsabilidad y por escrito entregue la Dirección Facultativa al Constructor, dentro de las limitaciones presupuestarias y de conformidad con lo especificado en artículos precedentes.

2.4.10 PLANOS ASBUILT

El Contratista/as facilitará a la Dirección Facultativa los planos as-built que definan el estado final de la construcción.

2.4.11 TRABAJOS DEFECTUOSOS.

El Constructor debe emplear los materiales y procedimientos que cumplan las condiciones exigidas en las Disposiciones Técnicas, Generales y Particulares del Pliego de Condiciones y en el resto de documentos del

proyecto.

Por ello y hasta que tenga lugar la recepción definitiva de las obras, es responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que en éstos puedan existir por su mala ejecución, erradas maniobras o por la deficiente calidad de los materiales empleados, sin que le exonere de responsabilidad el control que compete a la Dirección Facultativa, ni tampoco el hecho de que estos trabajos hayan sido valorados en las certificaciones parciales de obra.

2.4.12 ACCIDENTES.

Así mismo, el Contratista/as será responsable ante los tribunales de los accidentes que, por ignorancia o descuido, sobrevinieran, ateniéndose a la legislación vigente.

Como consecuencia de lo anteriormente expresado, cuando el Director Facultativo advierta vicios o defectos en los trabajos ejecutados, o que los materiales empleados o los aparatos colocados no reúnen las condiciones perpetuadas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos, o finalizados éstos, y antes de verificarse la recepción de la obra, podrá disponer que las partes defectuosas sean demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado, y todo ello a expensas de la contrata. Si ésta no estimase justa la decisión y se negase a la demolición y reconstrucción ordenadas, se planteará la cuestión ante el Director Facultativo, quien resolverá.

2.4.13 VICIOS OCULTOS.

Si la Dirección Facultativa tuviese fundadas razones para creer en la existencia de vicios ocultos de construcción en las obras ejecutadas, ordenará efectuar en cualquier tiempo, y antes de la recepción de la obra, los ensayos, destructivos o no, que crea necesarios para reconocer los trabajos que suponga defectuosos.

Los gastos que se ocasionen serán de cuenta del Constructor, siempre

que los vicios existan realmente, en caso contrario serán a cargo de la Propiedad.

2.4.14 DE LOS MATERIALES Y DE MAQUINARIA. SU PROCEDENCIA.

El Constructor tiene libertad de proveerse de los materiales y maquinaria de todas clases en los puntos que le parezca conveniente, excepto en los casos en que el Pliego de Condiciones Técnicas particulares preceptúe una procedencia determinada.

Obligatoriamente, y antes de proceder a su empleo o acopio, el Constructor deberá presentar a la Dirección Facultativa una lista completa de los materiales y maquinaria que vaya a utilizar en la que se especifiquen todas las indicaciones sobre marcas, calidades, procedencia e idoneidad de cada uno de ellos.

La DF comprobará la documentación referente a toda la maquinaria. Si no es correcta el Contratista solventará esta circunstancia.

2.4.15 RECONOCIMIENTO DE LOS MATERIALES POR LA DIRECCIÓN FACULTATIVA.

Los materiales serán reconocidos, antes de su puesta en obra, por la Dirección Facultativa sin cuya aprobación no podrán emplearse en la citada obra; para lo cual el Contratista/as proporcionará al menos dos muestras o documentación de cada material, para su examen, a la Dirección Facultativa, quien se reserva el derecho de rechazar aquellos que, a su juicio, no resulten aptos. Los materiales desechados serán retirados de la obra en el plazo más breve.

2.4.16 ENSAYOS Y ANÁLISIS.

Siempre que la Dirección Facultativa lo estime necesario, serán efectuados los ensayos, pruebas, análisis y extracción de muestras de obra realizada que permitan comprobar que tanto los materiales como las unidades de obra están en perfectas condiciones y cumplen lo establecido en este Pliego.

El abono de todas las pruebas y ensayos será de cuenta del Contratista/as.

Todo ensayo que no haya resultado satisfactorio o que no ofrezca las suficientes garantías podrá comenzarse de nuevo a cargo del mismo.

2.4.17 MATERIALES NO UTILIZABLES.

Se estará en todo a lo dispuesto en la legislación vigente sobre gestión de los residuos de obra.

2.4.18 MATERIALES Y MAQUINARIA DEFECTUOSOS.

Cuando los materiales o maquinaria a utilizar no sean aptos a juicio de la Dirección Facultativa, ésta dará orden al Constructor de sustituirlos por otros que satisfagan las condiciones o llenen el objeto a que se destinen.

2.4.19 LIMPIEZA DE LAS OBRAS.

Es obligación del Constructor mantener limpias las obras y sus alrededores, tanto de escombros como de materiales sobrantes, hacer desaparecer las instalaciones provisionales que no sean necesarias, así como adoptar las medidas y ejecutar todos los trabajos que sean necesarios para que la obra ofrezca buen aspecto.

La limpieza de las obras será la suficiente para no perturbar el correcto funcionamiento de la Fábrica.

2.4.20 OBRAS SIN PRESCRIPCIONES.

En la ejecución de los trabajos que entran en la construcción de las obras y para los cuales no existan prescripciones consignadas explícitamente en este Pliego ni en la restante documentación del Proyecto, el Constructor se atenderá, en primer término, a las instrucciones que dicte la Dirección Facultativa de las obras y, en segundo lugar, a las reglas y prácticas de la buena construcción.

2.5. MEDICIONES Y VALORACIONES

La contratación de las obras se realiza a PRECIO CERRADO. El Contratista/as es responsable único de haber realizado la correcta valoración económica de la obra y sus mediciones. Cualquier reclamación en este sentido se resolverá con arreglo a lo que determine el Director Facultativo.

Se supone que el Contratista/as ha hecho un detenido estudio de los documentos que componen el Proyecto y, por lo tanto, al no haber hecho ninguna observación sobre errores posibles o equivocaciones del mismo, no hay lugar a disposición alguna en cuanto afecta al importe a tanto alzado.

DOCUMENTO N° 4

PRESUPUESTO

INSTALACION DE AEROGENERADORES DE EJE VERTICAL EN EDIFICIO DE UC					
ITEM	UNID.	DESCRIPCIÓN	MEDICIÓN	P. UNIT	P. TOTAL
01		ANCLAJE A CUBIERTA DE EDIFICIO			
	ud	Preparación de puntos de anclaje en cubierta consistente en:	5,00	380,00	1.900,00
		Corte perimetral de elementos de acabado de cubierta, impermeabilización y formación de pendientes hasta llegar a cara superior de forjado de hormigón. Dimensiones 1mx1m.			
		Escarificado de cara superior de forjado de hormigón y limpieza de superficies.			
		Ejecución de dados de hormigón armado de dimensiones 1mx1mx0,4			
		Reposición y remate de formación de pendientes y de elementos de impermeabilización contra nuevos dados de hormigón para soporte de aerogeneradores.			
	ud	Suministro y colocación de pernos de anclaje M33, calidad 8.8, galvanizados en caliente, anclados con resina epoxi a forjado de cubierta.	50,00	24,00	1.200,00
	ud	Suministro y colocación de tensores para estabilización de mástiles de aerogeneradores. Compuestos de cable de acero galvanizado en caliente de diámetro 4mm, dispositivo de tensado y anclajes a cubierta y mástil.	20,00	45,00	900,00
		Total capítulo 01			4.000,00
02		SUMINISTRO DE LOS AEROGENERADORES			
	ud	Suministro de turbina	5,00	19.250,00	96.250,00
		Contiene:			
		Rectificador			
		Inversor ABB			
		Cuadro de protección y frenado			
		Resistencia de disipación			
	ud	Mástil	5,00	2.400,00	12.000,00
		Total capítulo 02			108.250,00
03		MONTAJE MECANICO			
	ud	Montaje de mástil de 6 m de longitud mediante grúa autopropulsada, mediante atornillado a bases en cubierta.	5,00	1.380,00	6.900,00
	ud	Montaje de turbina sobre corona de anclaje en mástil.	5,00	2.760,00	13.800,00
	ud	Alineación de elementos mecánicos, pruebas y puesta en marcha.	5,00	440,00	2.200,00
		Total capítulo 03			22.900,00
04		INSTALACIÓN ELÉCTRICA			
	ud	Fusible	1,00	100,00	100,00
	m	Bandeja perforada	200,00	2,00	400,00
	ud	Interruptor magnetotérmico	1,00	320,00	320,00
	ud	Diferencial	1,00	360,00	360,00
	m	Cable de cobre con aislamiento de PVC y de sección 25mm2	180,00	2,23	402,00
	m	Cable de cobre con aislamiento de PVC y de sección 35mm2	260,00	4,30	1118,00
	m	Cable de cobre con aislamiento de PVC y de sección 50mm2	160,00	6,50	1040,00
	m	Cable de cobre con aislamiento de PVC y de sección 240mm2	400,00	15,80	6.320,00
		Total capítulo 04			10.060,00
05		RED DE TIERRAS			
	ud	Conexión de red de tierras a red de tierras existente en cubierta mediante grapas de atado. Incluso parte proporcional	3,00	190,00	570,00
	ml	Tendido sobre cubierta plana de redondo de acero galvanizado en caliente de diámetro 8mm. Incluso parte proporcional de suportación sobre mástiles de aerogeneradores y sobre cubierta.	80,00	27,50	2.200,00
	ud	Suministro y montaje de puntas captadoras. Incluso conexionado a resto de la red y suportación sobre turbinas eólicas.	3,00	275,00	825,00
		Total capítulo 05			3.595,00
06		CONTROL DE CALIDAD			
	ud	Control de calidad según Plan de Control de Calidad y Pliego de Condiciones del Proyecto.	1,00	405,55	405,55
		Total capítulo 06			405,55
07		SEGURIDAD Y SALUD			
	ud	Ejecución e Implementación del Plan de Seguridad y Salud, seguimiento durante la obra, etc. Incluso la p.p de todos los medios de Seguridad necesarios según legislación vigente, estudio de seguridad y salud y normativa.	1,00	405,55	405,55
		Total capítulo 07			405,55
08		INGENIERIA, PERMISOS Y TASAS			
	ud	Ingeniería y Dirección de Obra.	1,00	4.055,50	4.055,50
	ud	Tasas y Permisos.	1,00	2.027,75	2.027,75
		Total capítulo 08			6.083,25
		RESUMEN PRESUPUESTO			
Cap.		Concepto			Total:
1		Anclaje a Cubierta de Edificio			4.000,00 €
2		Suministro de los Aerogeneradores			108.250,00 €
3		Montaje Mecánico			22.900,00 €
4		Instalación Eléctrica			10.060,00 €
5		Red de Tierras			3.595,00 €
6		Control de calidad			405,55 €
7		Seguridad y Salud			405,55 €
8		Ingeniería, Permisos y Tasas			6.083,25 €
		PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL (P.E.M.)			155.699,35 €
		Beneficio Industrial (6%):			9.341,96 €

	Gastos Generales (13%):		20.240,92 €
	PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA SIN IVA		185.282,23 €
	I.V.A.		38.909,27 €
	PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA (P.E.C.)		224.191,49 €

El Presupuesto de Ejecución por Contrata asciende a la expresada cantidad de Doscientos veinticuatro mil ciento noventa y uno con cuarenta y nueve Euros