



CENER

CENTRO NACIONAL DE
ENERGÍAS RENOVABLES
FUNDACIÓN CENER-CIEMAT

NATIONAL RENEWABLE
ENERGY CENTRE

ADItch
CORPORACIÓN TECNOLÓGICA

Informe: 21.2989.0

**Evaluación del recurso y estimación de la
producción energética de un parque eólico en
Tierra Nueva (República Dominicana)**

DEPARTAMENTO DE ENERGÍA EÓLICA
CENTRO NACIONAL DE ENERGÍAS RENOVABLES (CENER)

PAMPLONA

Ciudad de la Innovación 7
31621 Sarriguren
(Navarra) España
T +34 948 25 28 00

SANGÜESA

Polligono Industrial
Rocafort G2-H1
31400 Sangüesa
(Navarra) España
T + 34 948 87 17 45

AOIZ

Urbanización Área de
Reparto Ar-3
31430 Aoiz (Navarra)
España
T + 34 948 80 24 12

SEVILLA

Pabellón de Italia
C. Isaac Newton nº.4
Módulos A y B
41092 (Sevilla) España
T +34 902 25 28 00

Título: Estudio de evaluación del recurso y estimación de la producción energética de un parque eólico en Tierra Nueva (República Dominicana)

Código: 21.2989.0

Centro de emisión: Pamplona

Cliente: Corporación Dominicana de Empresas Eléctricas Estatales (CDEEE)

Persona de contacto: Lic. Franklin B. Rosa (EGEHID)

Domicilio social: Centro de los Héroes Santo Domingo, República Dominicana

Realizado por: Uxue Irigoyen **Técnico**

Revisado por: Iván Moya **Jefe de servicio**

Aprobado por: Iván Moya **Jefe de servicio**



1.- RESUMEN EJECUTIVO	10
1.1.- INTRODUCCIÓN	10
1.2.- OBJETO	10
1.3.- ALCANCE	10
1.4.- INFORMACIÓN PREVIA PROPORCIONADA PARA LA REALIZACIÓN DEL TRABAJO	11
1.5.- CONCLUSIONES	11
1.6.- RECOMENDACIONES	14
2.- INFORME TÉCNICO	15
2.1.- DESCRIPCIÓN DEL EMPLAZAMIENTO	15
2.2.- DATOS METEOROLÓGICOS	16
2.2.1.- DESCRIPCIÓN DE LA TORRE DE MEDIDA: <i>TIERRA NUEVA 1</i>	16
2.2.2.- DESCRIPCIÓN DE LA TORRE DE MEDIDA: <i>TIERRA NUEVA 2</i>	17
2.2.3.- DESCRIPCIÓN DE LA TORRE DE MEDIDA: <i>TIERRA NUEVA 3</i>	17
2.2.4.- DATOS MERRA	18
2.3.- ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS EÓLICAS DEL EMPLAZAMIENTO	19
2.3.1.- FILTRADO DE DATOS	19
2.3.1.1.- <i>Tierra Nueva 1</i>	19
2.3.1.2.- <i>Tierra Nueva 2</i>	19
2.3.1.3.- <i>Tierra Nueva 3</i>	20
2.3.2.- TRATAMIENTO ESTADÍSTICO.....	20
2.3.2.1.- <i>Tierra Nueva 1</i>	20
2.3.2.2.- <i>Tierra Nueva 2</i>	24
2.3.2.3.- <i>Tierra Nueva 3</i>	28
2.3.3.- PERFIL VERTICAL DE VIENTO.....	33
2.3.4.- DENSIDAD DEL AIRE.....	33
2.4.- ESTIMACIÓN DE LA VELOCIDAD MEDIA A LARGO PLAZO	33
2.4.1.- BÚSQUEDA DE LAS ESTACIONES DE REFERENCIA Y RECOPIACIÓN DE DATOS	34
2.4.2.- DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN ESTADÍSTICA ENTRE LAS MEDIDAS DE LA TORRE SITUADA EN LA ZONA DE ESTUDIO Y LA ESTACIÓN DE REFERENCIA	34
2.4.3.- EXTRAPOLACIÓN A LARGO PLAZO DE LAS MEDIDAS TOMADAS EN LA ZONA DE ESTUDIO	35



2.5.- DESCRIPCIÓN DEL PARQUE EÓLICO PROPUESTO.....	35
2.6.- ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DEL PARQUE	37
2.7.- ANÁLISIS DE INCERTIDUMBRES.....	39
3.- REFERENCIAS.....	42
4.- ANEXOS	43
4.1.- ANEXO 1: FOTOGRAFIAS.....	43
4.2.- ANEXO 2: TABLAS	47
4.3.- ANEXO 3:DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y MODELIZACIÓN DEL CAMPO DE VIENTO.....	69



Figura 1 : Situación del emplazamiento.	15
Figura 2 : Vista tomada desde la posición de la torre de medición <i>Tierra Nueva 3</i>	16
Figura 3 : Localización de las torres de medida, en azul; y de las los datos de MERRA, en rosa.....	18
Figura 4 : Función de distribución de la velocidad de viento y ajuste Weibull de la misma en la estación <i>Tierra Nueva 1</i> a 40 metros de altura.	21
Figura 5 : Función de distribución de la velocidad de viento y ajuste Weibull de la misma en la estación <i>Tierra Nueva 1</i> a 20 metros de altura.	21
Figura 6 : Rosa de frecuencias, velocidades y energía de viento de <i>Tierra Nueva 1</i> a 40 metros de altura.....	22
Figura 7 : Rosa de frecuencias, velocidades y energía de viento de <i>Tierra Nueva 1</i> a 20 metros de altura.....	22
Figura 8 : Turbulencia media y turbulencia característica a 40 metros de altura en la estación <i>Tierra Nueva 1</i>	23
Figura 9 : Turbulencia media y turbulencia característica a 20 metros de altura en la estación <i>Tierra Nueva 1</i>	23
Figura 10 Variación diaria de la velocidad de viento en la estación <i>Tierra Nueva 1</i> a 40 y 20 metros de altura.....	24
Figura 11 : Función de distribución de la velocidad de viento y ajuste Weibull de la misma en la estación <i>Tierra Nueva 2</i> a 40.5 metros de altura.	25
Figura 12 : Función de distribución de la velocidad de viento y ajuste Weibull de la misma en la estación <i>Tierra Nueva 2</i> a 20.5 metros de altura.	25
Figura 13 : Rosa de frecuencias, velocidades y energía de viento de <i>Tierra Nueva 2</i> a 40.5 metros de altura.....	26
Figura 14 : Rosa de frecuencias, velocidades y energía de viento de <i>Tierra Nueva 2</i> a 20.5 metros de altura.....	26
Figura 15 : Turbulencia media y turbulencia característica a 40.5 metros de altura en la estación <i>Tierra Nueva 2</i>	27
Figura 16 : Turbulencia media y turbulencia característica a 20.5 metros de altura en la estación <i>Tierra Nueva 2</i>	27



Figura 17 Variación diaria de la velocidad de viento en la estación <i>Tierra Nueva 2</i> a 40.5 y 20.5 metros de altura.....	28
Figura 18 : Función de distribución de la velocidad de viento y ajuste Weibull de la misma en la estación <i>Tierra Nueva 3</i> a 90 metros de altura.	29
Figura 19 : Función de distribución de la velocidad de viento y ajuste Weibull de la misma en la estación <i>Tierra Nueva 3</i> a 70 metros de altura.	29
Figura 20 : Función de distribución de la velocidad de viento y ajuste Weibull de la misma en la estación <i>Tierra Nueva 3</i> a 40 metros de altura.	30
Figura 21 : Rosa de frecuencias, velocidades y energía de viento de <i>Tierra Nueva 3</i> a 69 metros de altura.....	30
Figura 22 : Turbulencia media y turbulencia característica a 90 metros de altura en la estación <i>Tierra Nueva 3</i>	31
Figura 23 : Turbulencia media y turbulencia característica a 70 metros de altura en la estación <i>Tierra Nueva 3</i>	31
Figura 24 : Turbulencia media y turbulencia característica a 40 metros de altura en la estación <i>Tierra Nueva 3</i>	32
Figura 25 Variación diaria de la velocidad de viento en la estación <i>Tierra Nueva 3</i> a 90, 70 y 40 metros de altura.....	32
Figura 26 Área seleccionada para el Parque Eólico <i>Tierra Nueva</i>	36
Figura 27 Curvas de potencia y empuje de los aerogeneradores G97-2MW IEC II_A, V90-1.8MW IEC II_A y HP620-1MW IEC III_A para la densidad 1.15 kg/m ³)	36
Figura 28 Modelización del campo de viento en 2D del parque eólico de <i>Tierra Nueva</i> a una altura de buje de 70 metros a partir de la serie histórica de viento en <i>Tierra Nueva 3</i> , con aerogeneradores HP62-1MW	70
Figura 29 Modelización del campo de viento en 2D del parque eólico de <i>Tierra Nueva</i> a una altura de buje de 78 metros a partir de la serie histórica de viento en <i>Tierra Nueva 3</i> , con aerogeneradores G97-2MW.....	71
Figura 30 Modelización del campo de viento en 2D del parque eólico de <i>Tierra Nueva</i> a una altura de buje de 90 metros a partir de la serie histórica de viento en <i>Tierra Nueva 3</i> , con aerogeneradores G97-2MW.....	72
Figura 31 Modelización del campo de viento en 2D del parque eólico de <i>Tierra Nueva</i> a una altura de buje de 80 metros a partir de la serie histórica de viento en <i>Tierra Nueva 3</i> , con aerogeneradores V90-1.8MW	73

Figura 32 Modelización del campo de viento en 2D del parque eólico de Tierra Nueva a una altura de buje de 105 metros a partir de la serie histórica de viento en *Tierra Nueva 3*, con aerogeneradores V90-1.8MW 74



Tabla 1 Descripción de la estación de medición del emplazamiento. Coordenadas DATUM WGS84, Zona 19.....	47
Tabla 2 Porcentaje de datos filtrados en <i>Tierra Nueva 1</i>	47
Tabla 3 Porcentaje de datos filtrados en <i>Tierra Nueva 2</i>	47
Tabla 4 Porcentaje de datos filtrados en <i>Tierra Nueva 3</i>	48
Tabla 5 Estadísticas mensuales para el anemómetro de 40 metros de altura de la torre de medición <i>Tierra Nueva 1</i>	49
Tabla 6 Estadísticas mensuales para el nivel de 20 metros de altura de la torre de medición <i>Tierra Nueva 1</i>	51
Tabla 7 Estadísticas mensuales para el nivel de 40.5 metros de altura de la torre de medición <i>Tierra Nueva 2</i>	53
Tabla 8 Estadísticas mensuales para el nivel de 20.5 metros de altura de la torre de medición <i>Tierra Nueva 2</i>	54
Tabla 9 Estadísticas mensuales para el nivel de 90 metros de altura de la torre de medición <i>Tierra Nueva 3</i>	55
Tabla 10 Estadísticas mensuales para el nivel de 70 metros de altura de la torre de medición <i>Tierra Nueva 3</i>	55
Tabla 11 Estadísticas mensuales para el nivel de 40 metros de altura de la torre de medición <i>Tierra Nueva 3</i>	56
Tabla 12 Valor del coeficiente de cortadura por rumbos en la estación <i>Tierra Nueva 3</i> durante el periodo de medida. En negrita las direcciones predominantes.	56
Tabla 13 Características de los aerogeneradores Gamesa G97-2.0MW , Vestas V90-1.8MW y HP62-1MW	57
Tabla 14 Coordenadas UTM, coeficientes RIX y distancias de los aerogeneradores G97-2MW a la estación <i>Tierra Nueva 3</i>	58
Tabla 15 Coordenadas UTM, coeficientes RIX y distancias de los aerogeneradores V90-1.8MW a la estación <i>Tierra Nueva 3</i>	58
Tabla 16 Coordenadas UTM, coeficientes RIX y distancias de los aerogeneradores HP62-1MW a la estación <i>Tierra Nueva 3</i>	60
Tabla 17 Producción por aerogenerador en el parque eólico de Tierra Nueva para una potencia instalada de 50 MW a 78 metros de altura de buje con la máquina G90-2MW	61



Tabla 18 Producción por aerogenerador en el parque eólico de Tierra Nueva para una potencia instalada de 50 MW a 90 metros de altura de buje con la máquina G90-2MW	62
Tabla 19 Producción por aerogenerador en el parque eólico de Tierra Nueva para una potencia instalada de 48.6 MW a 80 metros de altura de buje con la máquina V90-1.8MW	63
Tabla 20 Producción por aerogenerador en el parque eólico de Tierra Nueva para una potencia instalada de 48.6 MW a 105 metros de altura de buje con la máquina V90-1.8MW	64
Tabla 21 Producción por aerogenerador en el parque eólico de Tierra Nueva para una potencia instalada de 50 MW a 70 metros de altura de buje con la máquina HP62-1MW	65
Tabla 22 Incertidumbres asociadas a la velocidad media a largo plazo en la estación <i>Tierra Nueva 3</i> a 78 metros de altura.	66
Tabla 23 Incertidumbres asociadas a la velocidad media a largo plazo en la estación <i>Tierra Nueva 3</i> a 90 metros de altura.	66
Tabla 24 Incertidumbres asociadas a la velocidad media a largo plazo en la estación <i>Tierra Nueva 3</i> a 80 metros de altura.	67
Tabla 25 Incertidumbres asociadas a la velocidad media a largo plazo en la estación <i>Tierra Nueva 3</i> a 105 metros de altura.	67
Tabla 26 Incertidumbres asociadas a la velocidad media a largo plazo en la estación <i>Tierra Nueva 3</i> a 70 metros de altura.	68

1.- RESUMEN EJECUTIVO

1.1.- INTRODUCCIÓN

El presente trabajo analiza las condiciones eólicas locales existentes en el emplazamiento del parque eólico de Tierra Nueva con el objeto de cuantificar la producción energética media esperada. El emplazamiento del parque eólico de Tierra Nueva está ubicado en la República Dominicana. El trabajo se ha realizado de acuerdo con la oferta enviada a la Empresa de Generación Hidroeléctrica Dominicana (EGEHID): “Estudio de evaluación del recurso y estimación de la producción energética de un parque eólico en Tierra Nueva (República Dominicana)”.

Este informe se realiza tras cumplirse siete años del inicio de la campaña de medidas en el país, y como alternativa al PE de Monte Cristi y al PE de Las Damas. Dicha campaña de medición ha sido parcialmente diseñada y gestionada por CENER, como parte de los servicios contratados por la CDEEE en el mes de Septiembre de 2005 en el marco del proyecto “Estudio y elección de un emplazamiento para la instalación de un parque eólico experimental en la República Dominicana”.

El emplazamiento de Tierra Nueva fue seleccionado por EGEHID como alternativa a los otros emplazamientos estudiados.

1.2.- OBJETO

El objeto del trabajo propuesto consiste en determinar las condiciones eólicas locales existentes en la zona de estudio, con vistas a la explotación energética de una planta eólica de 50 MW en Tierra Nueva, República Dominicana, y cuantificar la producción energética media esperada.

1.3.- ALCANCE

El alcance de los trabajos a realizar y la aportación técnica de CENER incluye:

- Análisis y tratamiento de datos del periodo de medidas.
- Recopilación de datos históricos de MERRA
- Estimación de la velocidad media a largo plazo.
- Simulación del campo de vientos.
- Diseño del parque eólico.

- Propuesta de tres alternativas de modelo de aerogenerador a instalar.
- Estimación de la producción energética del parque eólico.
- Análisis de Incertidumbres.
- Conclusiones.

1.4.- INFORMACIÓN PREVIA PROPORCIONADA PARA LA REALIZACIÓN DEL TRABAJO

Para la realización del presente trabajo, se ha contado con la siguiente información:

- Fichas de instalación de las tres estaciones, *Tierra Nueva 1*, *Tierra Nueva 2* y *Tierra Nueva 3* ubicadas en el emplazamiento en estudio.
- Datos meteorológicos de las tres estaciones, *Tierra Nueva 1*, *Tierra Nueva 2* y *Tierra Nueva 3* ubicadas en el emplazamiento en estudio.
- Fotos de la estación *Tierra Nueva 1*, *Tierra Nueva 2* y *Tierra Nueva 3*.
- Área limitada en la concesión preliminar.
- Informe de EGEHID : “Síntesis de Dirección. Parque eólico de Tierra Nueva 30MW”
- Informe de Meteolien: Emplazamiento de Tierra Nueva- Evaluación de la potencia energética y propuesta de implantación” Noviembre de 2011

1.5.- CONCLUSIONES

Las conclusiones que se extraen de este informe son las siguientes:

- La campaña de medidas se ha realizado con las estaciones de medida *Tierra Nueva 1*, *Tierra Nueva 2* y *Tierra Nueva 3*.
- La zona del parque presenta un recurso eólico con una velocidad media en el periodo de referencia seleccionado de 7.52 m/s a 90 metros de altura en *Tierra Nueva 3*.
- El análisis de turbulencia para las posiciones de aerogenerador del PE de Tierra Nueva se ha llevado a cabo analizando las medidas registradas durante el periodo de operación de la estación *Tierra Nueva 3*.
- La turbulencia en la estación *Tierra Nueva 3* a 90 metros de altura durante el periodo considerado, está por debajo de los valores establecidos para la turbulencia de categoría A en la norma internacional IEC 61400-1 en todos los rangos de velocidad.



- Se ha analizado el perfil vertical de viento en la estación *Tierra Nueva 3* entre sus tres niveles de medida, resultando igual a 0.20 entre el nivel de 40 m y el de 70 m de altura y 0.17 entre el nivel de 70 m y el de 90 m de altura. Como resultado de este análisis se ha optado para la extrapolación en altura por un perfil de 0.15 entre 90 m y 105 m de altura.
- La densidad media del emplazamiento calculada a partir de la temperatura y presión medias registradas en la torre *Tierra Nueva 3* es 1.16 kg/m³.
- Las ubicaciones de los aerogeneradores que componen este parque han sido seleccionadas por CENER.
- Para las alturas de buje estudiadas, 70, 78, 80, 90 y 105 metros, la velocidad media en las posiciones de aerogenerador no alcanza en ningún caso los 8.5 m/s. Esta velocidad está dentro del rango que delimita la clase II IEC de dos de los tres modelos de turbina considerados, la turbina G97-2MW IECII_A y la turbina V90-1.8 IECII_A (cuyo límite en velocidad media es 8.50 m/s); pero no está dentro del rango que delimita la clase III IEC de la turbina HP620-1MW IEC III_A, cuyo límite en velocidad media es 7.5 m/s.
- El máximo valor diezminutal registrado en *Tierra Nueva 3* durante el periodo de medida es de 16.0 m/s. Este valor indica que no parece probable que se vaya a superar el valor de Vref para emplazamientos de clase II (42.5 m/s) ni de clase III (37.5 m/s), pero no puede asegurarse. Por lo tanto, se recomienda calcular la velocidad de referencia en cada una de las ubicaciones de aerogenerador.
- La producción neta anual estimada para el PE de Tierra Nueva, considerando unas potencias instaladas máximas de 50 MW y 48.6 MW (dependiendo del modelo de aerogenerador a instalar), es la presentada en la tabla a continuación.

Aerogenerador	G97-2.0MW IEC II_A	G97-2.0MW IEC II_A	V90-1.8MW IEC II_A	V90-1.8MW IEC II_A	HP62-1MW IEC III
Altura de buje [m]	78	90	80	105	70
Potencia instalada de parque [MW]	50	50	48.6	48.6	50
Producción neta [MWh/año]	199334	206699	170983	183417	145948
Horas Equivalentes Netas	3987	4134	3518	3774	2919



- Los límites de confianza para la producción neta estimada son los que se dan en las tablas siguientes:

Probabilidad de ocurrencia [%]	G97-2MW 78 m			
	1 año		10 años	
	[GWh/año]≥	Horas≥	[GWh/año]≥	Horas≥
99	111.12	2222	125.88	2518
90	150.71	3014	158.85	3177
75	173.73	3475	178.02	3560
50	199.33	3987	199.33	3987

Probabilidad de ocurrencia [%]	G97-2MW 90 m			
	1 año		10 años	
	[GWh/año]≥	Horas≥	[GWh/año]≥	Horas≥
99	116.48	2330	131.52	2630
90	156.97	3139	165.26	3305
75	180.52	3610	184.88	3698
50	206.70	4134	206.70	4134

Probabilidad de ocurrencia [%]	V90-1.8MW 80 m			
	1 año		10 años	
	[GWh/año]≥	Horas≥	[GWh/año]≥	Horas≥
99	90.63	1865	104.08	2142
90	126.70	2607	134.11	2759
75	147.66	3038	151.57	3119
50	170.98	3518	170.98	3518



Probabilidad de ocurrencia [%]	V90-1.8MW 105 m			
	1 año		10 años	
	[GWh/año]≥	Horas≥	[GWh/año]≥	Horas≥
99	101.55	2089	115.18	2370
90	138.29	2846	145.81	3000
75	159.66	3285	163.61	3367
50	183.42	3774	183.42	3774

Probabilidad de ocurrencia [%]	HP62-1MW 70 m			
	1 año		10 años	
	[GWh/año]≥	Horas≥	[GWh/año]≥	Horas≥
99	65.96	1319	79.30	1586
90	101.86	2037	109.21	2184
75	122.74	2455	126.61	2532
50	145.95	2919	145.95	2919

1.6.- RECOMENDACIONES

Se presentan en este apartado una serie de actuaciones para una mejor cuantificación del recurso eólico y de la producción esperada:

- Revisar los factores de disponibilidad y ajuste de la curva propuesta en función de las garantías ofertadas por el fabricante.
- Calcular la V_{ref} en posición de máquina.
- En caso de estar interesados en turbinas Vergnet, contactar con el fabricante para solicitar la información correspondiente a la turbina HP58-MW IEC IIA, más adecuada para el emplazamiento.



2.- INFORME TÉCNICO

2.1.- DESCRIPCIÓN DEL EMPLAZAMIENTO

El emplazamiento de Tierra Nueva se encuentra ubicado en la provincia de Independencia, en el municipio de Tierra Nueva, perteneciente a la República Dominicana (ver figura 1).

El emplazamiento comprende una zona llana a unos 4 km al noroeste de la ciudad de Boca de Cachón, con alguna suave loma, cuya cota oscila entre los 15 m y los 105 m de altitud.



Figura 1 : Situación del emplazamiento.

En la Figura 2 se muestra una vista de los alrededores de la estación en la que se aprecia el tipo de vegetación de la zona en la posición de la torre de medición durante la instalación de Tierra Nueva 3.

El paisaje característico es monte bajo chaparral y matorral de escasa consideración, alternando con pocos árboles de hasta 4 m de altura.



Figura 2 : Vista tomada desde la posición de la torre de medición *Tierra Nueva 3*.

Los valores de rugosidad empleados han sido 0 metros para la superficie acuosa del lago, y 0.05 para las zonas de chaparral y matorral.

2.2.- DATOS METEOROLÓGICOS

En el emplazamiento en estudio, ver Anexo 1, hay instalada tres torres de medida: *Tierra Nueva 1*, *Tierra Nueva 2* y *Tierra Nueva 3*. Para la realización de este estudio se han evaluado también datos de reanálisis para caracterizar el recurso eólico a largo plazo en el emplazamiento del parque eólico de Tierra Nueva. Las coordenadas y fotografías de estas torres de medición se recogen en la Tabla 1 y en el Anexo 1 respectivamente.

2.2.1.- DESCRIPCIÓN DE LA TORRE DE MEDIDA: *TIERRA NUEVA 1*

La estación *Tierra Nueva 1* fue instalada el 21 de diciembre de 2007 y se dispone de datos hasta el 31 de julio de 2012.

La torre es de celosía y registra valores diezminutales de velocidad, desviación estándar de la velocidad, velocidad máxima y su dirección asociada, velocidad mínima, dirección y su desviación estándar a 40 y 20 metros de altura, además de presión y temperatura del aire.

Los sensores instalados son anemómetros NRG MAXIMUM 40, veletas NRG 200P, barómetro NRG BP20 y sensor de temperatura NRG 110S. El sistema de adquisición de datos está compuesto por un data logger NRG Symphonie con capacidad para almacenar seis

velocidades y seis entradas analógicas.

En los anemómetros de la estación de medición se han utilizado las calibraciones¹ emitidas para cada uno de ellos por el Instituto Ignacio da Riva (centro acreditado ENAC).

2.2.2.- DESCRIPCIÓN DE LA TORRE DE MEDIDA: TIERRA NUEVA 2

La estación *Tierra Nueva 2* fue instalada el 15 de julio de 2009 y se dispone de datos hasta el 26 de septiembre de 2013.

La torre es de celosía y registra valores diezminutales de velocidad, desviación estándar de la velocidad, velocidad máxima y su dirección asociada, velocidad mínima, dirección y su desviación estándar a 40.5 y 20.5 metros de altura, además de presión y temperatura del aire.

Los sensores instalados son anemómetros NRG MAXIMUM 40, veletas NRG 200P, barómetro NRG BP20 y sensor de temperatura NRG 110S. El sistema de adquisición de datos está compuesto por un data logger NRG Symphonie con capacidad para almacenar seis velocidades y seis entradas analógicas.

En los anemómetros de la estación de medición se han utilizado las calibraciones² emitidas para cada uno de ellos por el Instituto Ignacio da Riva (centro acreditado ENAC).

2.2.3.- DESCRIPCIÓN DE LA TORRE DE MEDIDA: TIERRA NUEVA 3

La estación *Tierra Nueva 3* fue instalada el 15 de agosto de 2013 y se dispone de datos hasta el 25 de julio de 2013.

La torre es de celosía y registra valores diezminutales de velocidad, desviación estándar de la velocidad, velocidad máxima y su dirección asociada, velocidad mínima, dirección y su desviación estándar a 90 y 70 y velocidad, desviación estándar de la velocidad, velocidad máxima y su dirección asociada y velocidad mínima a 40 metros de altura, además de presión y temperatura del aire.

Los sensores instalados son anemómetros NRG MAXIMUM 40, veletas NRG 200P, barómetro NRG BP20 y sensor de temperatura NRG 110S. El sistema de adquisición de datos está compuesto por un data logger NRG Symphonie con capacidad para almacenar seis velocidades y seis entradas analógicas.

Los anemómetros de la estación de medición no han sido calibrados por ningún centro acreditado ENAC.

¹ Anemómetro de 40 metros: $V [m/s] = 0.76960 * frecuencia [Hz] + 0.30948 m/s$

Anemómetro de 20 metros: $V [m/s] = 0.76725 * frecuencia [Hz] + 0.32205 m/s$

² Anemómetro de 40.5 metros: $V [m/s] = 0.76256 * frecuencia [Hz] + 0.32857 m/s$

Anemómetro de 20.5 metros: $V [m/s] = 0.76078 * frecuencia [Hz] + 0.39932 m/s$

2.2.4.- DATOS MERRA

Se han procesado también datos MERRA (Modern Era Retrospective-analysis for Research and Applications) como referencia para extrapolar a largo plazo las condiciones eólicas del emplazamiento.

Los datos de reanálisis de MERRA [1] han sido desarrollados y usados por el GMAO (Global Modelling and Assimilation Office) para dar soporte a la NASA (National Aeronautics and Space Administration) en diferentes estudios climáticos. Estos datos tienen cobertura mundial con una resolución de 1/2 grado en latitud y 2/3 grados en longitud.

CENER ha estudiado los datos de reanálisis de MERRA de los dos puntos más cercano al emplazamiento (18.5°N, 72°W y 18°N, 72°W) con resolución temporal horaria a 50 metros de altitud sobre el nivel del suelo y para el periodo comprendido entre Enero de 1979 y Agosto de 2014 (ver Figura 3).

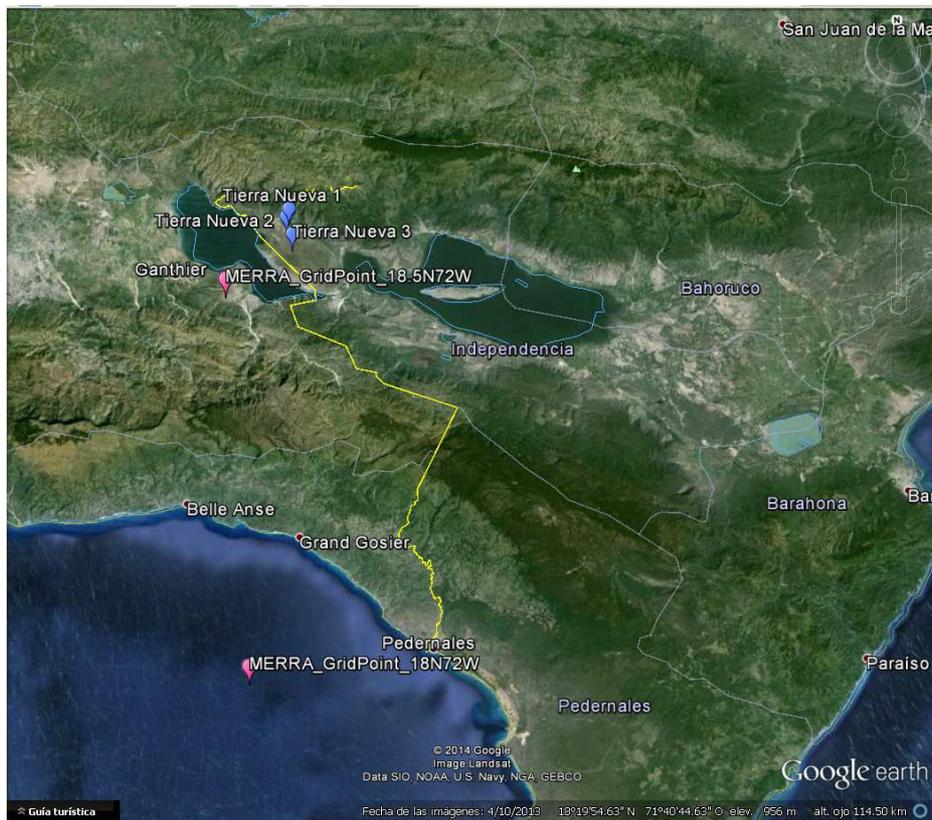


Figura 3 : Localización de las torres de medida, en azul; y de los datos de MERRA, en rosa.



2.3.- ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS EÓLICAS DEL EMPLAZAMIENTO

En este punto, se presenta el estudio de las características eólicas en las estaciones *Tierra Nueva 1*, *Tierra Nueva 2* y *Tierra Nueva 3* durante el período de medida, comprendido éste entre el 21 de diciembre de 2007 y el 31 de julio de 2012, para *Tierra Nueva 1*, el 15 de julio de 2009 y el 26 de septiembre de 2013 para *Tierra Nueva 2* y el 15 de agosto de 2013 y el 25 de julio de 2013 para *Tierra Nueva 3*.

2.3.1.- FILTRADO DE DATOS

El filtrado de los datos registrados en las estaciones de medida ha sido realizado con el software comercial Windographer [2] (versión 3.2.2) y con software específico desarrollado por CENER.

Se han aplicado diversos filtros para eliminar datos no válidos en cada una de las señales registradas (valores con desviación estándar cero, valores fuera de rango, valores fuera de tendencia,...).

2.3.1.1.- *Tierra Nueva 1*

El número total de registros analizados ha sido de 205542 registros diezminutales (84.74% de disponibilidad).

En la Tabla 2 se presenta el porcentaje de datos filtrados para cada sensor y la disponibilidad final.

No se dispone de datos entre el 26 de junio de 2008 y el 1 de septiembre de 2009.

La veleta de 40 metros de altura presenta una menor disponibilidad que la de 20 metros, debido a un desfase producido entre el 22 de septiembre de 2009 y el 28 de julio de 2011.

2.3.1.2.- *Tierra Nueva 2*

El número total de registros analizados ha sido de 155537 registros diezminutales (70.38% de disponibilidad).

En la Tabla 3 se presenta el porcentaje de datos filtrados para cada sensor y la disponibilidad final.

No se dispone de datos entre el 12 de mayo de 2011 y el 9 de agosto de 2012.

La veleta de 40 metros de altura presenta una disponibilidad casi nula, debido a un desfase producido al poco tiempo de su instalación.

2.3.1.3.- Tierra Nueva 3

El número total de registros analizados ha sido de 46986 registros diezminutales (94.82% de disponibilidad).

En la Tabla 4 se presenta el porcentaje de datos filtrados para cada sensor y la disponibilidad final.

La veleta de 89 metros de altura presenta una disponibilidad casi nula, debido a un desfase producido al poco tiempo de su instalación.

2.3.2.- TRATAMIENTO ESTADÍSTICO

Una vez procesados los datos, se ha realizado el tratamiento estadístico de éstos para caracterizar el recurso eólico en el emplazamiento en estudio.

2.3.2.1.- Tierra Nueva 1

La torre registra valores diezminutales de velocidad, desviación estándar de la velocidad, velocidad máxima y su dirección asociada, velocidad mínima, dirección y su desviación estándar a 40 y 20 metros de altura, además de presión y temperatura del aire.

A modo de resumen, las tablas 5 y 6 muestran el valor de las velocidades medias, máximas y desviación estándar en la estación de medida para cada nivel respectivamente así como la cobertura mensual de datos y los parámetros de Weibull.

Las figuras 4 y 5 presentan, para 40 y 20 metros de altura, el histograma de frecuencias para el periodo completo y el ajuste de Weibull correspondiente.

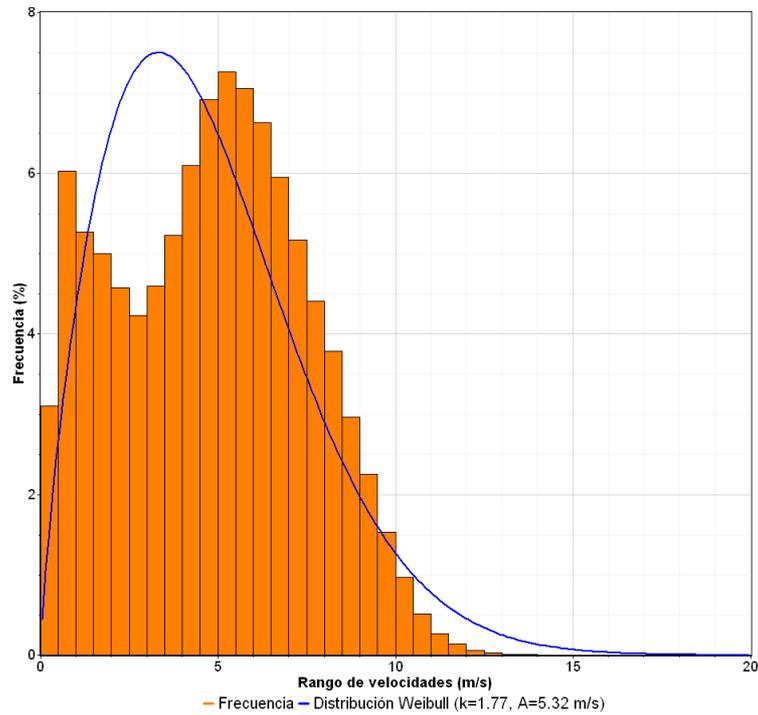


Figura 4 : Función de distribución de la velocidad de viento y ajuste Weibull de la misma en la estación *Tierra Nueva 1* a 40 metros de altura.

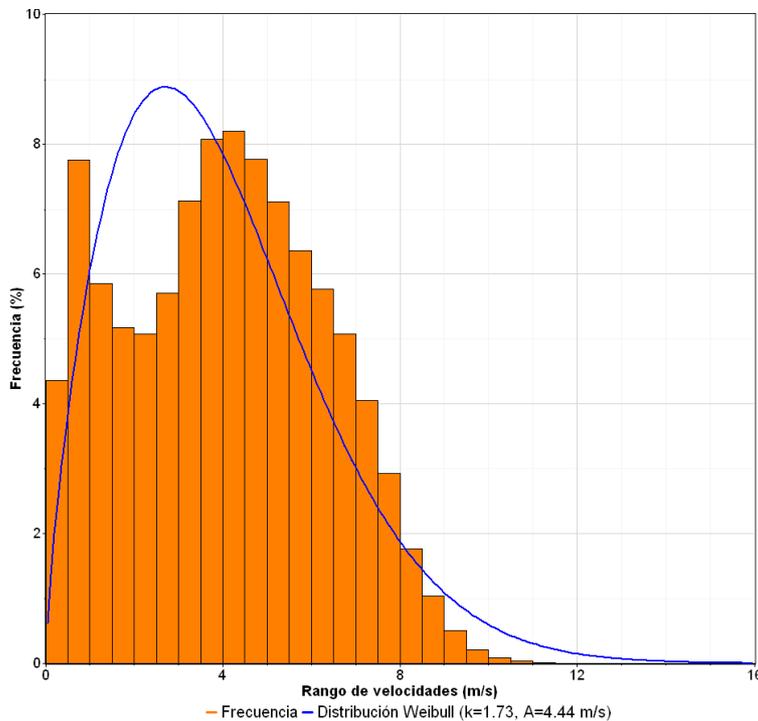


Figura 5 : Función de distribución de la velocidad de viento y ajuste Weibull de la misma en la estación *Tierra Nueva 1* a 20 metros de altura.

Las figuras 6 y 7 presentan las rosas de frecuencias, velocidades de viento y energía en los niveles de 40 y 20 metros de altura para el periodo completo de medición.

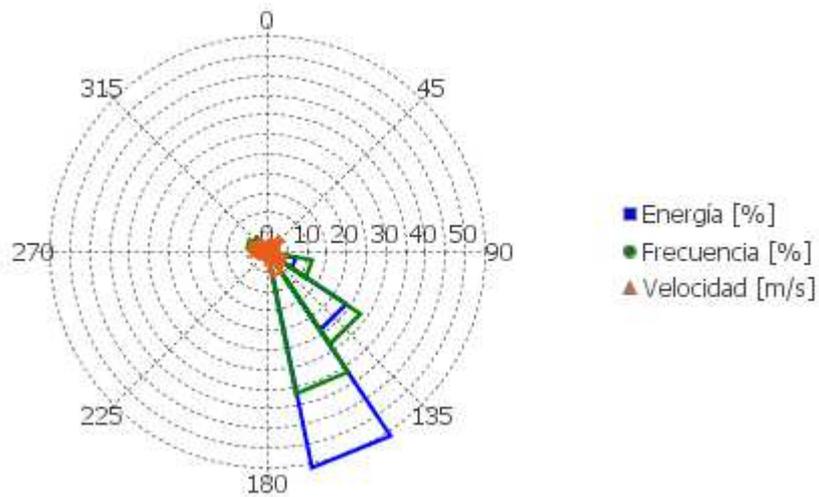


Figura 6 : Rosa de frecuencias, velocidades y energía de viento de *Tierra Nueva 1* a 40 metros de altura.

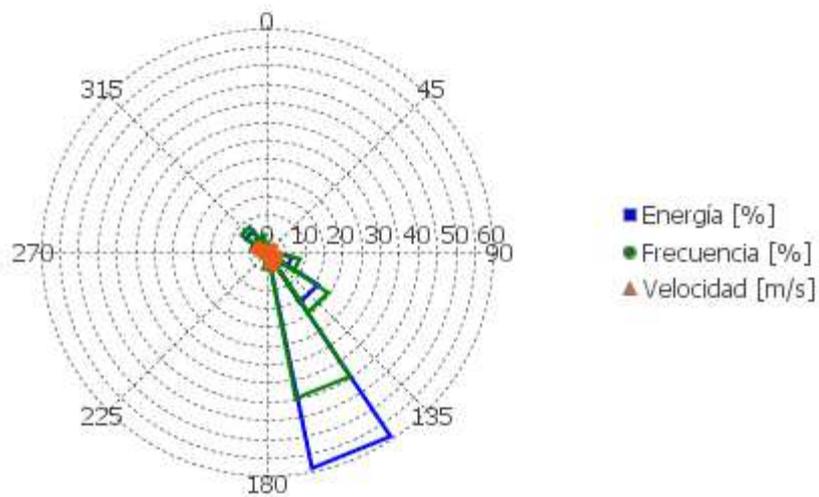


Figura 7 : Rosa de frecuencias, velocidades y energía de viento de *Tierra Nueva 1* a 20 metros de altura.

Las figuras 8 y 9 muestran la intensidad de turbulencia media a 40 y 20 metros de altura registrada en el periodo de medida, así como la intensidad de turbulencia característica ($I_{\text{característica}} = I + 1.28\sigma$ [3]). Como se aprecia en las figuras 8 y 9, tanto para el nivel de 40 metros de altura como para el de 20 metros de altura, durante el periodo de medida, la intensidad de turbulencia característica está por encima de los valores establecidos para la turbulencia de categoría A en la norma internacional IEC 61400-1.

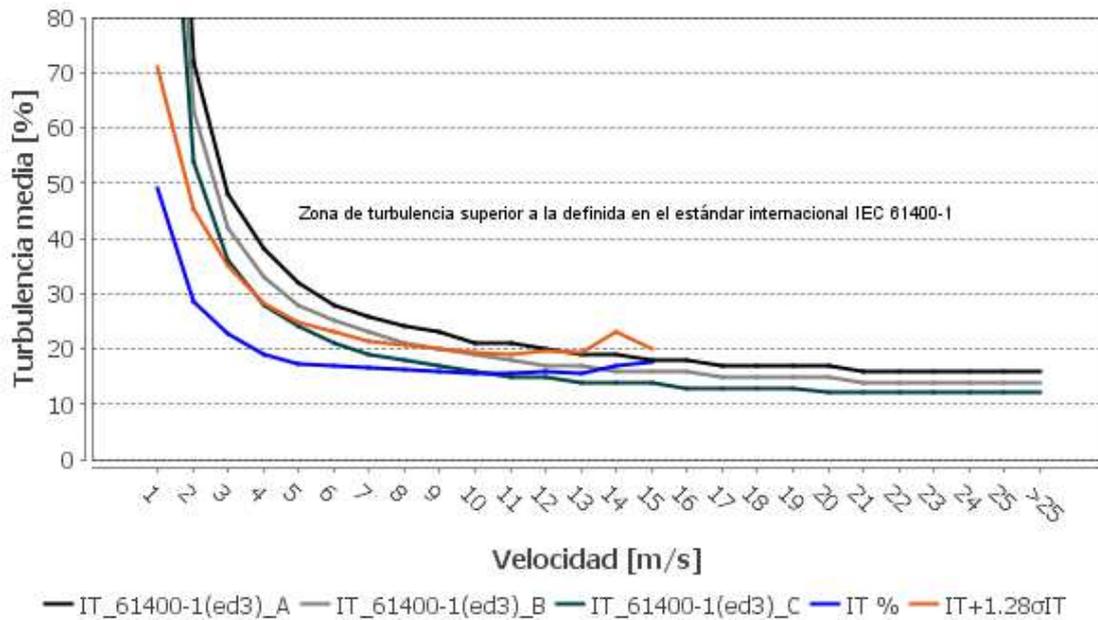


Figura 8 : Turbulencia media y turbulencia característica a 40 metros de altura en la estación *Tierra Nueva 1*.

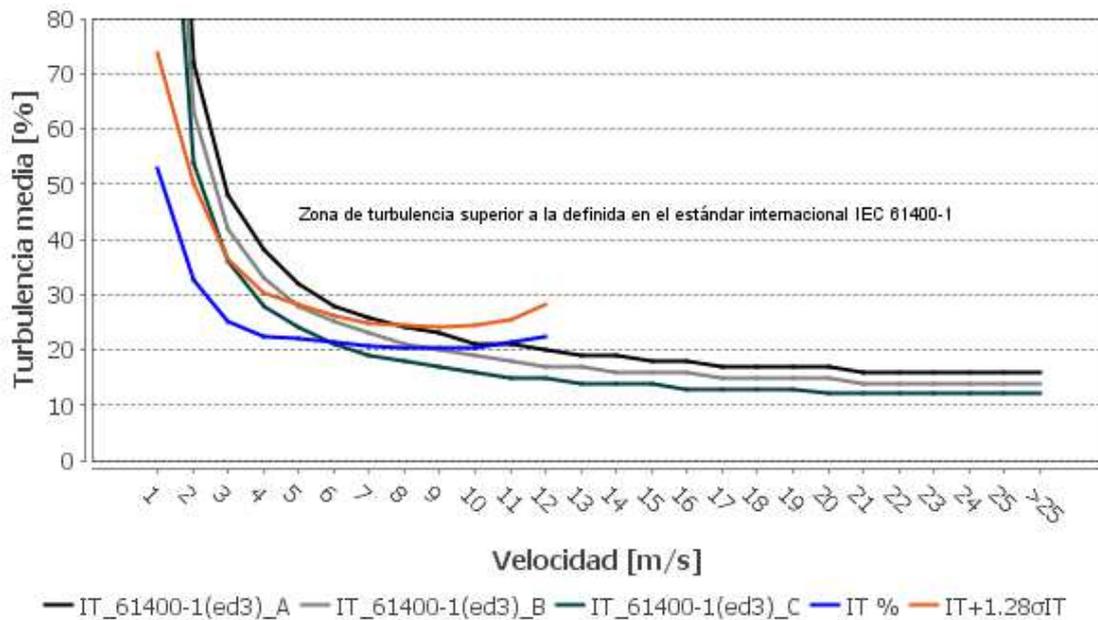


Figura 9 : Turbulencia media y turbulencia característica a 20 metros de altura en la estación *Tierra Nueva 1*.

La variación diaria media para los dos principales niveles de medida se presenta en la figura 10.

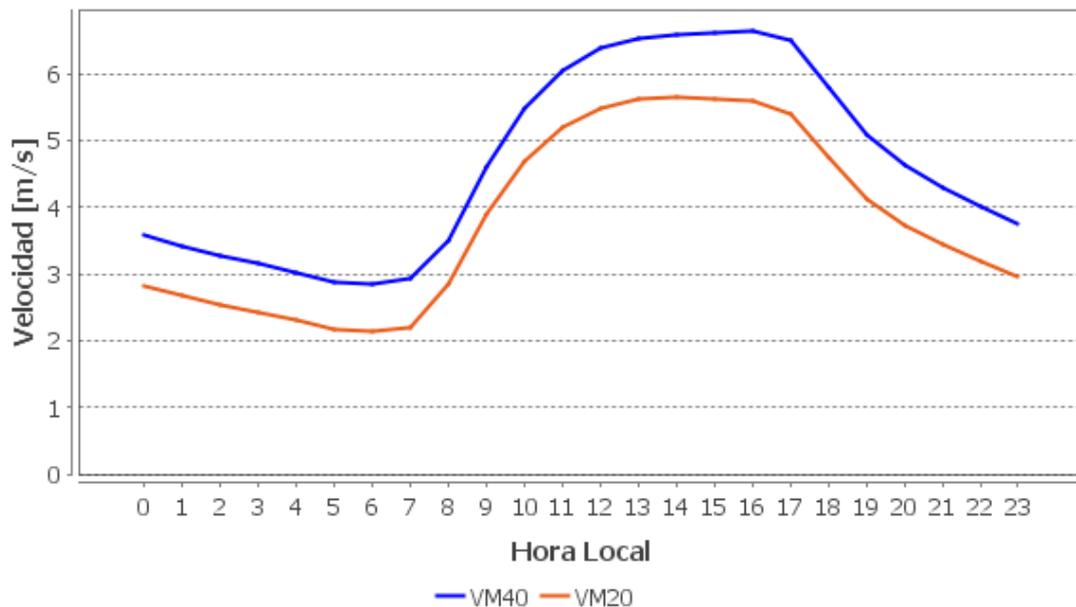


Figura 10 Variación diaria de la velocidad de viento en la estación *Tierra Nueva 1* a 40 y 20 metros de altura.

2.3.2.2.- *Tierra Nueva 2*

La torre registra valores diezminutales de velocidad, desviación estándar de la velocidad, velocidad máxima y su dirección asociada, velocidad mínima, dirección y su desviación estándar a 40.5 y 20.5 metros de altura, además de presión y temperatura del aire.

A modo de resumen, las tablas 7 y 8 muestran el valor de las velocidades medias, máximas y desviación estándar en la estación de medida para cada nivel respectivamente así como la cobertura mensual de datos y los parámetros de Weibull.

Las figuras 11 y 12 presentan, para 40.5 y 20.5 metros de altura, el histograma de frecuencias para el periodo completo y el ajuste de Weibull correspondiente.

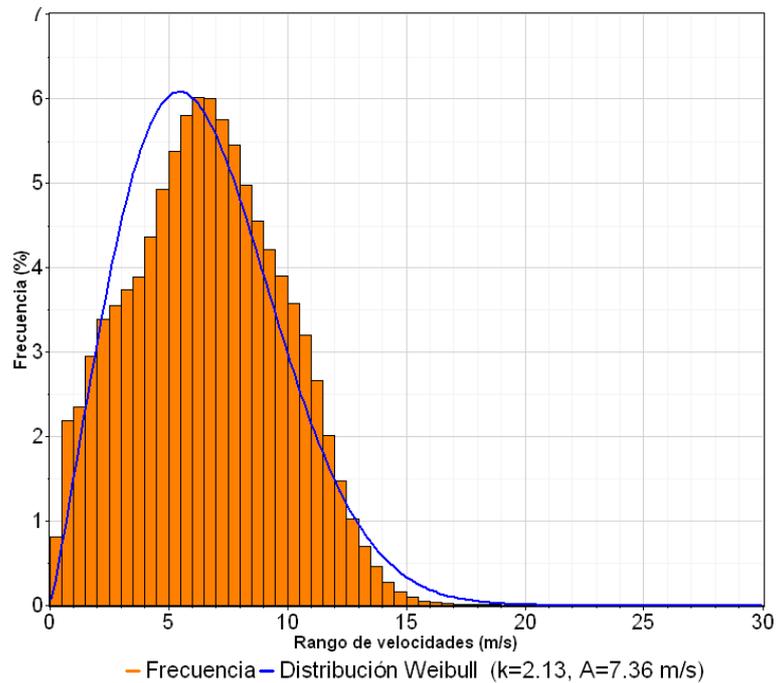


Figura 11 : Función de distribución de la velocidad de viento y ajuste Weibull de la misma en la estación *Tierra Nueva 2* a 40.5 metros de altura.

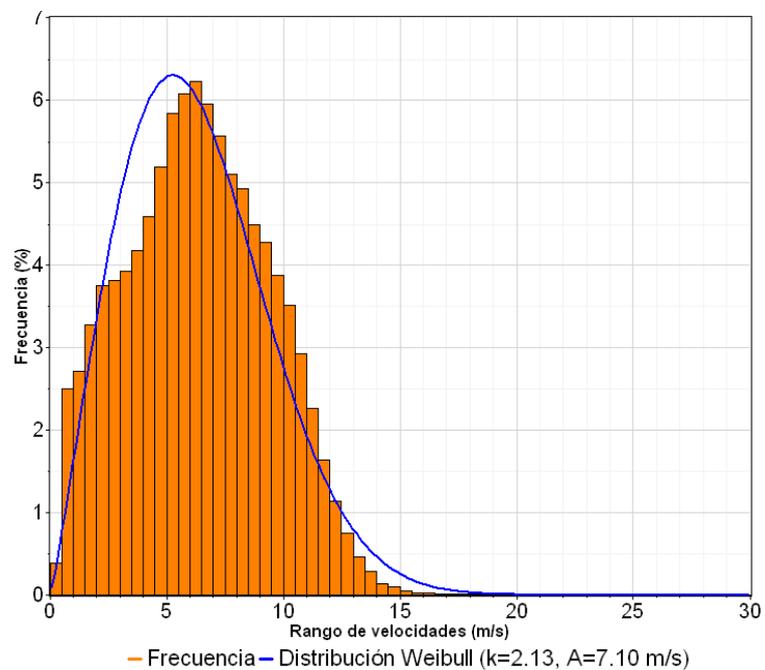


Figura 12 : Función de distribución de la velocidad de viento y ajuste Weibull de la misma en la estación *Tierra Nueva 2* a 20.5 metros de altura.

Las figuras 13 y 14 presentan las rosas de frecuencias, velocidades de viento y energía en los

niveles de 40.5 y 20.5 metros de altura para el periodo completo de medición.

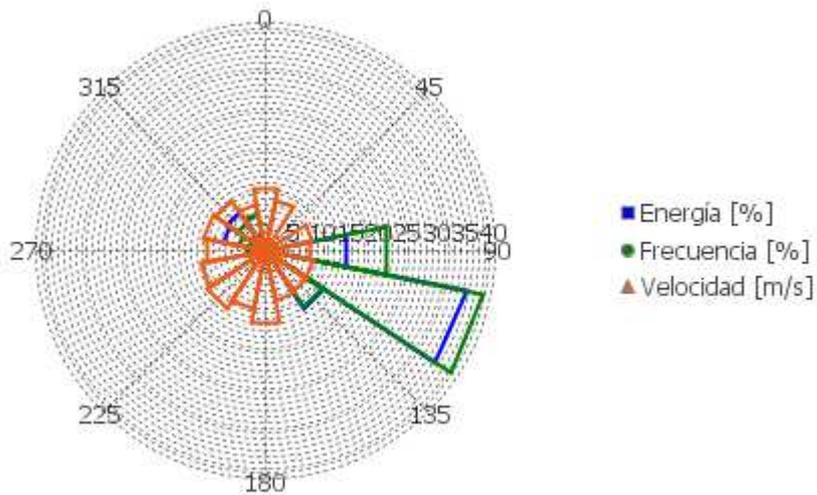


Figura 13 : Rosa de frecuencias, velocidades y energía de viento de *Tierra Nueva 2* a 40.5 metros de altura.

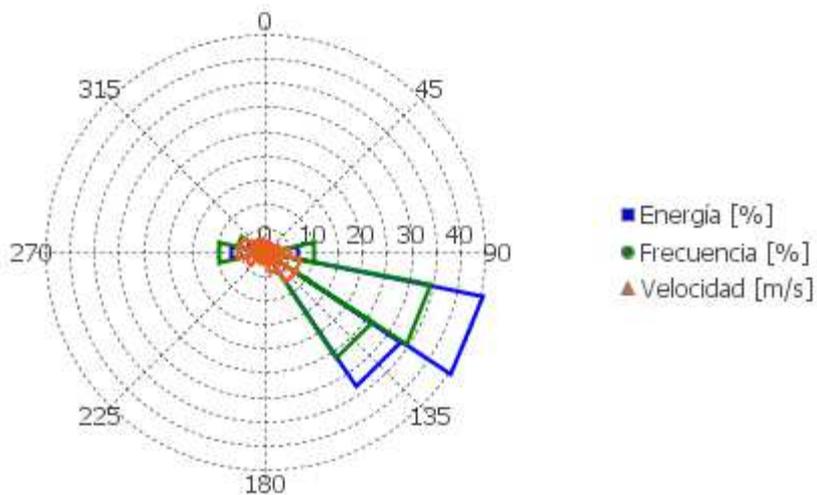


Figura 14 : Rosa de frecuencias, velocidades y energía de viento de *Tierra Nueva 2* a 20.5 metros de altura.

Las figuras 15 y 16 muestran la intensidad de turbulencia media a 40.5 y 20.5 metros de altura registrada en el periodo de medida, así como la intensidad de turbulencia característica ($I_{\text{característica}} = I + 1.28\sigma$ [3]). Como se aprecia en las figuras 15 y 16, tanto para el nivel de 40.5 metros de altura como para el de 20.5 metros de altura, durante el periodo de medida, la intensidad de turbulencia característica está muy ligeramente por encima de los valores establecidos para la turbulencia de categoría A en la norma internacional IEC 61400-1.

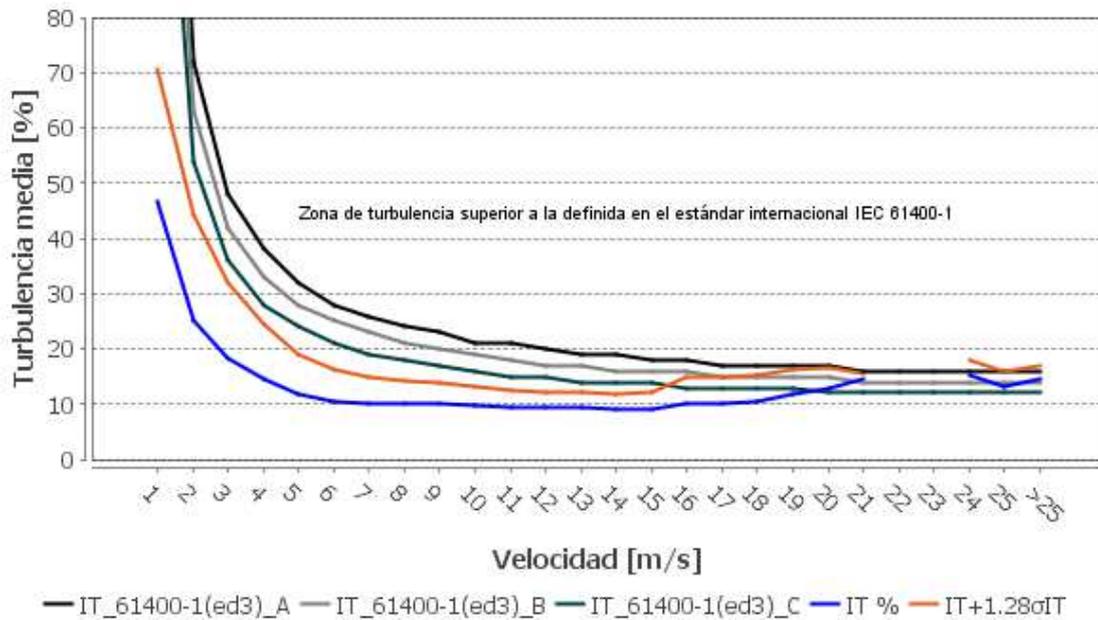


Figura 15 : Turbulencia media y turbulencia característica a 40.5 metros de altura en la estación *Tierra Nueva 2*.

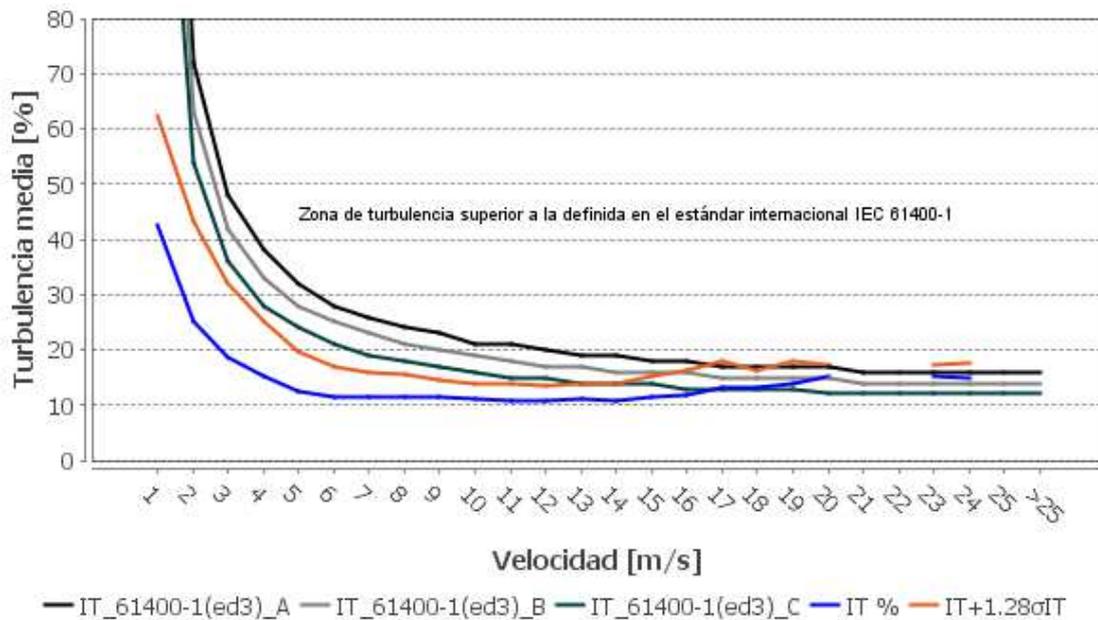


Figura 16 : Turbulencia media y turbulencia característica a 20.5 metros de altura en la estación *Tierra Nueva 2*.

La variación diaria media para los dos principales niveles de medida se presenta en la figura 17.

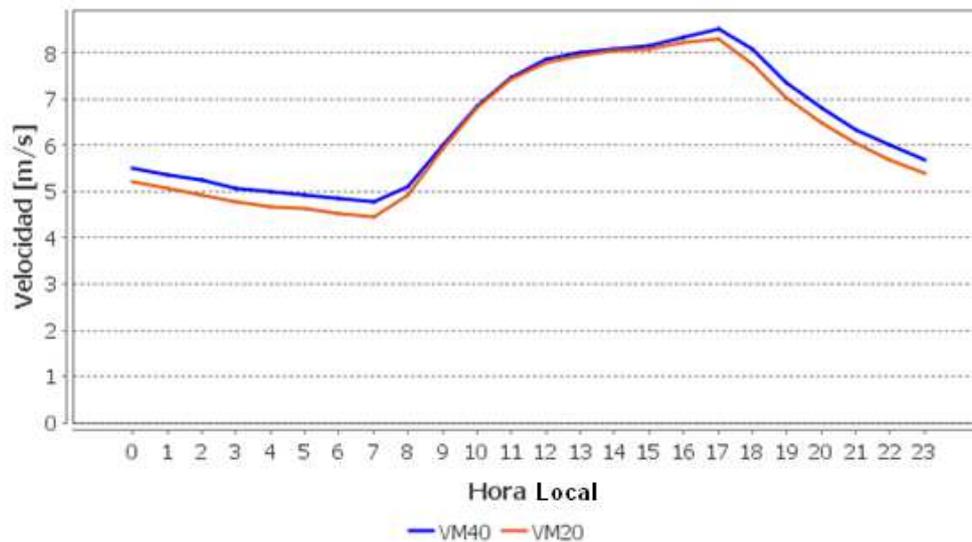


Figura 17 Variación diaria de la velocidad de viento en la estación *Tierra Nueva 2* a 40.5 y 20.5 metros de altura.

2.3.2.3.- Tierra Nueva 3

La torre registra valores diezminutales de velocidad, desviación estándar de la velocidad, velocidad máxima y su dirección asociada, velocidad mínima, dirección y su desviación estándar a 90 y 70 metros de altura, velocidad, desviación estándar de la velocidad, velocidad máxima y velocidad mínima a 40 metros de altura, además de presión y temperatura del aire.

A modo de resumen, las tablas 9, 10 y 11 muestran el valor de las velocidades medias, máximas y desviación estándar en la estación de medida para cada nivel respectivamente así como la cobertura mensual de datos y los parámetros de Weibull.

Las figuras 18, 19 y 20 presentan, para 90, 70 y 40 metros de altura, el histograma de frecuencias para el periodo completo y el ajuste de Weibull correspondiente.

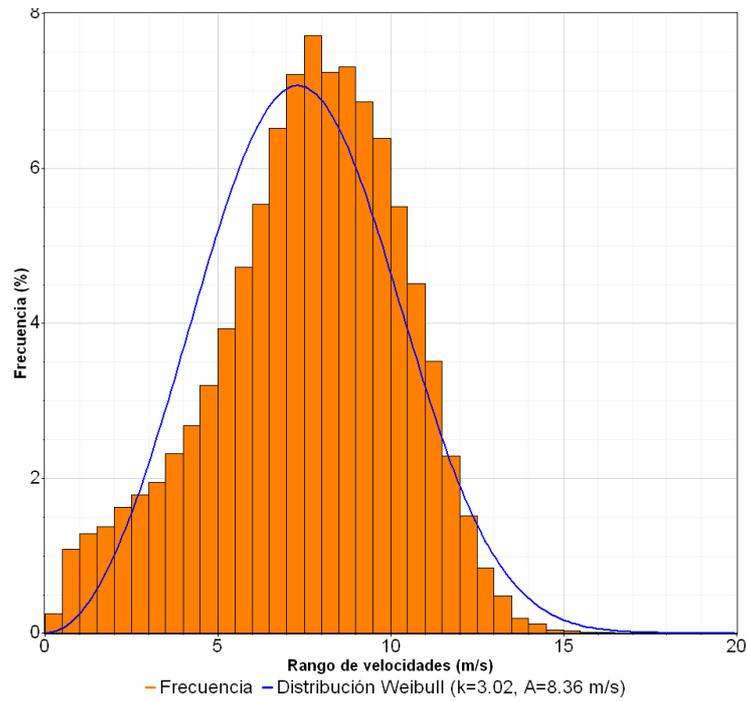


Figura 18 : Función de distribución de la velocidad de viento y ajuste Weibull de la misma en la estación *Tierra Nueva* 3 a 90 metros de altura.

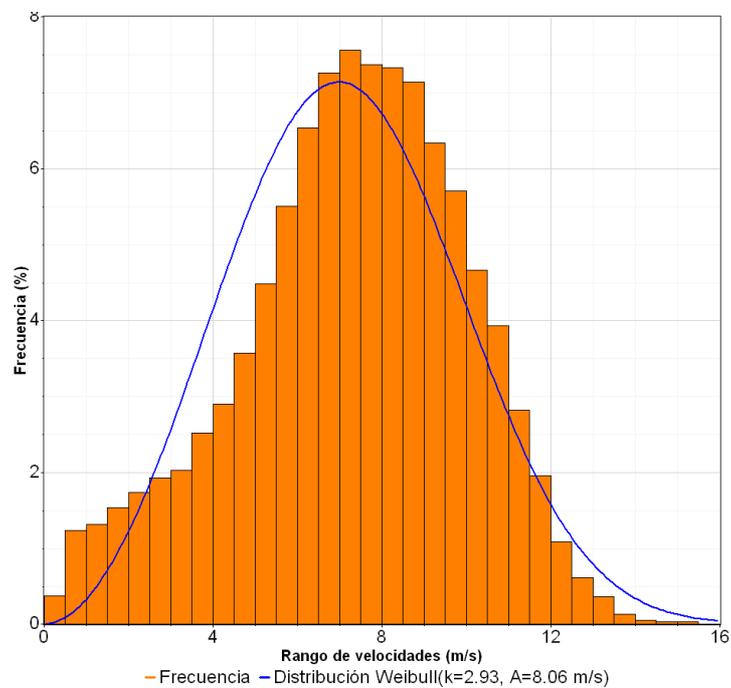


Figura 19 : Función de distribución de la velocidad de viento y ajuste Weibull de la misma en la estación *Tierra Nueva* 3 a 70 metros de altura.

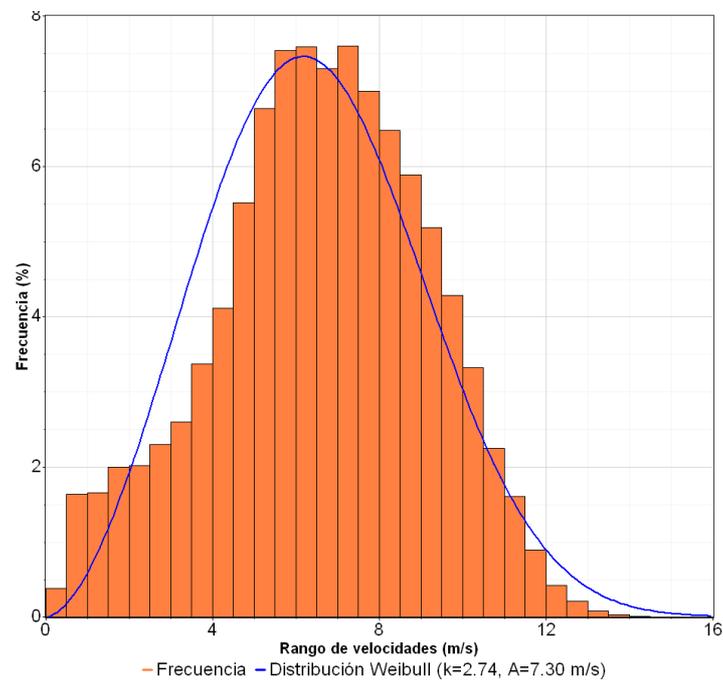


Figura 20 : Función de distribución de la velocidad de viento y ajuste Weibull de la misma en la estación *Tierra Nueva* 3 a 40 metros de altura.

La figura 21 presenta la rosa de frecuencias, velocidades de viento y energía en el nivel de 69 metros de altura para el periodo completo de medición.

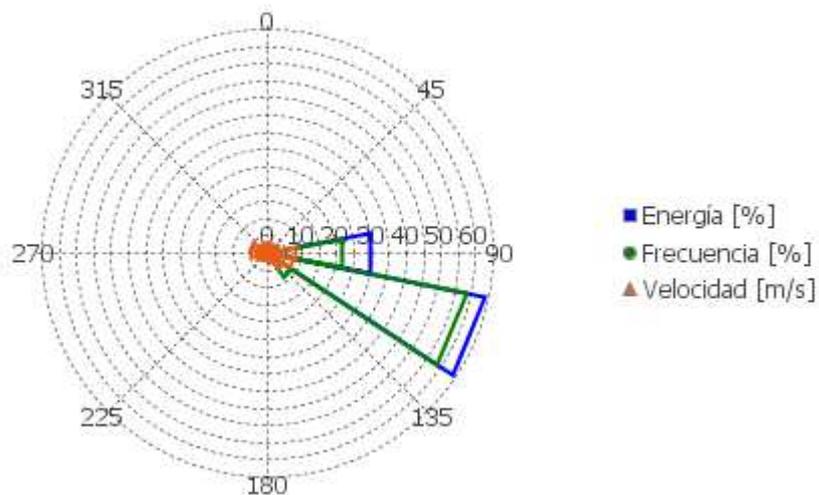


Figura 21 : Rosa de frecuencias, velocidades y energía de viento de *Tierra Nueva* 3 a 69 metros de altura.

Las figuras 22, 23 y 24 muestran la intensidad de turbulencia media a 90, 70 y 40 metros de



altura registrada en el periodo de medida, así como la intensidad de turbulencia característica ($I_{\text{característica}}=I+1.28\sigma$ [3]). Como se aprecia en las figuras 22, 23 y 24, tanto para el nivel de 90 metros de altura como para el de 70 y el de 40 metros de altura, durante el periodo de medida, la intensidad de turbulencia característica está por debajo de los valores establecidos para la turbulencia de categoría A en la norma internacional IEC 61400-1.

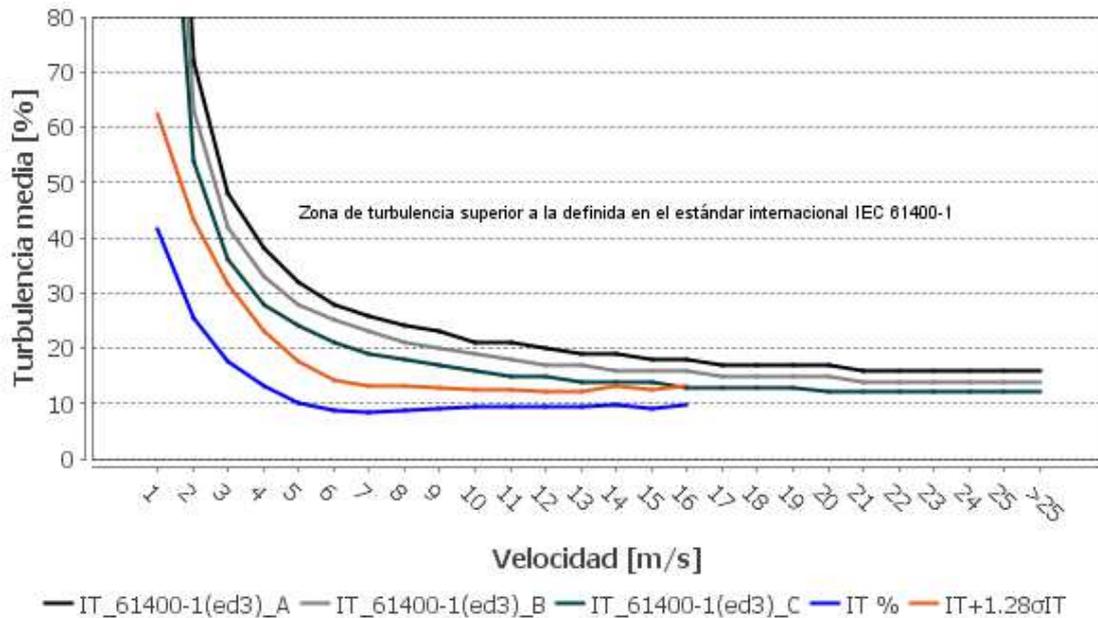


Figura 22 : Turbulencia media y turbulencia característica a 90 metros de altura en la estación *Tierra Nueva 3*.

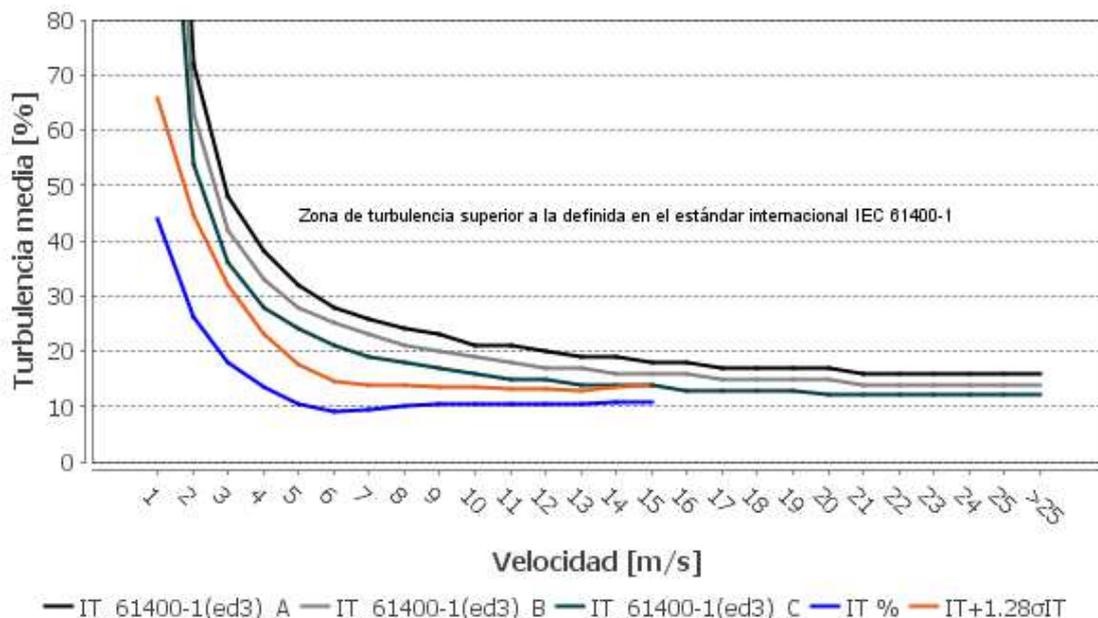


Figura 23 : Turbulencia media y turbulencia característica a 70 metros de altura en la estación *Tierra Nueva 3*.

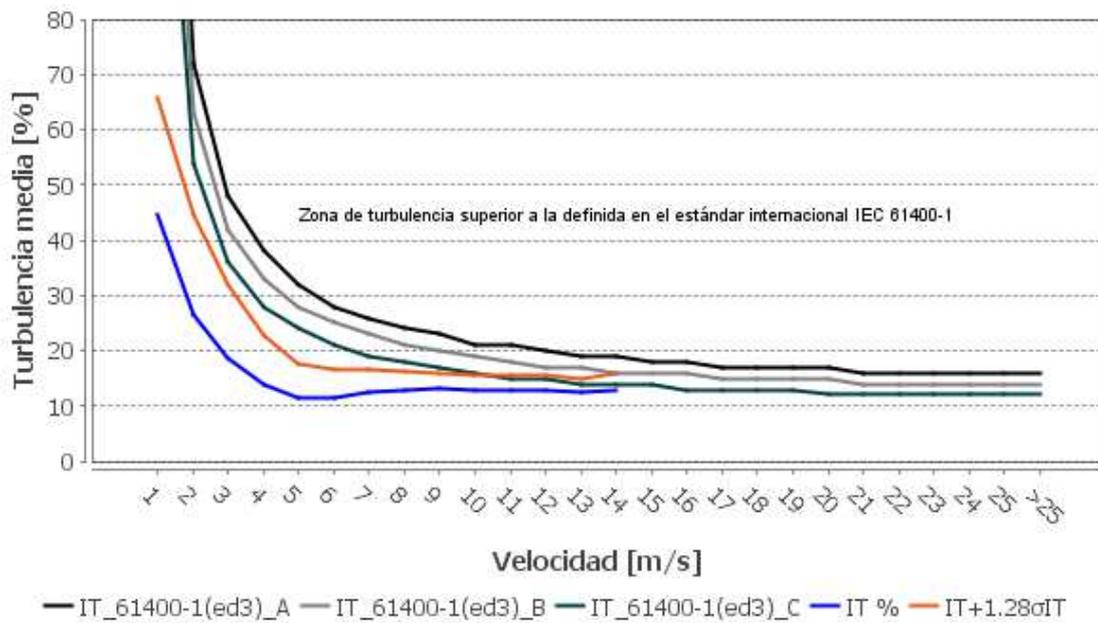


Figura 24 : Turbulencia media y turbulencia característica a 40 metros de altura en la estación *Tierra Nueva 3*.

La variación diaria media para los dos principales niveles de medida se presenta en la figura 25.

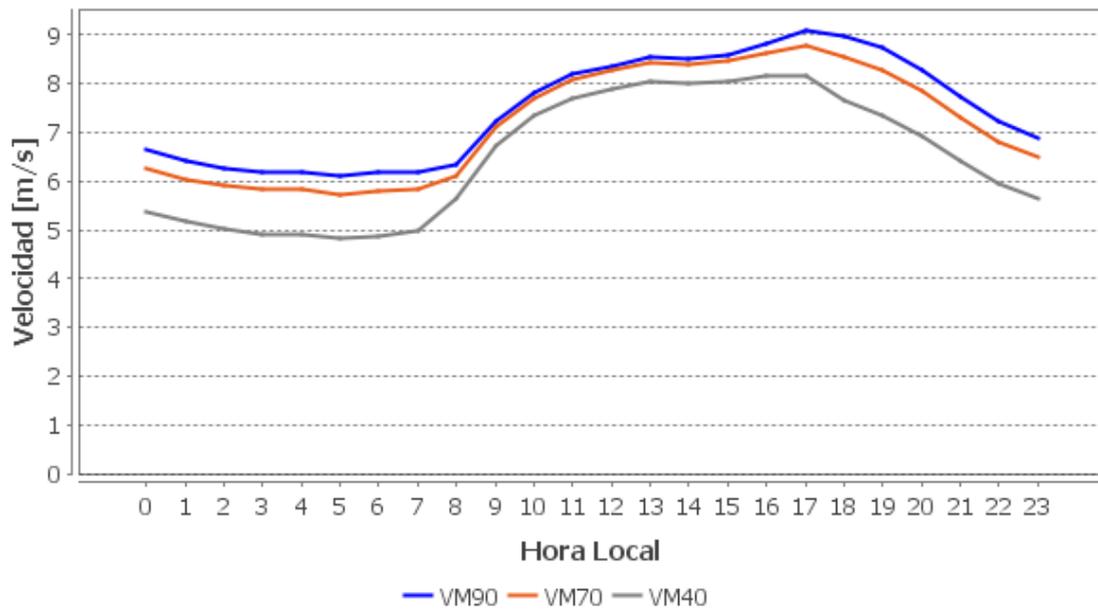


Figura 25 Variación diaria de la velocidad de viento en la estación *Tierra Nueva 3* a 90, 70 y 40 metros de altura.

2.3.3.- PERFIL VERTICAL DE VIENTO

Los sistemas de conversión de energía eólica se instalan a distintas alturas sobre el nivel del suelo, por lo que es necesario conocer el recurso eólico disponible a la altura exacta a la que se instale el aerogenerador.

Se ha analizado el perfil vertical de viento en la estación de *Tierra Nueva 3* entre los niveles de 90, 70 y 40 metros de altura durante el periodo comprendido entre agosto de 2013 y julio de 2014, obteniendo un valor de 0.20 entre los niveles de 40 y 70 metros de altura y de 0.17 entre los niveles de 70 y 90 metros de altura.

En las tablas 12 y 13 se presentan los coeficientes de cortadura por direcciones entre los tres niveles de medición.

La experiencia demuestra que el perfil vertical del viento varía con la altura (α no es constante con la altura), por ejemplo, el perfil vertical entre 90 y 70 metros puede no ser el mismo que entre 90 metros y 105 metros de altura. En este caso se ha adoptado para la extrapolación en altura a partir de 90 metros el valor de 0.15

Aplicando un perfil vertical de tipo potencial, con un exponente de 0.15, a la velocidad media del periodo medido de la estación *Tierra Nueva 3* a 90 metros de altura se obtiene una velocidad media a largo plazo de 7.69 m/s a 105 metros de altura. Para las velocidades medias a las alturas de buje de 70, 78, 80 y 105 metros de altura se han aplicado los perfiles verticales registrados en la propia torre, obteniéndose 7.23 m/s a 70 m, 7.37 m/s a 78 m, 7.40 m/s a 80 m y 7.69 m/s a 105 metros de altura de buje.

2.3.4.- DENSIDAD DEL AIRE

La correcta estimación de la producción energética de un parque eólico conlleva el conocer de la manera más exacta posible la densidad media del emplazamiento. En el caso del emplazamiento de *Tierra Nueva*, se ha calculado la densidad media a partir de la temperatura media (30.2 °C), la presión atmosférica (1010 mb) registrada en la torre de medición *Tierra Nueva 3*. La densidad media estimada para el emplazamiento es de 1.16 kg/m³.

2.4.- ESTIMACIÓN DE LA VELOCIDAD MEDIA A LARGO PLAZO

Con el fin de determinar las condiciones eólicas del emplazamiento a largo plazo, se ha efectuado una extrapolación temporal mediante una estación de referencia.

El proceso de extrapolación temporal se ha realizado en varios pasos:

1. Búsqueda de estaciones de referencia con suficiente número de datos y adecuadas condiciones de medida, y recopilación de los datos.

2. Determinación de la relación estadística entre las medidas de las torres situadas en la zona de estudio y las estaciones de referencia.
3. Selección de la mejor estación de referencia.
4. Extrapolación a largo plazo de las medidas tomadas en la torre situada en la zona de estudio utilizando la estación de referencia seleccionada.
5. Cálculo de incertidumbres asociadas al proceso de extrapolación temporal.

2.4.1.- BÚSQUEDA DE LAS ESTACIONES DE REFERENCIA Y RECOPIACIÓN DE DATOS

Para analizar el recurso eólico a largo plazo en el emplazamiento en estudio se han recopilado referencias con un periodo de medida mayor que el de la estación en el emplazamiento. En el emplazamiento se encuentran otras dos torres de medida con un periodo de medición superior al de la torre *Tierra Nueva 3*, pero debido al corto periodo de solape (42 días en el caso de *Tierra Nueva 2* y ninguno en el caso de *Tierra Nueva 1*) no ha sido posible emplearlas como torres de referencia.

En este caso también se han estudiado los datos de reanálisis MERRA de los puntos más cercanos al emplazamiento (18.5°N, 72°W y 18°N, 72W) con resolución temporal horaria a 50 metros de altitud sobre el nivel del suelo y para el periodo comprendido entre septiembre de 1981 y enero de 2014.

2.4.2.- DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN ESTADÍSTICA ENTRE LAS MEDIDAS DE LA TORRE SITUADA EN LA ZONA DE ESTUDIO Y LA ESTACIÓN DE REFERENCIA

Con el fin de determinar la idoneidad de los datos de referencia preseleccionados para la extrapolación temporal, se ha realizado un estudio estadístico basado en la correlación registrada entre la estación *Tierra Nueva 3* con la referencia seleccionada.

El parámetro estadístico utilizado para evaluar la correlación entre las medidas es el coeficiente de determinación R^2 .

Para la correlación con la referencia virtual se ha trabajado con el periodo común comprendido entre el 15 de agosto de 2013 y el 2 de enero de 2014.

Se han utilizado registros promedio horarios y se han analizado diferentes algoritmos de correlación.

La correlación entre la serie de viento de *Tierra Nueva 3* con los registros de MERRA ha presentado un coeficiente de determinación realmente bajo, (R^2 inferior a 0.5), de modo que los datos de MERRA no han sido considerados como adecuados como estación de referencia para el emplazamiento en estudio.

2.4.3.- EXTRAPOLACIÓN A LARGO PLAZO DE LAS MEDIDAS TOMADAS EN LA ZONA DE ESTUDIO

No se dispone de datos de largo plazo de ninguna estación de referencia con la cual obtener una velocidad media histórica para la estación de *Tierra Nueva 3*. Por ello se toma como periodo histórico el periodo de referencia de agosto de 2013 a julio de 2014.

La velocidad media registrada en el periodo de referencia es de 7.52 m/s en *Tierra Nueva 3* a 90 m de altura.

La variabilidad temporal del periodo utilizado tiene asociada una incertidumbre que se calculará en el apartado 2.7 de este mismo informe.

2.5.- DESCRIPCIÓN DEL PARQUE EÓLICO PROPUESTO

En este trabajo se presentan tres diseños de parque eólico para tres modelos de aerogenerador propuestos: Gamesa G97-2.0MW IECCII_A, con 2.0 MW de potencia unitaria, a dos alturas de buje diferentes: 78 y 90 metros; Vestas V90-1.8MW IEC II_A, con 1.8 MW de potencia unitaria, a dos alturas de buje diferentes: 80 y 105 metros; y Vergnet HP62-1MW IEC IIIA con 1 MW de potencia unitaria, a 70 m de altura de buje. Realizan el control de potencia mediante cambio de paso en palas y están dotadas de generador de velocidad variable. La clasificación IEC sitúa al modelo G97 y al modelo V90 dentro de la clase II_A, y al modelo HP62-1MW en la clase IIIA.

A modo de resumen, la tabla 14 muestra las principales características de los aerogeneradores descritos.

La disposición ha sido elaborada por CENER atendiendo al máximo aprovechamiento del recurso eólico disponible, a las direcciones predominantes de viento y a las indicaciones del cliente. Se ha seleccionado un área interesante para el diseño del parque situada al este de la torre de medición *Tierra Nueva 3*, cuya altitud oscila entre 70 m y 90 m, tal y como se ve en la figura 26.

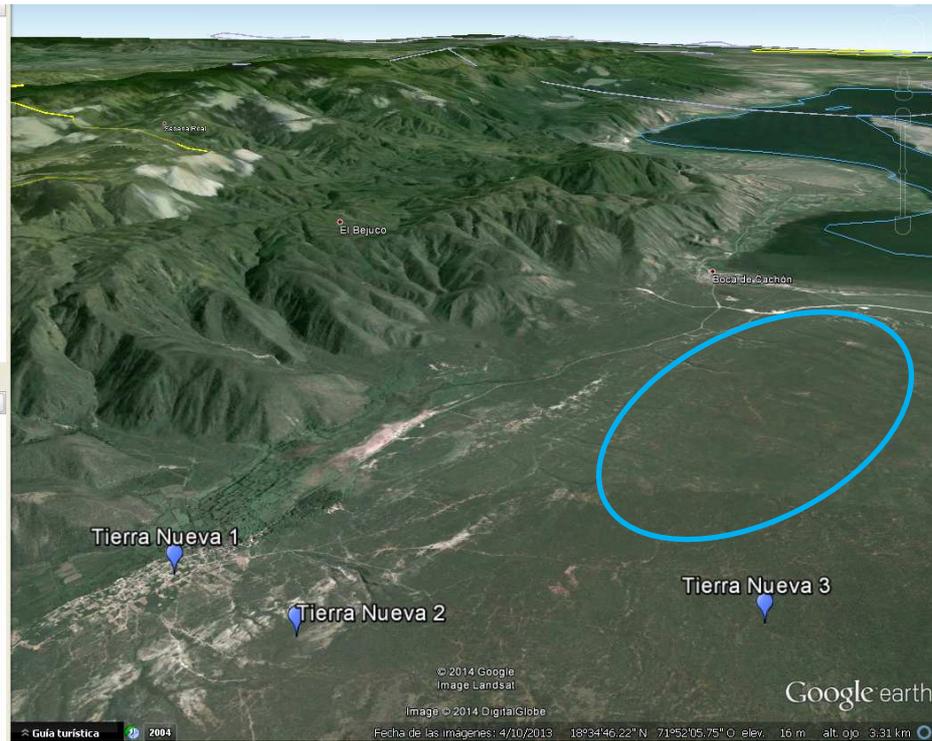


Figura 26 Área seleccionada para el Parque Eólico Tierra Nueva

Para el cálculo energético se han utilizado las curvas de potencia estándar suministradas por los fabricantes corregidas a la densidad del emplazamiento. En la figura 27 se presentan las curvas de potencia y empuje de los aerogeneradores utilizados para dicha densidad.

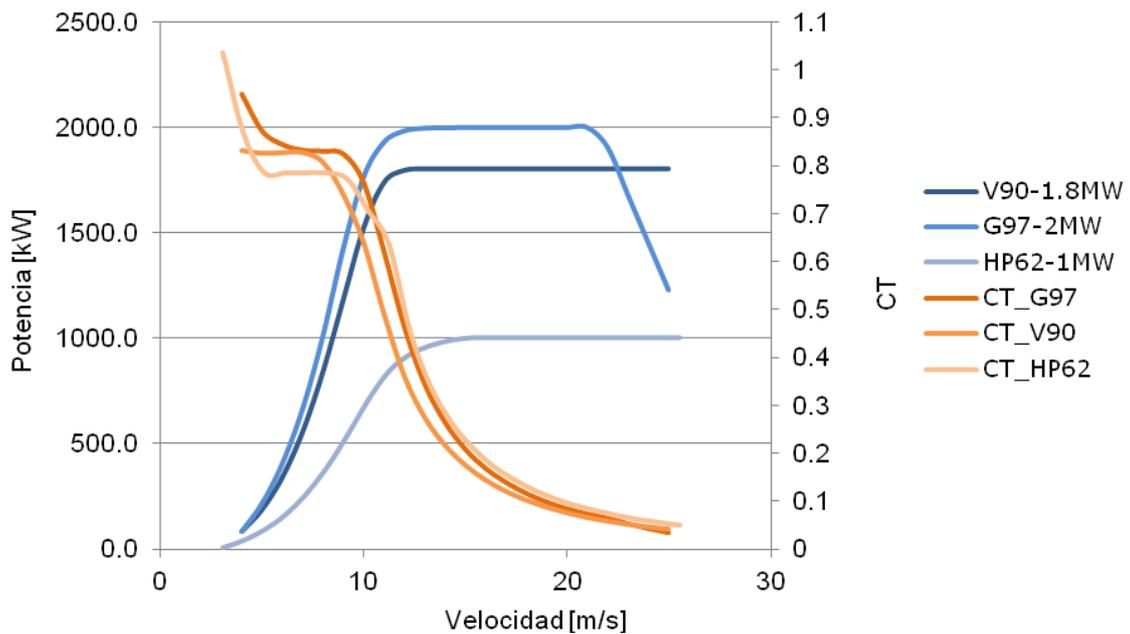


Figura 27 Curvas de potencia y empuje de los aerogeneradores G97-2MW IEC II_A, V90-1.8MW IEC II_A y HP62-1MW IEC III_A para la densidad 1.15 kg/m^3

La velocidad media en las posiciones de aerogenerador del PE de Tierra Nueva se ha calculado mediante el programa de simulación de flujo de viento WAsP 11.1 (ver Anexo III). Para las alturas de buje estudiadas -70, 78, 80, 90 y 105 metros- la velocidad media en ninguna de las posiciones alcanza los 8.50 m/s que limita la clase II IEC, pero si supera los 7.5 m/s que limita la clase III IEC.

El análisis de turbulencia para las posiciones de aerogenerador del PE de Tierra Nueva se ha llevado a cabo analizando las medidas registradas durante el periodo de operación de la estación *Tierra Nueva 3*.

Como se explicó en el punto 2.3.2. de este mismo informe, la turbulencia en la estación *Tierra Nueva 3* a 90 metros de altura durante el periodo considerado, está por debajo de los valores establecidos para la turbulencia de categoría A en la norma internacional IEC 61400-1.

Teniendo en cuenta el índice RIX (índice de complejidad de terreno [4]), de la estación de medición *Tierra Nueva 3* y de las posiciones de aerogenerador (ver tablas 15, 16 y 17), y de las distancias entre las torres y las maquinas, se concluye que la ubicación de la torre de medición *Tierra Nueva 3* es la que representa de forma más adecuada las condiciones de las posiciones de las máquinas del parque.

El máximo valor diezminutal registrado en *Tierra Nueva 3* durante el periodo de medida es de 21.30 m/s. Este valor indica que no parece probable que se vaya a superar el valor de V_{ref} para emplazamientos de clase II (42.5 m/s) ni clase III (37.5 m/s), pero no puede asegurarse. Por lo tanto, se recomienda calcular la velocidad de referencia en cada una de las ubicaciones de aerogenerador.

2.6.- ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DEL PARQUE

En el cálculo de la producción energética de parque se han considerado los resultados del modelo WAsP para el diseño de parque presentado.

Junto a estos resultados, se han de considerar otra serie de factores que afectan a las actuaciones del proyecto. Estas correcciones se enumeran a continuación:

- Indisponibilidad de máquinas debido a labores de mantenimiento. Se estima en aproximadamente un 3 % del total de horas de funcionamiento dado que el estado actual de la tecnología para este tipo de máquinas permite reducir las pérdidas asociadas a los mantenimientos preventivos y correctivos a factores no superiores a éste. No obstante, convendrá revisar este factor en función de la garantía de disponibilidad que ofrezca el fabricante finalmente seleccionado.



- Pérdidas en la transmisión eléctrica durante las fases de transporte y transformación en MT, entendiéndose en este punto, transporte en BT (690V), conversión BT a MT, transporte en MT hasta bornes de transformador y conversión de MT a tensión de red de evacuación. Puede estimarse como valor típico para instalaciones de este tipo aproximadamente un 3%, aunque este valor debería cuantificarse de forma más exacta teniendo en cuenta el diseño de la infraestructura eléctrica del parque.
- Factor de histéresis: Pérdidas de control asociadas a la parada por superación de la velocidad de corte y al posterior re arranque de la máquina. Dadas las características del emplazamiento asumimos un factor del 0.5%. Estas pérdidas deberán cuantificarse de manera precisa cuando se disponga de la estrategia de control de los aerogeneradores.
- Control global de parque: Desconexiones en algunas máquinas por aumento excesivo del factor de estela en ciertas direcciones de viento. Dado que, en este caso, la exposición es bastante buena con respecto a las direcciones predominantes, no se estima necesario el establecimiento de una estrategia de este tipo.
- Mantenimiento de la infraestructura eléctrica interna: Afecta a todo el parque y hace referencia a las labores de mantenimiento de tipo correctivo y preventivo de la subestación e infraestructura de media tensión. Se estiman en aproximadamente 0.2%.
- Desconexiones de la red realizadas por la compañía eléctrica. Asumimos un valor de 0.5%. No obstante, debería revisarse este factor en función de las características de la línea de evacuación.
- Factor de suciedad de las palas y/o hielo. Este factor puede estimarse en un 0.5%.
- Ajuste de curva. La curva utilizada en el estudio es la curva comercial adaptada a la densidad del emplazamiento, por lo que para una mayor exactitud debería emplearse la curva de potencia medida en el propio emplazamiento. En este caso, no se ha realizado ningún tipo de ajuste por este concepto dado que no se dispone de curvas de potencia medidas en emplazamientos similares para los modelos considerados.

El conjunto de todos estos factores supone un 5.0% de pérdidas respecto a la energía producida teniendo en cuenta las pérdidas por efecto de estela. No obstante, 7.7% es el valor de referencia utilizado en los parques eólicos españoles, se recomienda verificar este valor en la República Dominicana.

Con este factor, puede calcularse una producción neta para la disposición de parque, tanto en forma de MWh como en forma de horas netas equivalentes a partir de la producción bruta incluyendo los efectos topográficos y de pérdidas asociadas al efecto estela. Estos resultados se presentan en las tablas 18, 19, 20, 21 y 22.

La siguiente tabla muestra las producciones de parque a partir de la producción bruta y las



pérdidas provocadas por cada uno de los diferentes efectos. La última fila ofrece la producción neta del parque en MWh/año y en horas equivalentes.

Aerogenerador	G97-2.0MW IEC II_A	G97-2.0MW IEC II_A	V90-1.8MW IEC II_A	V90-1.8MW IEC II_A	HP62-1MW IEC III_A
Altura de buje (m)	78	90	80	105	70
Potencia máxima de la	2000	2000	1800	1800	1000
Potencia nominal del parque [MW]	50	50	48.6	48.6	50
Nº de aerogeneradores	25	25	27	27	50
Producción bruta [MWh]	228972	236956	196688	210059	169665
Pérdidas por estela [%]	5.80	5.60	5.91	5.47	6.96
Pérdidas generales [%]	7.70	7.70	7.70	7.70	7.70
Producción neta [MWh]	199.334	206669	170983	183417	145948
Horas equivalentes netas	3987	4134	3420	3668	2919

Producción anual y coeficientes de pérdidas para el estudio

2.7.- ANÁLISIS DE INCERTIDUMBRES

En la estimación de la velocidad media utilizada para la estimación energética a 90 metros de altura en la estación *Tierra Nueva 3* se han cuantificado las siguientes incertidumbres:

1. Asociada al anemómetro y sistema de instrumentación [5], las fuentes de esta incertidumbre son:
 - Calibración del anemómetro (3.0%).
 - Posibles variaciones o cambios en la calibración (0.5%).
 - Posibles sobreestimaciones de la velocidad causadas por la dinámica de los instrumentos (0.5%).
 - Efectos de inclinación de flujo en la calibración (0.2%).
 - Distorsión de flujo debida al mástil (0.5%).
 - Distorsión de flujo debida a los brazos (0.5%).
 - Distorsión de flujo debida a los soportes (0.1%).
 - Asimetría del flujo incidente en el anemómetro (0.2%).



- Incertidumbres del sistema de instrumentación, incluyendo calibración y efectos de cuantización (0.2%).

Se ha estimado una incertidumbre asociada a este efecto del 3.2%.

2. Asociada a la extrapolación en altura.

Se ha calculado la velocidad media a diferentes alturas de buje: 70 m, 78 m, 80 m, 90 m y 105 m. El coeficiente de cortadura empleado en la extrapolación en altura entre 70, 78 y 80 metros de altura y entre 90 y 105 metros de altura, no se ha obtenido mediante un modelo teórico, sino basándonos en los resultados registrados en la torre de medición ubicada en el emplazamiento, por lo que no se puede cuantificar la incertidumbre asociada a este efecto. Sí se puede decir que este coeficiente es un valor conservador que minimiza la incertidumbre asociada a la extrapolación en altura. Se ha realizado un análisis de sensibilidad utilizando el rango de valores más probables del coeficiente de cortadura del perfil vertical y calculando el efecto de éste en la velocidad media.

Como conclusión de este análisis se ha obtenido una variabilidad del 0.2% en la velocidad media con respecto al valor obtenido para el perfil vertical seleccionado en el estudio para la extrapolación a 78 metros de altura, 0.3% para la extrapolación a 80 m y 0.8% para la extrapolación a 105 m. En el caso de las alturas de buje de 70 m y 90 m la incertidumbre asociada a la extrapolación en altura es nula ya que se ha medido directamente a dichas alturas.

De cara a eliminar esta incertidumbre se recomienda realizar mediciones de la velocidad de viento al resto de las alturas de buje.

3. Asociada a la variabilidad del periodo de medida empleado.

Esta variabilidad [6] puede estimarse en un 6.1%.

4. Asociada a la variabilidad futura de la velocidad media a largo plazo.

Esta variabilidad puede estimarse en un 6.1% para un periodo de un año y de un 1.9% durante un periodo de 10 años.

Asociada a la estimación de la producción energética tenemos, además de las incertidumbres antes descritas, la incertidumbre asociada a la modelización del campo de viento. Esta incertidumbre se ha cuantificado en el proceso de validación del modelo (Anexo 3) con un valor de un 5% para los diseños de parque seleccionados. La incertidumbre total asociada a la velocidad medida en la estación *Tierra Nueva 3* para el periodo de referencia considerado se presenta en las tablas 22, 23, 24, 25 y 26

Realizando un análisis de sensibilidad, calculamos que esto se traduce en las siguientes



incertidumbres en el valor de energía:

Fuente de incertidumbre	Energía G97-2.0MW 78 m	Energía G97-2.0MW 90 m	Energía V90-1.8MW 80 m	Energía V90-1.8MW 105 m	Energía HP62-MW 70 m
Sensibilidad en la producción neta [GWh/año/ms-1]	49.24	49.28	44.68	43.70	45.44
Incertidumbre en la producción de parque [GWh/año]	30.80	31.52	28.05	28.61	27.94
Incertidumbre en un periodo futuro de 10 años [GWh/año]	31.58	32.32	28.76	29.34	28.65
Incertidumbre en un periodo futuro de 1 año [GWh/año]	37.93	38.79	34.55	35.20	34.39

3.- REFERENCES

[1] NASA's Modern Era Retrospective-analysis for Research and Applications: Integrating Earth Observations. Earthzine, 2008. M. Bosilovich

[2] <http://www.windographer.com/>

[3] IEC 61400-1: Wind Turbine Generator Systems. Part 1: Design requirements. Third edition 2005-08

[4] Influence of topographical input data on the accuracy of wind flow modelling in complex terrain. Mortensen, N.G. and E.L. Petersen (1998). Proceedings of 1997 European Wind Energy Conference and Exhibition, Dublin, Ireland, October 6-9, 317-320.

[5] Recommended Practices for Wind Turbine Testing, 11. Wind Speed Measurement and use of cup anemometry. Edited by Hunter, R. S. Renewable Energy Systems Ltd

[6] TrueWind Solutions, (February 2003) "Wind Energy Resource Maps of the Republic of Ireland"

[7] I. Troen and E. L. Petersen, "European Wind Atlas", Riso National Laboratory, Denmark, 1989



4.- ANEXOS

4.1.- ANEXO 1: FOTOGRAFIAS



Fotografía 1 Estación *Tierra Nueva 1*.



Fotografía 2 Alrededores de la estación *Tierra Nueva 1*.



Fotografía 3 Alrededores de la estación *Tierra Nueva 1*.



Fotografía 4 Estación *Tierra Nueva 2*.



Fotografía 5 Estación *Tierra Nueva 2*.



Fotografía 6 Estación *Tierra Nueva 2*.



Fotografía 7 Estación *Tierra Nueva 3*.



Fotografía 8 Estación *Tierra Nueva 3*.



4.2.- ANEXO 2: TABLAS

Nombre	X_UTM [m]	Y_UTM [m]	Altitud. [m]
<i>Tierra Nueva 1</i>	192856	2057796	23
<i>Tierra Nueva 2</i>	192389	2056792	122
<i>Tierra Nueva 3</i>	193040	2054229	57

Tabla 1 Descripción de las estaciones de medición del emplazamiento. Coordenadas DATUM WGS84, Zona 19.

Sensor	Unidades	Altura [m]	Datos Filtrados [%]	Disponibilidad [%]
Anemómetro	m/s	40	3.36	81.38
Anemómetro	m/s	20	5.25	79.49
Dirección	°	40	44.34	40.40
Dirección	°	20	5.31	79.43
Temperatura	°C	2	84.74	84.74
Presión	mbar	2	73.6	11.14

Tabla 2 Porcentaje de datos filtrados en *Tierra Nueva 1*

Sensor	Unidades	Altura [m]	Datos Filtrados [%]	Disponibilidad [%]
Anemómetro	m/s	40.5	1.09	69.29
Anemómetro	m/s	20.5	0.86	69.52
Dirección	°	40.5	69.95	0.43
Dirección	°	20.5	0.95	69.43
Temperatura	°C	2	0.03	70.35
Presión	mbar	2	52.27	18.11

Tabla 3 Porcentaje de datos filtrados en *Tierra Nueva 2*



Sensor	Unidades	Altura [m]	Datos Filtrados [%]	Disponibilidad [%]
Anemómetro	m/s	90	0.70	94.12
Anemómetro	m/s	70	0.84	93.98
Anemómetro	m/s	40	0.16	93.82
Dirección	°	89	94.82	0.00
Dirección	°	69	0.9	93.92
Temperatura	°C	10	0	94.82
Presión	mbar	10	94.82	94.82

Tabla 4 Porcentaje de datos filtrados en *Tierra Nueva 3*

Año	Mes	V media							Vmax	Dir
		Dispon.	Media	Min	Max	SD	A	k	Max.	Dispon.
		[%]	[m/s]						[m/s]	[%]
2007	Dec	92.54	4.48	0.30	11.00	2.64	1.60	4.95	14.60	89.31
2008	Jan	93.48	4.15	0.30	12.40	2.78	1.41	4.53	19.90	89.36
2008	Feb	98.90	6.02	0.30	14.40	2.53	2.52	6.74	19.90	98.32
2008	Mar	97.74	5.51	0.30	12.20	2.38	2.44	6.18	16.50	97.18
2008	Apr	95.44	5.24	0.30	12.70	2.60	2.03	5.86	19.90	95.46
2008	May	95.59	5.10	0.30	11.20	2.39	2.18	5.71	22.60	96.46
2008	Jun	84.63	5.68	0.30	13.60	2.41	2.50	6.38	18.80	84.70
2008	Jul	-	-	-	-	-	-	-		0.00
2008	Aug	-	-	-	-	-	-	-		0.00
2008	Sep	-	-	-	-	-	-	-		0.00
2008	Oct	-	-	-	-	-	-	-		0.00
2008	Nov	-	-	-	-	-	-	-		0.00
2008	Dec	-	-	-	-	-	-	-		0.00
2009	Jan	69.18	4.52	0.30	11.70	2.67	1.65	5.02	16.50	68.64
2009	Feb	95.24	4.72	0.30	12.70	2.79	1.66	5.24	20.30	94.12
2009	Mar	94.51	4.44	0.30	13.70	2.58	1.69	4.95	19.10	93.59
2009	Apr	95.83	5.00	0.30	11.80	2.34	2.20	5.61	16.90	95.93
2009	May	96.77	6.01	0.30	13.50	2.76	2.23	6.72	20.30	96.51
2009	Jun	98.87	6.09	0.30	12.40	2.49	2.59	6.80	17.30	98.84
2009	Jul	46.51	6.43	0.30	16.50	2.63	2.59	7.20	23.00	46.42
2009	Aug	54.91	5.09	0.30	13.00	2.68	1.88	5.68	17.60	53.94
2009	Sep	98.50	4.62	0.30	10.50	2.34	2.00	5.18	16.90	69.31
2009	Oct	97.76	4.30	0.30	11.10	2.38	1.80	4.81	16.10	0.00



2009	Nov	92.55	3.48	0.30	11.50	2.34	1.44	3.82	15.70	0.00
2009	Dec	97.29	4.50	0.30	14.50	2.58	1.73	5.02	21.50	0.00
2010	Jan	95.61	4.28	0.30	12.40	2.72	1.54	4.74	18.40	0.00
2010	Feb	98.26	4.79	0.30	11.90	2.68	1.80	5.36	15.70	0.00
2010	Mar	99.60	5.59	0.30	12.90	2.65	2.21	6.29	18.00	0.00
2010	Apr	97.29	4.57	0.30	12.00	2.64	1.70	5.09	16.50	0.00
2010	May	92.61	4.46	0.30	12.20	2.61	1.63	4.94	16.10	0.00
2010	Jun	97.80	5.27	0.30	13.20	2.55	2.08	5.89	23.00	0.00
2010	Jul	95.74	5.37	0.30	13.40	2.65	2.00	5.98	20.70	0.00
2010	Aug	93.84	4.27	0.30	11.60	2.58	1.56	4.70	17.30	0.00
2010	Sep	93.40	4.47	0.30	16.20	2.70	1.57	4.93	24.50	0.00
2010	Oct	93.53	3.80	0.30	12.00	2.39	1.52	4.19	16.90	0.00
2010	Nov	87.73	3.86	0.30	13.00	2.58	1.39	4.21	19.10	0.00
2010	Dec	92.67	3.82	0.30	10.60	2.38	1.55	4.22	15.70	0.00
2011	Jan	96.55	4.53	0.30	11.10	2.44	1.84	5.06	14.90	0.00
2011	Feb	96.03	4.92	0.30	12.20	2.52	1.94	5.49	16.50	0.00
2011	Mar	92.09	4.50	0.30	12.10	2.70	1.60	4.98	18.00	0.00
2011	Apr	95.30	4.71	0.30	11.50	2.60	1.76	5.24	15.70	0.00
2011	May	92.65	3.33	0.30	12.00	2.20	1.49	3.67	21.50	0.00
2011	Jun	98.75	5.79	0.30	16.30	2.20	2.83	6.45	21.90	0.00
2011	Jul	99.48	5.71	0.30	13.40	2.48	2.42	6.40	19.90	9.97
2011	Aug	98.92	5.88	0.30	14.20	2.56	2.40	6.58	23.00	97.49
2011	Sep	97.15	4.07	0.30	12.70	2.62	1.53	4.50	18.40	92.73
2011	Oct	98.77	4.77	0.30	12.90	2.66	1.77	5.32	18.40	78.81
2011	Nov	95.56	2.99	0.30	11.60	2.09	1.40	3.27	14.90	83.29
2011	Dec	94.53	3.67	0.30	12.20	2.50	1.41	4.02	17.30	84.05
2012	Jan	95.25	4.33	0.30	11.00	2.38	1.81	4.84	16.90	88.71
2012	Feb	97.08	4.73	0.30	10.60	2.39	1.99	5.29	14.90	93.46
2012	Mar	94.58	4.45	0.30	12.40	2.75	1.53	4.90	18.00	44.91
2012	Apr	96.34	4.18	0.30	11.10	2.33	1.79	4.67	15.30	92.92
2012	May	97.18	5.74	0.30	12.20	2.49	2.38	6.41	17.60	96.17
2012	Jun	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00
2012	Jul	99.44	5.97	0.30	13.50	2.35	2.72	6.68	19.10	82.62
Total		81.38	4.77	0.3	16.5	2.64	1.774	5.32	24.50	40.66

Tabla 5 Estadísticas mensuales para el anemómetro de 40 metros de altura de la torre de medición *Tierra Nueva 1*



Año	Mes	V media							Vmax	Dir
		Dispon.	Media	Min	Max	SD	A	k	Max.	Dispon.
		[%]	[m/s]						[m/s]	[%]
2007	Dec	85.62	3.87	0.30	9.30	2.25	1.63	4.28	13.00	100.00
2008	Jan	86.58	3.65	0.30	10.50	2.36	1.47	4.01	19.50	99.75
2008	Feb	97.10	4.98	0.30	12.20	2.23	2.33	5.59	18.40	99.95
2008	Mar	96.03	4.57	0.30	10.20	2.07	2.29	5.12	15.60	99.98
2008	Apr	93.19	4.44	0.30	10.80	2.20	2.02	4.96	16.10	100.00
2008	May	94.60	4.22	0.30	9.50	2.04	2.10	4.72	18.40	99.98
2008	Jun	84.40	4.67	0.30	11.40	2.09	2.35	5.25	17.60	84.84
2008	Jul	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00
2008	Aug	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00
2008	Sep	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00
2008	Oct	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00
2008	Nov	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00
2008	Dec	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00
2009	Jan	67.43	3.73	0.30	10.00	2.26	1.60	4.13	16.10	72.20
2009	Feb	92.93	3.99	0.30	10.90	2.44	1.58	4.42	20.30	99.90
2009	Mar	92.76	3.77	0.30	11.30	2.21	1.67	4.19	18.40	99.98
2009	Apr	94.17	4.17	0.30	9.70	2.02	2.10	4.67	14.90	99.95
2009	May	95.95	4.94	0.30	11.60	2.30	2.18	5.52	16.80	99.98
2009	Jun	98.31	4.99	0.30	10.30	2.11	2.48	5.58	15.60	99.98
2009	Jul	45.95	5.39	0.30	13.50	2.19	2.61	6.03	21.80	47.18
2009	Aug	53.70	4.30	0.30	11.00	2.29	1.86	4.80	16.40	56.54
2009	Sep	95.76	3.80	0.30	9.00	2.07	1.81	4.24	14.90	99.98
2009	Oct	93.68	3.59	0.30	9.30	2.06	1.71	4.00	14.20	99.93
2009	Nov	87.87	2.96	0.30	9.30	2.02	1.42	3.24	14.50	99.91
2009	Dec	91.87	3.84	0.30	11.70	2.26	1.63	4.25	18.70	99.98
2010	Jan	92.16	3.57	0.30	11.00	2.31	1.50	3.94	18.70	99.89
2010	Feb	94.99	4.07	0.30	9.50	2.33	1.74	4.55	18.00	99.95
2010	Mar	98.79	4.68	0.30	10.70	2.27	2.14	5.27	16.80	99.93
2010	Apr	95.42	3.84	0.30	10.40	2.26	1.67	4.27	15.60	99.98
2010	May	90.73	3.73	0.30	9.90	2.17	1.64	4.13	14.50	99.89
2010	Jun	96.97	4.31	0.30	10.80	2.13	2.03	4.82	20.60	99.95
2010	Jul	95.16	4.51	0.30	11.30	2.19	2.08	5.04	19.50	99.96
2010	Aug	91.31	3.60	0.30	9.60	2.17	1.58	3.98	16.10	99.91
2010	Sep	92.25	3.71	0.30	13.20	2.28	1.55	4.10	22.60	99.95
2010	Oct	92.38	3.10	0.30	9.70	2.02	1.46	3.40	15.60	99.93



2010	Nov	91.50	3.13	0.30	9.80	2.06	1.46	3.44	18.00	99.77
2010	Dec	95.56	3.09	0.30	8.90	1.89	1.65	3.45	15.30	99.73
2011	Jan	96.37	3.66	0.30	9.50	2.05	1.78	4.09	14.50	99.96
2011	Feb	95.78	4.05	0.30	10.30	2.14	1.89	4.53	15.60	99.98
2011	Mar	95.09	3.71	0.30	10.60	2.31	1.58	4.12	17.20	99.89
2011	Apr	95.58	3.95	0.30	10.10	2.22	1.75	4.40	16.10	99.88
2011	May	91.17	2.79	0.30	10.00	1.89	1.46	3.08	19.90	99.84
2011	Jun	97.73	4.77	0.30	14.10	1.99	2.53	5.34	21.40	100.00
2011	Jul	98.32	4.76	0.30	11.30	2.20	2.23	5.34	18.00	99.96
2011	Aug	97.42	4.88	0.30	11.90	2.26	2.21	5.46	21.00	99.96
2011	Sep	91.34	3.43	0.30	10.90	2.29	1.44	3.76	17.60	99.86
2011	Oct	95.83	3.86	0.30	10.30	2.27	1.65	4.29	16.10	99.93
2011	Nov	85.88	2.56	0.30	10.00	1.79	1.37	2.79	15.30	99.79
2011	Dec	87.72	3.14	0.30	9.90	2.15	1.40	3.43	16.80	99.87
2012	Jan	90.68	3.64	0.30	10.20	2.09	1.70	4.05	15.30	99.89
2012	Feb	93.01	4.00	0.30	9.60	2.10	1.89	4.47	15.30	99.81
2012	Mar	87.66	3.86	0.30	10.60	2.32	1.58	4.26	17.20	99.91
2012	Apr	91.48	3.46	0.30	9.20	2.02	1.68	3.85	15.30	99.91
2012	May	95.25	4.74	0.30	10.20	2.13	2.28	5.30	17.20	99.98
2012	Jun	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00
2012	Jul	99.35	5.03	0.30	11.10	2.08	2.58	5.63	18.40	100.00
Total		79.49	3.99	0.30	14.10	2.25	1.73	4.44	22.60	84.68

Tabla 6 Estadísticas mensuales para el nivel de 20 metros de altura de la torre de medición *Tierra Nueva 1*.

Año	Mes	V media							Vmax	Dir
		Dispon.	Media	Min	Max	SD	A	k	Max.	Dispon.
		[%]	[m/s]						[m/s]	[%]
2009	Jul	96.57	9.19	0.80	19.00	2.85	3.59	10.20	24.00	38.44
2009	Aug	98.81	7.24	0.30	19.10	3.18	2.41	8.13	23.60	0.00
2009	Sep	99.40	6.46	0.30	14.90	2.56	2.72	7.22	21.70	0.00
2009	Oct	98.30	6.13	0.30	14.20	2.90	2.18	6.87	17.50	0.00
2009	Nov	94.26	4.88	0.30	13.30	2.71	1.82	5.46	17.10	0.00
2009	Dec	98.66	6.44	0.30	20.10	3.02	2.23	7.25	24.70	0.00
2010	Jan	97.29	5.95	0.30	14.80	3.27	1.85	6.68	18.20	0.00
2010	Feb	98.61	6.64	0.30	14.60	3.21	2.16	7.47	18.20	0.00
2010	Mar	99.60	7.63	0.30	15.70	3.24	2.52	8.57	19.40	0.00
2010	Apr	97.82	6.28	0.30	15.20	3.04	2.14	7.06	17.90	0.00



2010	May	96.93	6.15	0.30	16.20	3.21	1.95	6.90	19.00	0.00
2010	Jun	98.89	7.44	0.30	19.10	2.82	2.82	8.30	25.10	0.00
2010	Jul	98.19	7.33	0.30	16.50	3.25	2.34	8.21	20.90	0.00
2010	Aug	97.69	5.83	0.30	14.20	2.84	2.12	6.55	18.20	0.00
2010	Sep	96.50	6.15	0.30	20.40	3.12	1.98	6.89	27.40	0.00
2010	Oct	96.77	5.46	0.30	12.00	2.62	2.15	6.13	17.50	0.00
2010	Nov	95.97	5.30	0.30	16.60	3.33	1.59	5.90	21.30	0.00
2010	Dec	98.34	5.36	0.30	12.40	2.72	2.05	6.04	14.50	0.00
2011	Jan	99.22	6.33	0.30	13.90	2.68	2.51	7.10	17.50	0.00
2011	Feb	98.66	6.69	0.30	14.20	2.93	2.40	7.50	18.60	0.00
2011	Mar	97.00	5.82	0.30	14.70	3.18	1.85	6.52	17.10	0.00
2011	Apr	97.59	6.38	0.30	15.30	3.15	2.07	7.15	19.00	0.00
2011	May	35.26	4.26	0.30	11.80	2.42	1.79	4.77	17.90	0.00
2011	Jun	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2011	Jul	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2011	Aug	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2011	Sep	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2011	Oct	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2011	Nov	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2011	Dec	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2012	Jan	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2012	Feb	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2012	Mar	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2012	Apr	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2012	May	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2012	Jun	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2012	Jul	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2012	Aug	73.92	8.76	0.40	27.30	3.83	2.38	9.84	37.70	0.00
2012	Sep	99.49	5.89	0.30	16.00	2.93	2.11	6.65	24.70	0.00
2012	Oct	98.99	6.22	0.30	19.80	3.45	1.83	6.98	25.90	0.00
2012	Nov	99.54	4.15	0.30	11.90	2.24	1.92	4.68	14.80	0.00
2012	Dec	99.48	5.54	0.30	13.90	2.87	1.99	6.23	16.00	0.00
2013	Jan	99.71	6.45	0.30	14.30	2.72	2.54	7.25	17.50	0.00
2013	Feb	99.85	7.24	0.40	16.20	2.63	2.99	8.10	18.60	0.00
2013	Mar	99.48	6.38	0.30	14.80	2.92	2.31	7.19	17.50	0.00
2013	Apr	99.54	7.89	0.30	16.20	3.26	2.62	8.85	20.50	0.00
2013	May	99.44	6.82	0.30	14.80	3.02	2.40	7.67	19.80	0.00
2013	Jun	99.98	9.32	0.80	16.80	2.46	4.31	10.25	20.90	0.00
2013	Jul	100.00	8.32	0.40	17.20	2.74	3.38	9.27	25.10	0.00



2013	Aug	99.82	7.75	0.30	18.10	3.18	2.64	8.71	24.30	0.00
2013	Sep	99.08	6.32	0.30	14.30	3.15	2.07	7.11	23.20	0.00
Total		81.38	4.77	0.3	16.5	2.64	1.774	5.32	37.70	0.43

Tabla 7 Estadísticas mensuales para el nivel de 40.5 metros de altura de la torre de medición *Tierra Nueva 2*

Año	Mes	V media							Vmax	Dir
		Dispon.	Media	Min	Max	SD	A	k	Max.	Dispon.
		[%]	[m/s]						[m/s]	[%]
2009	Jul	96.57	8.84	0.80	18.20	2.81	3.53	9.84	23.60	97.26
2009	Aug	99.44	6.97	0.40	17.90	3.10	2.38	7.84	23.20	99.40
2009	Sep	99.44	6.19	0.40	14.40	2.50	2.67	6.93	20.50	99.42
2009	Oct	99.15	5.85	0.40	13.70	2.77	2.21	6.59	16.80	99.13
2009	Nov	97.04	4.68	0.40	13.10	2.58	1.85	5.25	16.40	97.13
2009	Dec	99.17	6.17	0.40	18.70	2.87	2.27	6.96	23.60	99.13
2010	Jan	98.39	5.64	0.40	14.40	3.14	1.83	6.33	18.30	98.25
2010	Feb	98.86	6.34	0.40	14.00	3.08	2.16	7.15	18.30	98.86
2010	Mar	99.80	7.32	0.40	15.30	3.13	2.50	8.23	19.00	99.73
2010	Apr	98.19	6.07	0.40	14.80	2.94	2.15	6.83	17.90	98.26
2010	May	97.31	5.87	0.40	15.50	3.07	1.94	6.59	18.70	97.51
2010	Jun	99.47	7.10	0.40	18.10	2.71	2.82	7.94	23.60	99.49
2010	Jul	99.24	7.02	0.40	15.70	3.13	2.35	7.88	20.20	99.28
2010	Aug	98.66	5.62	0.40	13.80	2.80	2.08	6.32	18.70	98.66
2010	Sep	97.87	5.90	0.40	19.60	3.03	2.00	6.63	28.20	97.75
2010	Oct	97.63	5.21	0.40	11.60	2.60	2.07	5.86	16.80	97.60
2010	Nov	96.41	5.12	0.40	15.40	3.15	1.64	5.72	20.50	96.53
2010	Dec	98.30	5.25	0.40	11.90	2.67	2.05	5.92	14.80	98.28
2011	Jan	99.46	6.09	0.40	13.50	2.62	2.48	6.84	17.20	99.55
2011	Feb	98.93	6.50	0.40	13.50	2.87	2.39	7.30	18.30	99.06
2011	Mar	97.40	5.69	0.40	14.00	3.11	1.86	6.38	17.20	97.45
2011	Apr	98.45	6.21	0.40	14.50	3.06	2.09	6.97	18.70	98.52
2011	May	35.78	4.16	0.40	11.70	2.39	1.78	4.67	17.20	35.89
2011	Jun	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2011	Jul	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2011	Aug	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2011	Sep	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2011	Oct	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2011	Nov	-	-	-	-	-	-	-	-	-



2011	Dec	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2012	Jan	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2012	Feb	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2012	Mar	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2012	Apr	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2012	May	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2012	Jun	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2012	Jul	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2012	Aug	73.77	8.43	0.40	26.50	3.63	2.42	9.47	37.60	73.77
2012	Sep	99.10	5.68	0.40	15.50	2.87	2.08	6.41	24.40	99.05
2012	Oct	98.70	5.91	0.40	19.10	3.26	1.84	6.63	24.00	98.61
2012	Nov	99.07	4.05	0.40	11.80	2.19	1.93	4.57	15.20	98.87
2012	Dec	98.84	5.36	0.40	13.40	2.80	1.97	6.03	16.40	98.77
2013	Jan	99.31	6.24	0.40	13.80	2.71	2.45	7.02	17.90	99.31
2013	Feb	99.78	7.02	0.40	15.70	2.60	2.92	7.85	19.00	99.78
2013	Mar	99.44	6.23	0.40	14.10	2.83	2.33	7.02	17.20	99.46
2013	Apr	99.38	7.70	0.40	15.70	3.19	2.61	8.63	19.40	99.31
2013	May	99.53	6.55	0.40	14.40	2.90	2.40	7.37	19.00	99.51
2013	Jun	99.98	8.95	0.50	16.30	2.40	4.24	9.85	20.50	99.98
2013	Jul	100.00	8.02	0.40	16.40	2.67	3.34	8.94	25.10	100.00
2013	Aug	99.75	7.54	0.40	17.30	3.09	2.65	8.47	25.50	99.75
2013	Sep	98.54	6.17	0.40	13.90	3.04	2.10	6.94	23.60	98.51
Total		69.52	6.31	0.4	26.5	3.08	2.127	7.1	37.60	69.53

Tabla 8 Estadísticas mensuales para el nivel de 20.5 metros de altura de la torre de medición *Tierra Nueva 2*



Año	Mes	V media							Vmax	Dir
		Dispon.	Media	Min	Max	SD	A	k	Max.	Dispon.
		[%]	[m/s]						[m/s]	[%]
2013	Aug	99.62	7.75	0.40	15.40	2.77	3.10	8.64	21.30	0.00
2013	Sep	97.85	6.61	0.40	14.10	2.81	2.50	7.40	20.20	0.00
2013	Oct	98.10	6.29	0.40	15.60	2.50	2.71	7.04	20.60	0.00
2013	Nov	98.43	6.14	0.40	14.10	2.52	2.59	6.87	17.20	0.00
2013	Dec	99.78	6.82	0.40	15.70	2.78	2.65	7.65	19.80	0.00
2014	Jan	99.62	8.00	0.40	14.00	2.38	3.89	8.83	17.20	0.00
2014	Feb	99.93	8.22	0.40	15.60	2.14	4.32	9.02	18.30	0.00
2014	Mar	99.10	6.89	0.40	14.10	2.97	2.49	7.74	17.20	0.00
2014	Apr	43.33	7.82	0.40	15.40	2.74	3.16	8.70	17.90	0.00
2014	May	96.80	7.41	0.40	16.80	2.87	2.79	8.26	19.80	0.00
2014	Jun	100.00	9.19	1.70	14.20	1.56	6.58	9.84	17.20	0.00
2014	Jul	100.00	9.65	4.00	16.10	1.93	5.54	10.43	20.20	0.00
Total		94.12	7.50	0.4	16.8	2.74	3.019	8.36	21.30	0.00

Tabla 9 Estadísticas mensuales para el nivel de 90 metros de altura de la torre de medición *Tierra Nueva 3*

Año	Mes	V media							Vmax	Dir
		Dispon.	Media	Min	Max	SD	A	k	Max.	Dispon.
		[%]	[m/s]						[m/s]	[%]
2013	Aug	99.58	7.53	0.40	15.20	2.76	2.99	8.40	21.70	100.00
2013	Sep	98.54	6.32	0.40	14.80	2.80	2.37	7.08	21.30	99.81
2013	Oct	97.78	6.05	0.40	15.20	2.46	2.63	6.78	19.80	98.79
2013	Nov	98.10	5.89	0.40	13.80	2.45	2.55	6.59	17.50	99.47
2013	Dec	99.44	6.55	0.40	15.30	2.74	2.56	7.34	19.40	99.87
2014	Jan	99.48	7.69	0.40	13.70	2.36	3.73	8.50	16.70	99.75
2014	Feb	99.98	7.97	0.40	15.10	2.12	4.22	8.76	18.20	100.00
2014	Mar	99.10	6.62	0.40	13.60	2.88	2.44	7.44	17.10	99.71
2014	Apr	43.33	7.55	0.40	14.80	2.71	3.06	8.40	17.50	43.33
2014	May	95.68	7.15	0.40	15.80	2.76	2.79	7.97	19.80	97.65
2014	Jun	100.00	8.83	1.30	13.70	1.61	6.18	9.50	17.10	100.00
2014	Jul	100.00	9.32	4.10	15.40	1.97	5.31	10.11	20.10	100.00
Total		93.98	7.23	0.4	15.8	2.69	2.927	8.06	21.70	94.62

Tabla 10 Estadísticas mensuales para el nivel de 70 metros de altura de la torre de medición *Tierra Nueva 3*



Año	Mes	V media							Vmax
		Dispon.	Media	Min	Max	SD	A	k	Max.
		[%]	[m/s]						[m/s]
2013	Aug	99.46	6.88	0.40	14.20	2.67	2.81	7.70	19.40
2013	Sep	98.52	5.75	0.40	16.00	2.66	2.26	6.46	24.30
2013	Oct	97.87	5.40	0.40	14.00	2.34	2.45	6.07	18.60
2013	Nov	97.64	5.33	0.40	13.00	2.26	2.49	5.97	17.10
2013	Dec	99.13	5.91	0.40	14.20	2.58	2.42	6.63	18.60
2014	Jan	99.55	6.93	0.40	12.70	2.32	3.36	7.71	16.70
2014	Feb	100.00	7.22	0.40	14.00	2.13	3.80	7.99	17.90
2014	Mar	98.59	6.03	0.40	12.90	2.74	2.32	6.78	16.30
2014	Apr	43.33	6.80	0.40	13.20	2.58	2.81	7.57	17.50
2014	May	95.09	6.41	0.40	13.80	2.54	2.69	7.16	19.00
2014	Jun	100.00	7.98	1.10	12.40	1.67	5.40	8.66	17.90
2014	Jul	100.00	8.43	3.10	13.90	2.01	4.75	9.21	18.60
Total		93.82	6.53	0.4.0	16.00	2.56	2.743	7.30	24.30

Tabla 11 Estadísticas mensuales para el nivel de 40 metros de altura de la torre de medición *Tierra Nueva 3*

SECTOR	90 - 70	70 - 40
N	0,078	-0,058
NNE	-0,137	-0,017
NE	-0,005	0,114
ENE	0,205	0,134
E	0,181	0,219
ESE	0,154	0,194
SE	0,224	0,289
SSE	0,373	0,310
S	0,444	0,182
SSW	0,188	0,181
SW	0,145	0,244
WSW	0,231	0,223
W	0,417	0,151
WNW	0,216	0,156
NW	0,283	0,220
NNW	0,138	-0,194

Tabla 12 Valor del coeficiente de cortadura por rumbos en la estación *Tierra Nueva 3* durante el periodo de medida. En negrita las direcciones predominantes.



Aerogenerador	Potencia máxima [kW]	Diámetro [m]	Alturas disponibles [m]	Control de potencia	Clase
Gamesa G97-2MW	2000	97	78 y 90	Cambio de paso y velocidad variable	II _A
Vestas V90 -1.8MW	1800	90	80, 95 y 105	Cambio de paso y velocidad variable	II _A
HP62-1MW	1000	62	70	Cambio de paso y velocidad variable	III _A

Tabla 13 Características de los aerogeneradores Gamesa G97-2.0MW , Vestas V90-1.8MW y HP62-1MW

Posición	X_UTM [m]	Y_UTM [m]	Distancia a <i>Tierra Nueva 3</i> [km]	RIX (%)
<i>Tierra Nueva 3</i>	193040	2054229	-	0
1	195648	2052736	3.01	0
2	195824	2052942	3.07	0
3	195999	2053147	3.15	0
4	196174	2053352	3.25	0
5	196350	2053558	3.38	0.3
6	196525	2053763	3.52	0.8
7	195876	2051155	4.18	0
8	196051	2051360	4.16	0
9	196227	2051566	4.15	0
10	196402	2051771	4.16	0
11	196577	2051976	4.19	0
12	196753	2052182	4.24	0
13	196928	2052387	4.30	0
14	197103	2052592	4.38	0
15	197279	2052798	4.47	0.1
16	197454	2053003	4.58	0.4
17	197629	2053208	4.70	1.2
18	197001	2050933	5.15	0
19	197176	2051138	5.16	0
20	197351	2051343	5.19	0



21	197527	2051549	5.23	0
22	197702	2051754	5.28	0
23	197877	2051959	5.34	0
24	198053	2052165	5.42	0.1
25	198228	2052370	5.51	0.1

Tabla 14 Coordenadas UTM, coeficientes RIX y distancias de los aerogeneradores G97-2MW a la estación *Tierra Nueva 3*

Posición	X_UTM [m]	Y_UTM [m]	Distancia a <i>Tierra Nueva 3</i> [km]	RIX (%)
Tierra Nueva 3	193040	2054229	-	0
1	195298	2052326	2.95	0
2	195473	2052531	2.97	0
3	195648	2052736	3.01	0
4	195824	2052942	3.07	0
5	195999	2053147	3.15	0
6	196174	2053352	3.25	0
7	196350	2053558	3.38	0.3
8	196525	2053763	3.52	0.8
9	195876	2051155	4.18	0
10	196051	2051360	4.16	0
11	196227	2051566	4.15	0
12	196402	2051771	4.16	0
13	196577	2051976	4.19	0
14	196753	2052182	4.24	0
15	196928	2052387	4.30	0
16	197103	2052592	4.38	0
17	197279	2052798	4.47	0.1
18	197454	2053003	4.58	0.4
19	197629	2053208	4.70	1.2
20	197001	2050933	5.15	0
21	197176	2051138	5.16	0
22	197351	2051343	5.19	0
23	197527	2051549	5.23	0
24	197702	2051754	5.28	0
25	197877	2051959	5.34	0
26	198053	2052165	5.42	0.1
27	198228	2052370	5.51	0.1

Tabla 15 Coordenadas UTM, coeficientes RIX y distancias de los aerogeneradores V90-1.8MW a la estación *Tierra Nueva 3*



Posición	X_UTM [m]	Y_UTM [m]	Distancia a <i>Tierra Nueva 3</i> [km]	RIX (%)
Tierra Nueva 3	193040	2054229	-	0
1	194507	2052623	2.18	0
2	194682	2052829	2.16	0
3	194858	2053034	2.18	0
4	195033	2053239	2.23	0
5	195208	2053445	2.31	0
6	195384	2053650	2.41	0
7	195559	2053855	2.55	0
8	195734	2054061	2.70	0.4
9	195910	2054266	2.87	1
10	196085	2054471	3.05	1.6
11	194912	2051943	2.95	0
12	195088	2052149	2.92	0
13	195263	2052354	2.91	0
14	195438	2052559	2.92	0
15	195613	2052765	2.96	0
16	195789	2052970	3.02	0
17	195964	2053175	3.11	0
18	196139	2053381	3.21	0.1
19	196315	2053586	3.34	0.3
20	196490	2053791	3.48	0.8
21	196665	2053997	3.63	1.2
22	195664	2051677	3.66	0
23	195840	2051882	3.65	0
24	196015	2052088	3.67	0
25	196190	2052293	3.70	0
26	196366	2052498	3.75	0
27	196541	2052704	3.82	0
28	196716	2052909	3.91	0
29	196892	2053114	4.01	0.1
30	197067	2053320	4.13	0.6
31	197242	2053525	4.26	1.3
32	196031	2051028	4.38	0
33	196206	2051234	4.36	0
34	196381	2051439	4.35	0
35	196557	2051644	4.36	0
36	196732	2051850	4.39	0



37	196907	2052055	4.44	0
38	197083	2052260	4.50	0
39	197258	2052466	4.57	0
40	197433	2052671	4.66	0
41	197609	2052876	4.77	0.4
42	197784	2053082	4.88	1.3
43	197001	2050933	5.15	0
44	197176	2051138	5.16	0
45	197351	2051343	5.19	0
46	197527	2051549	5.23	0
47	197702	2051754	5.28	0
48	197877	2051959	5.34	0
49	198053	2052165	5.42	0.1
50	198228	2052370	5.51	0.1

Tabla 16 Coordenadas UTM, coeficientes RIX y distancias de los aerogeneradores HP62-1MW a la estación *Tierra Nueva 3*

Posición	Aerogenerador	Altura de buje	Velocidad media	Producción bruta anual		Efecto de estela	Producción (considerando estelas)	
		[m]	[m/s]	[MWh]	horas	[%]	[MWh]	horas
1	G97-2MW	78	7.72	8834	4417	12.00	7773	3887
2	G97-2MW	78	7.69	8775	4388	11.80	7740	3870
3	G97-2MW	78	7.69	8786	4393	10.91	7827	3914
4	G97-2MW	78	7.69	8786	4393	9.85	7920	3960
5	G97-2MW	78	7.68	8764	4382	8.27	8039	4020
6	G97-2MW	78	7.67	8744	4372	5.25	8285	4143
7	G97-2MW	78	7.68	8742	4371	5.01	8303	4152
8	G97-2MW	78	7.74	8869	4435	9.24	8049	4025
9	G97-2MW	78	7.79	8985	4493	9.92	8094	4047
10	G97-2MW	78	7.82	9036	4518	10.27	8108	4054
11	G97-2MW	78	7.85	9095	4548	10.14	8173	4087
12	G97-2MW	78	7.89	9180	4590	9.93	8268	4134
13	G97-2MW	78	7.91	9225	4613	9.36	8362	4181
14	G97-2MW	78	7.91	9228	4614	8.41	8452	4226
15	G97-2MW	78	7.92	9240	4620	6.31	8657	4329
16	G97-2MW	78	7.94	9283	4642	2.38	9062	4531



17	G97-2MW	78	7.97	9334	4667	0.95	9246	4623
18	G97-2MW	78	7.77	8938	4469	0.55	8889	4445
19	G97-2MW	78	8.03	9434	4717	0.61	9377	4689
20	G97-2MW	78	8.07	9520	4760	0.63	9460	4730
21	G97-2MW	78	8.08	9536	4768	0.65	9474	4737
22	G97-2MW	78	8.09	9565	4783	0.67	9501	4751
23	G97-2MW	78	8.13	9629	4815	0.67	9565	4783
24	G97-2MW	78	8.17	9699	4850	0.65	9637	4819
25	G97-2MW	78	8.19	9745	4873	0.45	9702	4851
Total de parque				228972	4579	5.80	215963	4319
Producción neta (considerando el 7.7% de pérdidas generales)							199334	3987

Tabla 17 Producción por aerogenerador en el parque eólico de Tierra Nueva para una potencia instalada de 50 MW a 78 metros de altura de buje con la máquina G90-2MW

Posición	Aerogenerador	Altura de buje	Velocidad media	Producción bruta anual		Efecto de estela	Producción (considerando estelas)	
		[m]	[m/s]	[MWh]	horas	[%]	[MWh]	horas
1	G97-2MW	90	7.86	9156	4578	11.38	8113	4057
2	G97-2MW	90	7.83	9094	4547	11.21	8075	4038
3	G97-2MW	90	7.83	9107	4554	10.38	8162	4081
4	G97-2MW	90	7.83	9106	4553	9.44	8246	4123
5	G97-2MW	90	7.82	9081	4541	7.99	8356	4178
6	G97-2MW	90	7.81	9053	4527	5.12	8590	4295
7	G97-2MW	90	7.82	9066	4533	4.75	8636	4318
8	G97-2MW	90	7.88	9189	4595	8.93	8369	4185
9	G97-2MW	90	7.93	9305	4653	9.60	8411	4206
10	G97-2MW	90	7.96	9357	4679	9.95	8426	4213
11	G97-2MW	90	7.99	9417	4709	9.82	8492	4246
12	G97-2MW	90	8.03	9500	4750	9.63	8586	4293
13	G97-2MW	90	8.05	9540	4770	9.13	8669	4335
14	G97-2MW	90	8.06	9553	4777	8.24	8766	4383
15	G97-2MW	90	8.06	9564	4782	6.21	8970	4485
16	G97-2MW	90	8.08	9605	4803	2.34	9380	4690
17	G97-2MW	90	8.1	9634	4817	0.94	9543	4772
18	G97-2MW	90	7.93	9290	4645	0.53	9240	4620
19	G97-2MW	90	8.17	9746	4873	0.60	9687	4844
20	G97-2MW	90	8.21	9830	4915	0.63	9769	4885
21	G97-2MW	90	8.22	9854	4927	0.65	9790	4895



22	G97-2MW	90	8.24	9898	4949	0.66	9832	4916
23	G97-2MW	90	8.27	9957	4979	0.66	9891	4946
24	G97-2MW	90	8.31	10020	5010	0.64	9955	4978
25	G97-2MW	90	8.31	10034	5017	0.45	9989	4995
Total de parque				236956	4739	5.60	223943	4479
Producción neta (considerando el 7.7% de pérdidas generales)							206699	4134

Tabla 18 Producción por aerogenerador en el parque eólico de Tierra Nueva para una potencia instalada de 50 MW a 90 metros de altura de buje con la máquina G90-2MW

Posición	Aerogenerador	Altura de buje	Velocidad media	Producción bruta anual		Efecto de estela	Producción (considerando estelas)	
		[m]	[m/s]	[MWh]	horas	[%]	[MWh]	horas
1	V90-1.8MW	80	7.77	7681	3841	10.65	6863	3432
2	V90-1.8MW	80	7.79	7723	3862	10.48	6914	3457
3	V90-1.8MW	80	7.74	7628	3814	10.54	6823	3412
4	V90-1.8MW	80	7.71	7574	3787	10.34	6791	3396
5	V90-1.8MW	80	7.72	7583	3792	9.54	6859	3430
6	V90-1.8MW	80	7.72	7582	3791	8.64	6927	3464
7	V90-1.8MW	80	7.71	7562	3781	7.25	7014	3507
8	V90-1.8MW	80	7.7	7542	3771	4.61	7194	3597
9	V90-1.8MW	80	7.7	7548	3774	4.46	7212	3606
10	V90-1.8MW	80	7.76	7664	3832	8.23	7033	3517
11	V90-1.8MW	80	7.82	7769	3885	8.80	7085	3543
12	V90-1.8MW	80	7.84	7815	3908	9.17	7099	3550
13	V90-1.8MW	80	7.87	7869	3935	9.08	7154	3577
14	V90-1.8MW	80	7.91	7945	3973	8.85	7242	3621
15	V90-1.8MW	80	7.94	7985	3993	8.30	7322	3661
16	V90-1.8MW	80	7.94	7988	3994	7.41	7396	3698
17	V90-1.8MW	80	7.94	7997	3999	5.53	7555	3778
18	V90-1.8MW	80	7.97	8036	4018	1.98	7877	3939
19	V90-1.8MW	80	7.99	8080	4040	0.79	8016	4008
20	V90-1.8MW	80	7.8	7733	3867	0.43	7700	3850
21	V90-1.8MW	80	8.05	8183	4092	0.48	8144	4072
22	V90-1.8MW	80	8.1	8261	4131	0.51	8219	4110
23	V90-1.8MW	80	8.1	8276	4138	0.52	8233	4117
24	V90-1.8MW	80	8.12	8303	4152	0.53	8259	4130
25	V90-1.8MW	80	8.15	8361	4181	0.53	8316	4158



26	V90-1.8MW	80	8.19	8423	4212	0.51	8380	4190
27	V90-1.8MW	80	8.21	8460	4230	0.36	8429	4215
Total de parque				196688	4047	5.91	185247	3812
Producción neta (considerando el 7.7% de pérdidas generales)							170983	3518

Tabla 19 Producción por aerogenerador en el parque eólico de Tierra Nueva para una potencia instalada de 48.6 MW a 80 metros de altura de buje con la máquina V90-1.8MW

Posición	Aerogenerador	Altura de buje	Velocidad media	Producción bruta anual		Efecto de estela	Producción (considerando estelas)	
		[m]	[m/s]	[MWh]	horas	[%]	[MWh]	horas
1	V90-1.8MW	105	8.04	8201	4101	9.63	7411	3706
2	V90-1.8MW	105	8.06	8250	4125	9.48	7468	3734
3	V90-1.8MW	105	8.02	8174	4087	9.51	7396	3698
4	V90-1.8MW	105	7.99	8114	4057	9.34	7356	3678
5	V90-1.8MW	105	8	8127	4064	8.67	7422	3711
6	V90-1.8MW	105	7.99	8125	4063	7.93	7480	3740
7	V90-1.8MW	105	7.98	8100	4050	6.74	7554	3777
8	V90-1.8MW	105	7.96	8067	4034	4.35	7716	3858
9	V90-1.8MW	105	7.99	8100	4050	4.06	7771	3886
10	V90-1.8MW	105	8.04	8205	4103	7.66	7576	3788
11	V90-1.8MW	105	8.1	8309	4155	8.22	7626	3813
12	V90-1.8MW	105	8.12	8355	4178	8.58	7638	3819
13	V90-1.8MW	105	8.15	8410	4205	8.52	7694	3847
14	V90-1.8MW	105	8.19	8482	4241	8.31	7777	3889
15	V90-1.8MW	105	8.21	8509	4255	7.87	7839	3920
16	V90-1.8MW	105	8.22	8530	4265	7.05	7928	3964
17	V90-1.8MW	105	8.22	8536	4268	5.25	8088	4044
18	V90-1.8MW	105	8.24	8573	4287	1.90	8410	4205
19	V90-1.8MW	105	8.25	8576	4288	0.78	8510	4255
20	V90-1.8MW	105	8.11	8323	4162	0.41	8289	4145
21	V90-1.8MW	105	8.33	8697	4349	0.48	8655	4328
22	V90-1.8MW	105	8.37	8772	4386	0.50	8728	4364
23	V90-1.8MW	105	8.38	8797	4399	0.52	8752	4376
24	V90-1.8MW	105	8.41	8850	4425	0.52	8804	4402
25	V90-1.8MW	105	8.43	8877	4439	0.53	8830	4415



26	V90-1.8MW	105	8.45	8919	4460	0.51	8873	4437
27	V90-1.8MW	105	8.44	8899	4450	0.37	8867	4434
Total de parque				210059	4322	5.47	198718	4089
Producción neta (considerando el 7.7% de pérdidas generales)							183417	3774

Tabla 20 Producción por aerogenerador en el parque eólico de Tierra Nueva para una potencia instalada de 48.6 MW a 105 metros de altura de buje con la máquina V90-1.8MW

Posición	Aerogenerador	Altura de buje	Velocidad media	Producción bruta anual		Efecto de estela	Producción (considerando estelas)	
		[m]	[m/s]	[MWh]	horas	[%]	[MWh]	horas
1	HP62-1MW	70	7.34	3099	3099	11.83	2732	2732
2	HP62-1MW	70	7.31	3061	3061	12.07	2692	2692
3	HP62-1MW	70	7.52	3274	3274	11.34	2903	2903
4	HP62-1MW	70	7.59	3346	3346	10.96	2979	2979
5	HP62-1MW	70	7.5	3258	3258	10.95	2901	2901
6	HP62-1MW	70	7.42	3181	3181	10.92	2834	2834
7	HP62-1MW	70	7.42	3180	3180	10.41	2849	2849
8	HP62-1MW	70	7.43	3185	3185	8.99	2898	2898
9	HP62-1MW	70	7.43	3190	3190	6.73	2975	2975
10	HP62-1MW	70	7.44	3198	3198	1.74	3143	3143
11	HP62-1MW	70	7.47	3220	3220	10.04	2896	2896
12	HP62-1MW	70	7.5	3251	3251	10.96	2894	2894
13	HP62-1MW	70	7.58	3336	3336	10.95	2971	2971
14	HP62-1MW	70	7.61	3368	3368	10.88	3002	3002
15	HP62-1MW	70	7.56	3310	3310	11.00	2946	2946
16	HP62-1MW	70	7.53	3286	3286	10.88	2928	2928
17	HP62-1MW	70	7.54	3291	3291	10.64	2941	2941
18	HP62-1MW	70	7.53	3289	3289	10.17	2954	2954
19	HP62-1MW	70	7.52	3277	3277	9.03	2981	2981
20	HP62-1MW	70	7.52	3268	3268	6.89	3043	3043
21	HP62-1MW	70	7.56	3313	3313	1.89	3251	3251
22	HP62-1MW	70	7.56	3317	3317	10.52	2968	2968
23	HP62-1MW	70	7.63	3390	3390	10.47	3035	3035
24	HP62-1MW	70	7.61	3369	3369	10.67	3010	3010
25	HP62-1MW	70	7.57	3330	3330	10.70	2973	2973
26	HP62-1MW	70	7.62	3372	3372	10.47	3019	3019
27	HP62-1MW	70	7.6	3354	3354	10.25	3011	3011
28	HP62-1MW	70	7.62	3371	3371	9.90	3037	3037



29	HP62-1MW	70	7.63	3384	3384	8.67	3091	3091
30	HP62-1MW	70	7.64	3389	3389	6.40	3172	3172
31	HP62-1MW	70	7.67	3418	3418	1.86	3355	3355
32	HP62-1MW	70	7.57	3330	3330	2.38	3251	3251
33	HP62-1MW	70	7.6	3359	3359	6.14	3153	3153
34	HP62-1MW	70	7.65	3405	3405	6.95	3169	3169
35	HP62-1MW	70	7.68	3440	3440	7.15	3194	3194
36	HP62-1MW	70	7.71	3469	3469	7.08	3223	3223
37	HP62-1MW	70	7.75	3507	3507	6.98	3263	3263
38	HP62-1MW	70	7.79	3542	3542	6.73	3304	3304
39	HP62-1MW	70	7.83	3584	3584	5.89	3373	3373
40	HP62-1MW	70	7.88	3623	3623	4.76	3451	3451
41	HP62-1MW	70	7.9	3646	3646	1.44	3593	3593
42	HP62-1MW	70	7.87	3611	3611	0.60	3589	3589
43	HP62-1MW	70	7.6	3363	3363	0.29	3353	3353
44	HP62-1MW	70	7.87	3626	3626	0.33	3615	3615
45	HP62-1MW	70	7.92	3672	3672	0.34	3659	3659
46	HP62-1MW	70	7.92	3675	3675	0.35	3662	3662
47	HP62-1MW	70	7.93	3682	3682	0.36	3668	3668
48	HP62-1MW	70	7.97	3717	3717	0.37	3704	3704
49	HP62-1MW	70	8.01	3753	3753	0.35	3740	3740
50	HP62-1MW	70	8.04	3786	3786	0.30	3775	3775
Total de parque				169665	3393	6.96	158123	3162
Producción neta (considerando el 7.7% de pérdidas generales)							145948	2919

Tabla 21 Producción por aerogenerador en el parque eólico de Tierra Nueva para una potencia instalada de 50 MW a 70 metros de altura de buje con la máquina HP62-1MW



Fuente de incertidumbre	Velocidad 78 m	
	[m/s]	[%]
Asociada a la medida	0.23	3.12%
Correlación	0.00	0.00%
Variabilidad del periodo de medida	0.45	6.10%
Extrapolación en altura	0.02	0.22%
Incertidumbre a largo plazo en la estación <i>Tierra Nueva 3</i>	0.51	6.86%
Modelización	0.37	5.00%
Variabilidad Futura (10 años)	0.14	1.93%
Variabilidad Futura (1 año)	0.45	6.10%
Incertidumbre en un periodo futuro de 10 años	0.64	8.70%
Incertidumbre en un periodo futuro de 1 año	0.77	10.45%

Tabla 22 Incertidumbres asociadas a la velocidad media a largo plazo en la estación *Tierra Nueva 3* a 78 metros de altura.

Fuente de incertidumbre	Velocidad 90 m	
	[m/s]	[%]
Asociada a la medida	0.24	3.18%
Correlación	0.00	0.00%
Variabilidad del periodo de medida	0.46	6.10%
Extrapolación en altura	0.00	0.00%
Incertidumbre a largo plazo en la estación <i>Tierra Nueva 3</i>	0.52	6.88%
Modelización	0.38	5.00%
Variabilidad Futura (10 años)	0.15	1.93%
Variabilidad Futura (1 año)	0.46	6.10%
Incertidumbre en un periodo futuro de 10 años	0.66	8.72%
Incertidumbre en un periodo futuro de 1 año	0.79	10.47%

Tabla 23 Incertidumbres asociadas a la velocidad media a largo plazo en la estación *Tierra Nueva 3* a 90 metros de altura.



Fuente de incertidumbre	Velocidad 80 m	
	[m/s]	[%]
Asociada a la medida	0.23	3.11%
Correlación	0.00	0.00%
Variabilidad del periodo de medida	0.45	6.10%
Extrapolación en altura	0.02	0.27%
Incertidumbre a largo plazo en la estación <i>Tierra Nueva 3</i>	0.51	6.85%
Modelización	0.37	5.00%
Variabilidad Futura (10 años)	0.14	1.93%
Variabilidad Futura (1 año)	0.45	6.10%
Incertidumbre en un periodo futuro de 10 años	0.64	8.70%
Incertidumbre en un periodo futuro de 1 año	0.77	10.45%

Tabla 24 Incertidumbres asociadas a la velocidad media a largo plazo en la estación *Tierra Nueva 3* a 80 metros de altura.

Fuente de incertidumbre	Velocidad 105 m	
	[m/s]	[%]
Asociada a la medida	0.24	3.11%
Correlación	0.00	0.00%
Variabilidad del periodo de medida	0.47	6.10%
Extrapolación en altura	0.06	0.77%
Incertidumbre a largo plazo en la estación <i>Tierra Nueva 3</i>	0.53	6.89%
Modelización	0.38	5.00%
Variabilidad Futura (10 años)	0.15	1.93%
Variabilidad Futura (1 año)	0.47	6.10%
Incertidumbre en un periodo futuro de 10 años	0.67	8.73%
Incertidumbre en un periodo futuro de 1 año	0.81	10.47%

Tabla 25 Incertidumbres asociadas a la velocidad media a largo plazo en la estación *Tierra Nueva 3* a 105 metros de altura.



Fuente de incertidumbre	Velocidad 70 m	
	[m/s]	[%]
Asociada a la medida	0.23	3.18%
Correlación	0.00	0.00%
Variabilidad del periodo de medida	0.44	6.10%
Extrapolación en altura	0.00	0.00%
Incertidumbre a largo plazo en la estación <i>Tierra Nueva 3</i>	0.50	6.88%
Modelización	0.36	5.00%
Variabilidad Futura (10 años)	0.14	1.93%
Variabilidad Futura (1 año)	0.44	6.10%
Incertidumbre en un periodo futuro de 10 años	0.63	8.72%
Incertidumbre en un periodo futuro de 1 año	0.76	10.47%

Tabla 26 Incertidumbres asociadas a la velocidad media a largo plazo en la estación *Tierra Nueva 3* a 70 metros de altura.

4.3.- ANEXO 3: DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y MODELIZACIÓN DEL CAMPO DE VIENTO.

El estudio a escala local se ha realizado a partir de los datos registrados en la estación de medida *Tierra Nueva 3*.

Las características generales del estudio son:

- La modelización del campo de viento se ha realizado mediante el programa de simulación de flujo de viento WAsP 11 [7].
- Se ha utilizado la topografía digitalizada del entorno a escala 1:25 000.
- La resolución espacial utilizada es de 50 metros.
- Las entradas de datos de viento corresponden a las medidas tomadas en el periodo de referencia de la estación *Tierra Nueva 3* a 70 m y 90 metros de altura, y las extrapoladas a 78 m, 80 m y 105 metros de altura.
- Las isóneas de velocidad se han calculado mediante interpolación entre los puntos de cálculo.
- Se ha supuesto una rugosidad de 0 metros para la superficie acuosa del lago, y 0.05 para las zonas de chaparral y matorral.
- Las alturas consideradas para presentar los resultados ha sido 70 m, 78 m, 80 m, 90 m y 105 metros sobre el nivel del suelo.

En las figura 28, 29, 30, 31 y 32 se presenta el mapa con la distribución espacial de las velocidades medias a 70 m, 78 m, 80 m, 90 m y 105 metros de altura.

Las pérdidas por efecto de estela se han calculado directamente con WAsP teniendo en cuenta la disposición de las máquinas y la curva de empuje del aerogenerador seleccionado.

Para validar el modelo se han realizado varias comprobaciones. En primer lugar se ha realizado, tanto para la ubicación de la torre de medición como para la posición del aerogenerador, utilizando la cartografía digital, el cálculo con WAsP del índice RIX (índice de complejidad de terreno).

Se comprueba que tanto en las posiciones de aerogenerador como en la de la torre de medición el índice RIX varía entre el 0% y el 1.6% (ver tablas 14, 15 y 16), lo que significa que podemos clasificar el terreno como suave y de topografía sencilla.

Dado que el índice de RIX es inferior a 2% pero la mayor distancia entre un aerogenerador y la torre de medición es de 5.5 kilómetros se determina que la incertidumbre asociada a la modelización con WAsP es de 5%.

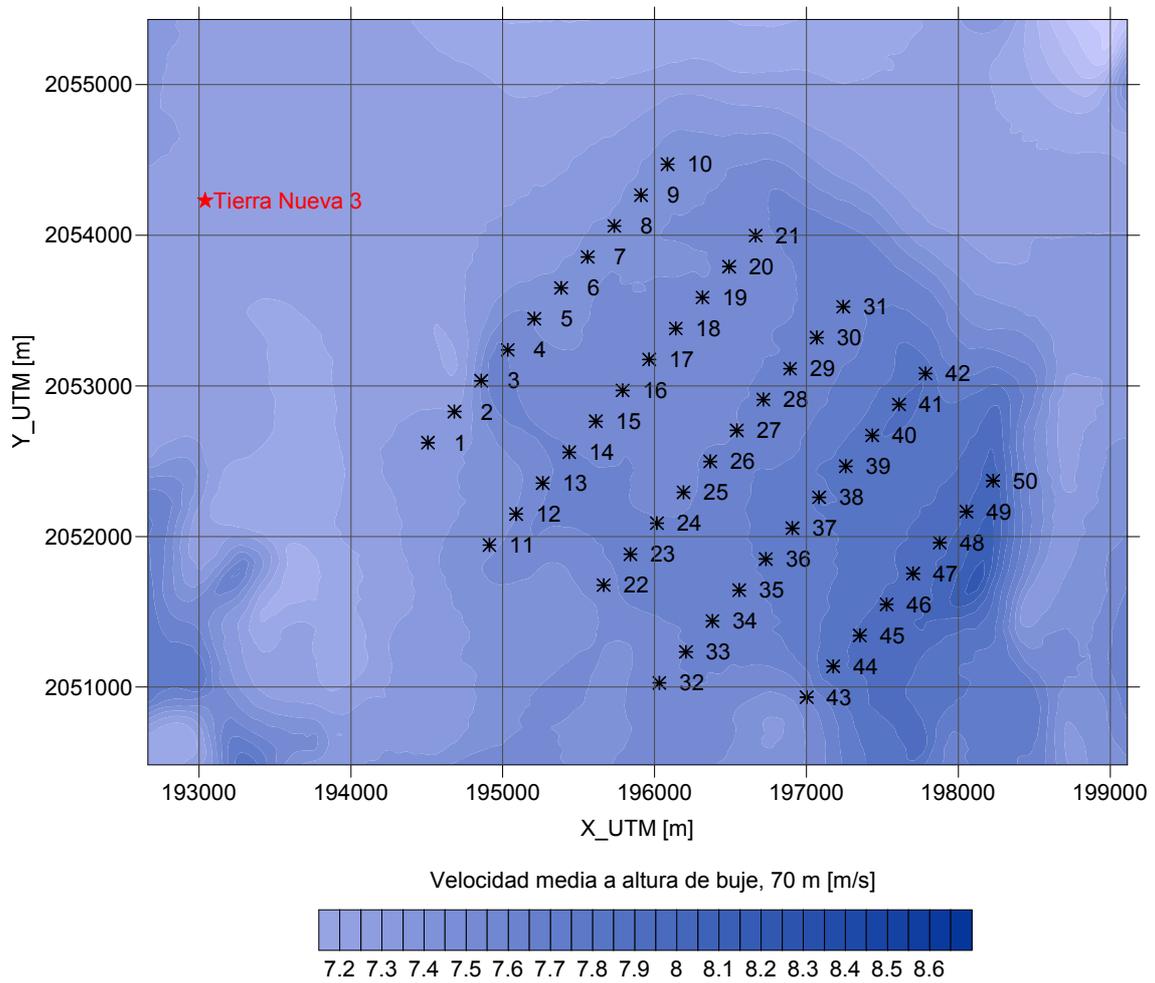


Figura 28 Modelización del campo de viento en 2D del parque eólico de Tierra Nueva a una altura de buje de 70 metros a partir de la serie histórica de viento en *Tierra Nueva 3*, con aerogeneradores HP62-1MW

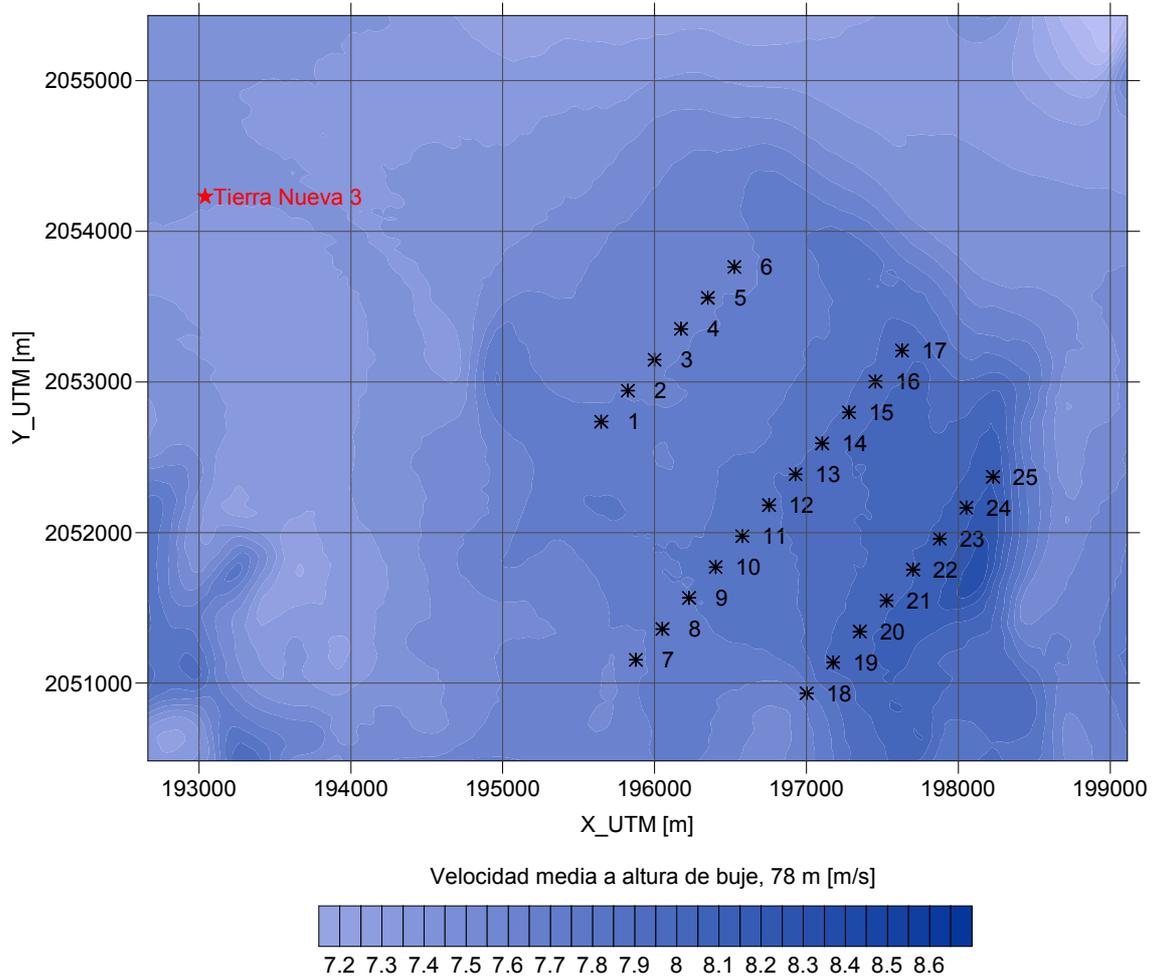


Figura 29 Modelización del campo de viento en 2D del parque eólico de Tierra Nueva a una altura de buje de 78 metros a partir de la serie histórica de viento en *Tierra Nueva 3*, con aerogeneradores G97-2MW

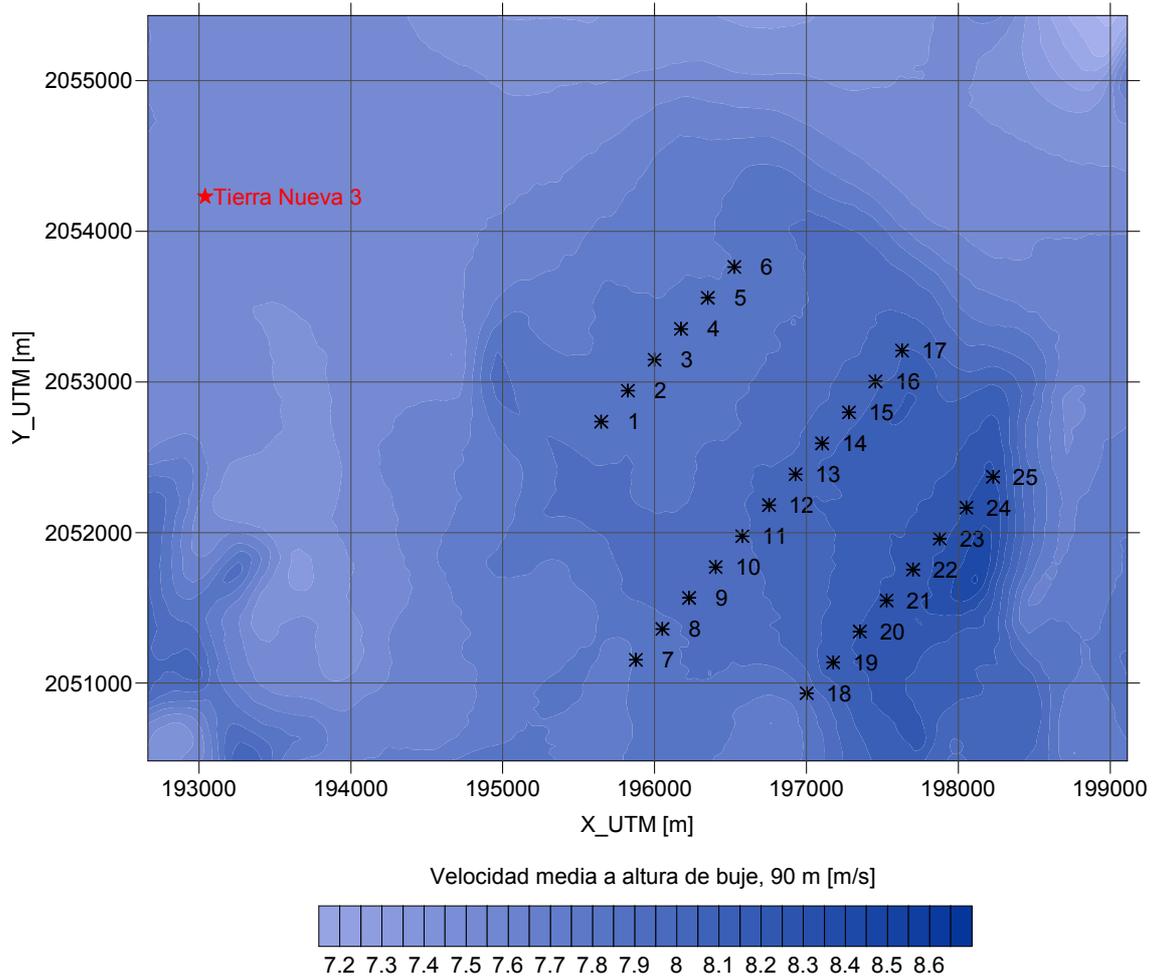


Figura 30 Modelización del campo de viento en 2D del parque eólico de Tierra Nueva a una altura de buje de 90 metros a partir de la serie histórica de viento en *Tierra Nueva 3*, con aerogeneradores G97-2MW

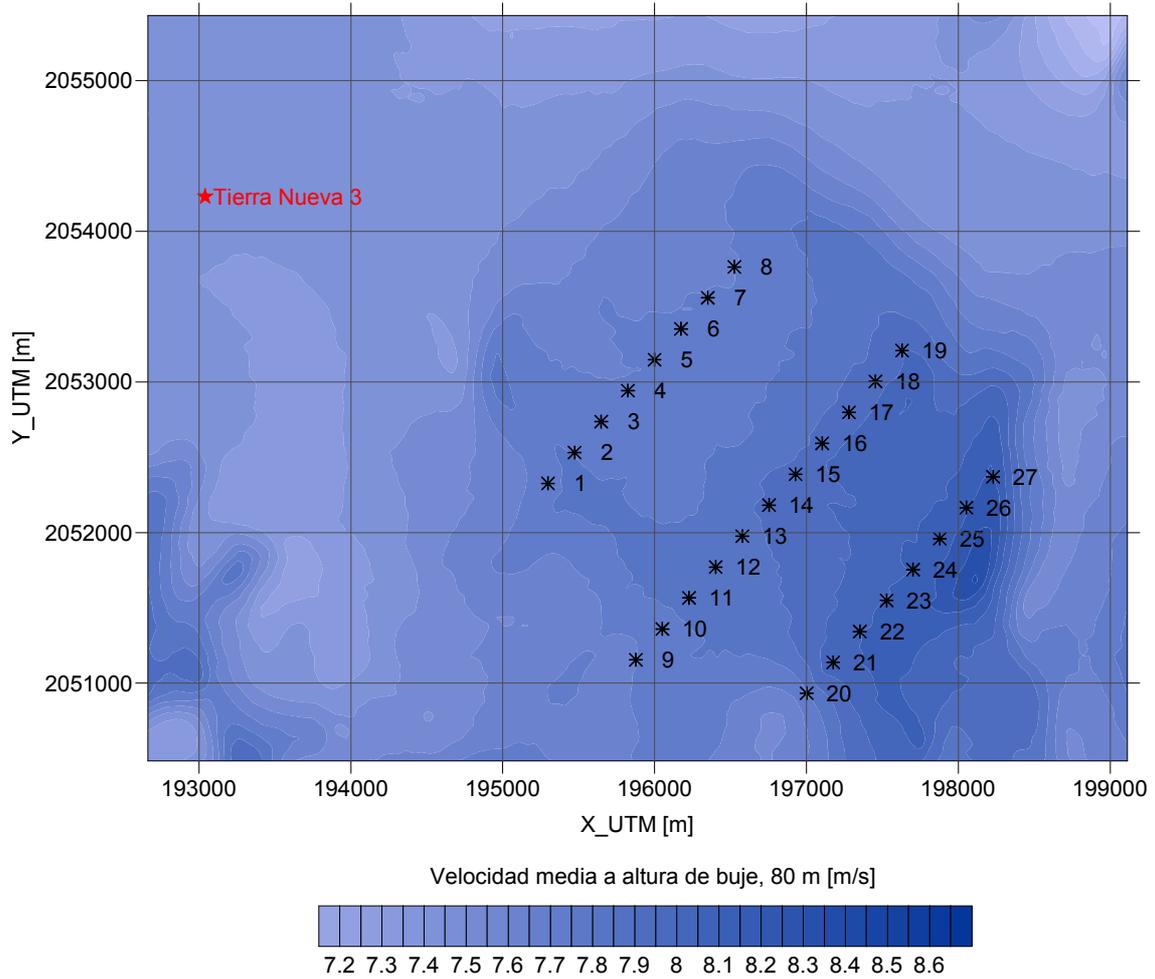


Figura 31 Modelización del campo de viento en 2D del parque eólico de Tierra Nueva a una altura de buje de 80 metros a partir de la serie histórica de viento en *Tierra Nueva 3*, con aerogeneradores V90-1.8MW

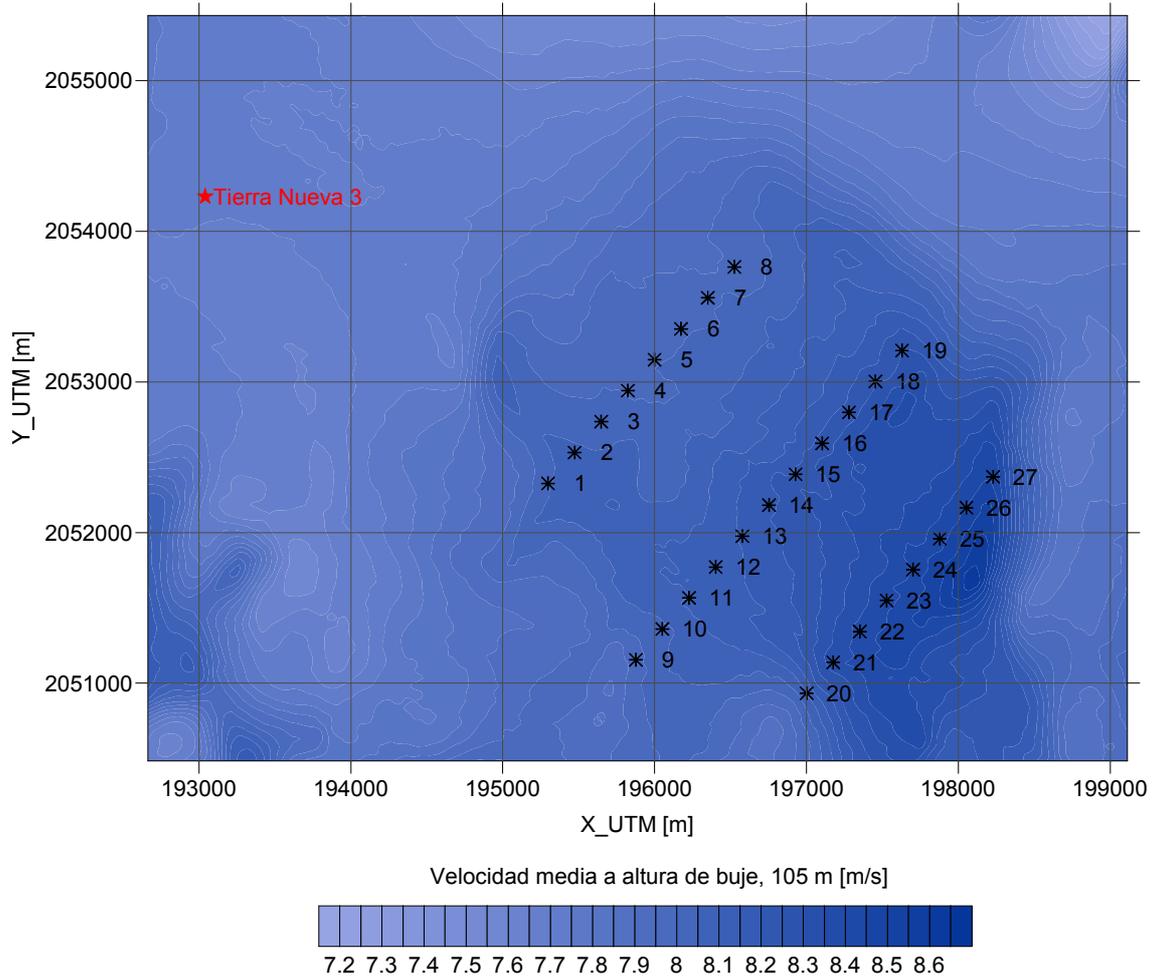


Figura 32 Modelización del campo de viento en 2D del parque eólico de Tierra Nueva a una altura de buje de 105 metros a partir de la serie histórica de viento en *Tierra Nueva 3*, con aerogeneradores V90-1.8MW