



Estudio de la influencia de la temperatura
y otros parámetros en la medición
de la velocidad del viento



ANEXOS



Estudio de la influencia de la temperatura
y otros parámetros en la medición
de la velocidad del viento



ANEXO A.1

POTENCIA GENERADA EN UN AEROGENERADOR



Estudio de la influencia de la temperatura y otros parámetros en la medición de la velocidad del viento



El primer paso para poder evaluar las medidas tomadas por los sensores en una instalación es conocer en qué manera afectan a la producción del aerogenerador. Para ello es necesario saber que la energía que puede obtenerse de un aerogenerador por unidad de área expuesta al viento es proporcional al cubo de la velocidad. A continuación se muestra esta relación:

La cantidad de aire que atraviesa una superficie A por unidad de tiempo es:

$$\dot{m} = \rho \cdot A \cdot v$$

Como la energía del viento es energía cinética, la potencia que atraviesa esa superficie A será:

$$P = \frac{1}{2} \cdot \dot{m} \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3$$

Donde P: Potencia del viento [W]
 ρ : Densidad del aire [Kg/m³]
 A: Superficie del rotor [m²]
 v: Velocidad del viento [m/s]

De la fórmula de la potencia se deduce que mínimas variaciones en la velocidad del viento suponen notables variaciones en la energía estimada.

Si el sensor no se encuentra bien calibrado, el error asociado al mismo (por pequeño que fuera) podría influir notablemente a la hora de estimar la producción del aerogenerador puesto que dentro de la fórmula de la producción se incrementaría al cubo.

De ahí la importancia de la apropiada medición de las diferentes variables, en especial, de la velocidad.



Estudio de la influencia de la temperatura
y otros parámetros en la medición
de la velocidad del viento



ANEXO A.2

INFORME DE LA INSTALACIÓN



Estudio de la influencia de la temperatura y otros parámetros en la medición de la velocidad del viento



En este anexo se pasan a describir las características técnicas de la instalación, tales como la descripción del lugar donde se encuentra ubicada la torre de medida, el listado de los equipos instalados en la misma así como las vistas generales o por tramos de la torre meteorológica.

En la siguiente tabla se hace un resumen sobre la localización de la torre de medida: lugar en el que está instalada, condiciones del terreno así como otra serie de datos informativos.

Descripción ubicación torre de medida	
Designación lugar	Parque Tecnológico Walqa, Cuarte (Huesca)
Localización	Coordenadas UTM (m): 710094E 4664862N
Elevación	441 metros
Fecha instalación	17 de marzo de 2008
Tipo de terreno	Llano con césped
Descripción alrededores	Edificios y otros obstáculos cercanos
Dirección viento dominante	300º
Declinación	1º oeste

Tabla 34. Localización de la torre de medida

A continuación se adjunta una tabla que contiene la descripción y ubicación de los equipos de medida instalados. Se enumeran los tipos de sensores utilizados, su marca, modelo, número de serie, dirección y altura a la que se encuentran.



Estudio de la influencia de la temperatura
y otros parámetros en la medición
de la velocidad del viento



Listado de equipos instalados								
Descripción del equipo	Tipo de sensor	Marca y modelo	Número de serie	Altura de montaje [m]	Offset del sensor	Terminal del registrador	Dirección principal* [°]	Orientación del brazo [°]
Anemómetro principal	Anemómetro de cazoletas	RISØ P2546 A	3639	30	0,201	P1	-	-
Anemómetro de apoyo	Anemómetro de cazoletas	RISØ P2546 A	3640	28,5	0,185	P2	-100	200
Veleta 1	Potenciómetro 10 kΩ	NRG #200P	-	28,5	-20	H7	-280	20
Termómetro		NRG #110S	No disponible	27,5	-40	H4	-	-
Veleta 2	Potenciómetro 10 kΩ	NRG #200P	-	25	-20	H8	-280	20
Anemómetro ultrasónico 3D		RM Young 81000	2338	25	Vel: 0 Dir: -20 Elev: -60 Temp: 220	H5 L5 H6 L6	-100	200
Anemómetro vertical	Anemómetro de hélice	RM Young 27106T	-	15	0	H3-L3	-100	200
Piranómetro		SP LITE (Kipp & Zonen)	072784	3	0	H2-L2	-120	180
Sensor de radiación neta		SP LITE (Kipp & Zonen)	075179	1,5	0	H2-L2	-120	180
Barómetro		Druck RPT410F-3143 (CS115)	1900440	1,5	0	L7	-	-
Datalogger		Campbell CR1000	E1443	1,5	-	-	-	-

*La dirección principal es la diferencia entre la orientación del brazo sobre el que apoya el sensor y la dirección predominante del viento.
Tabla 3.5. Ubicación de los equipos de medida



Estudio de la influencia de la temperatura
y otros parámetros en la medición
de la velocidad del viento



En este gráfico se proporciona una vista aérea del lugar donde se encuentra ubicada la torre de medición.

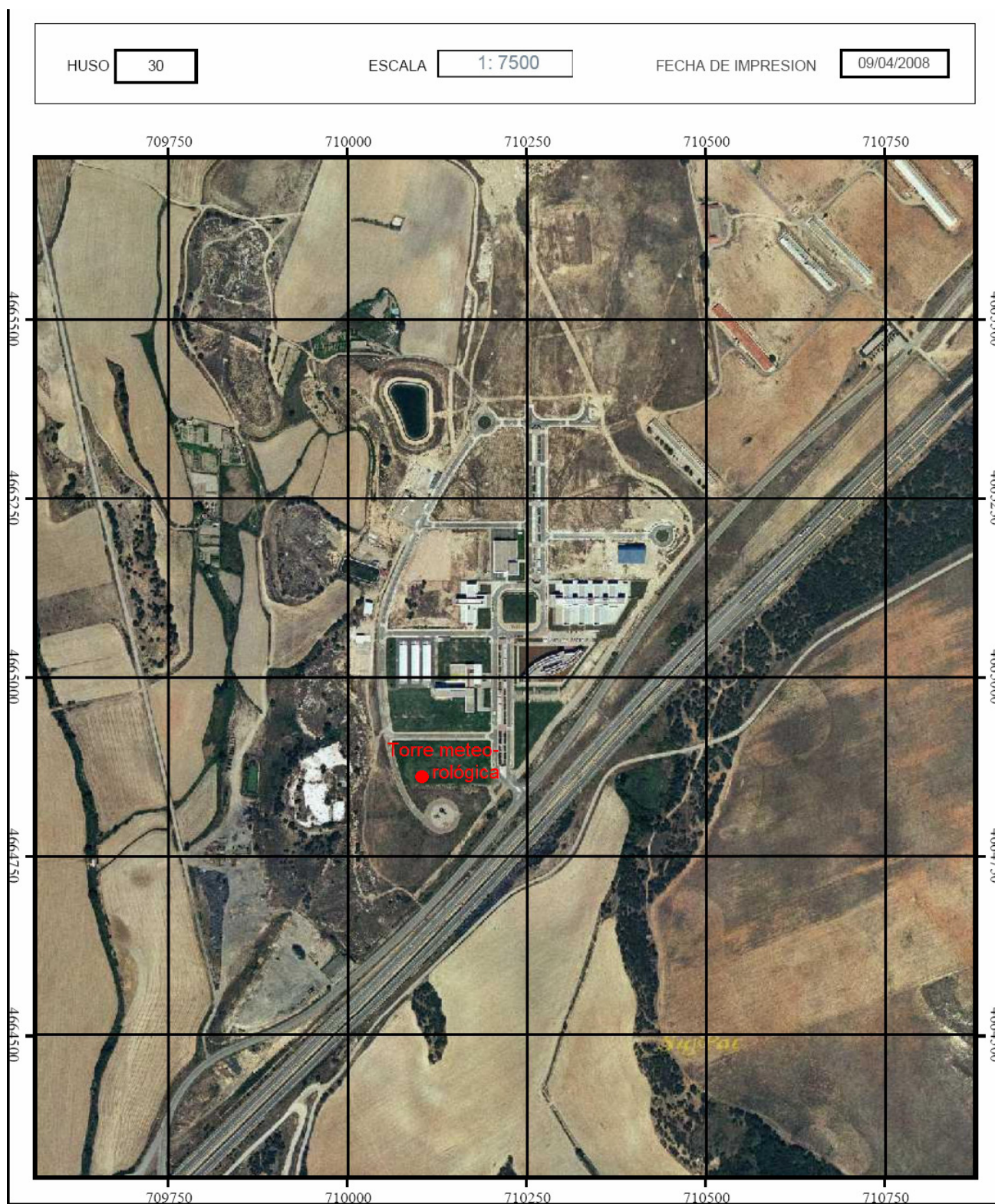


Gráfico 36. Vista aérea de la ubicación de la torre.



Estudio de la influencia de la temperatura y otros parámetros en la medición de la velocidad del viento



De aquí en adelante se adjuntan cuatro imágenes en las que puede observarse la disposición de los sensores en la torre de medida.

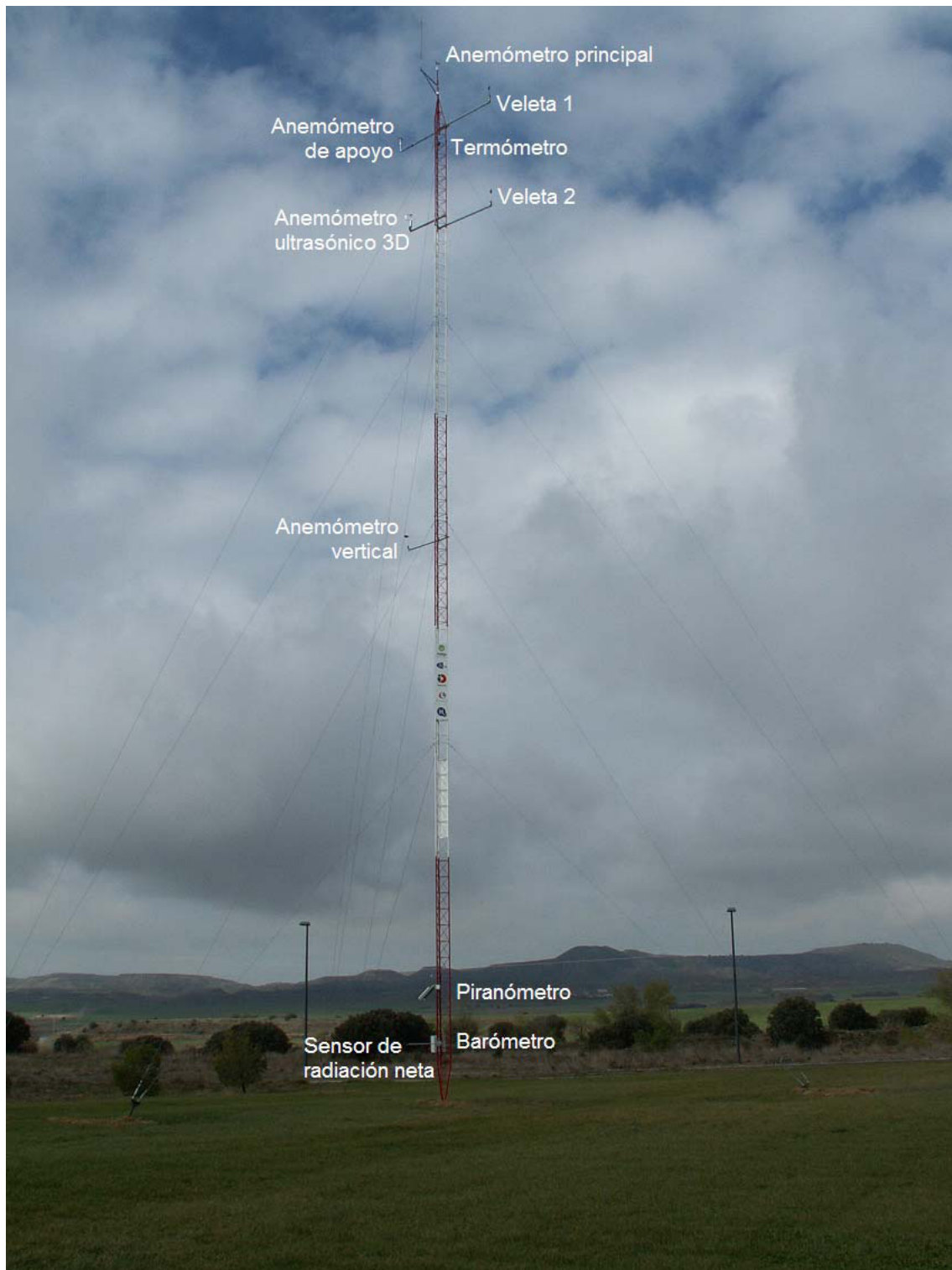


Imagen 37. Vista general de la torre meteorológica



Estudio de la influencia de la temperatura y otros parámetros en la medición de la velocidad del viento

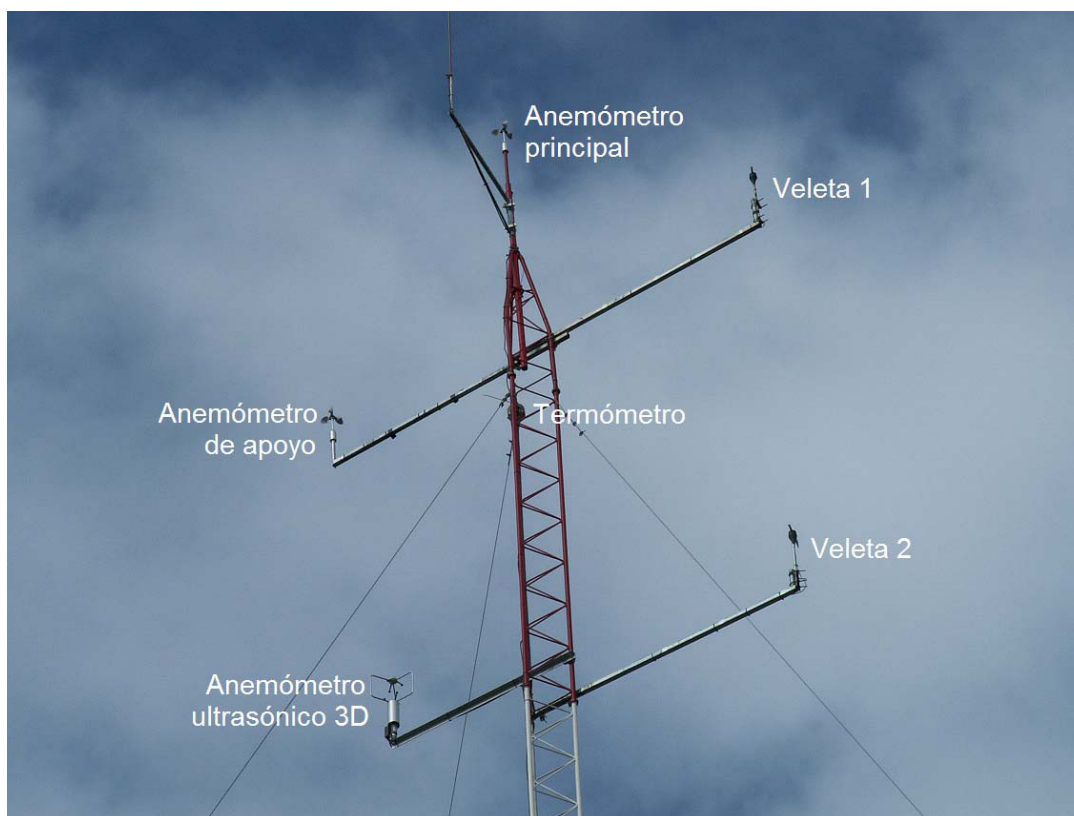


Imagen 38. Tramo superior de la torre meteorológica



Imagen 39. Tramo medio de la torre meteorológica

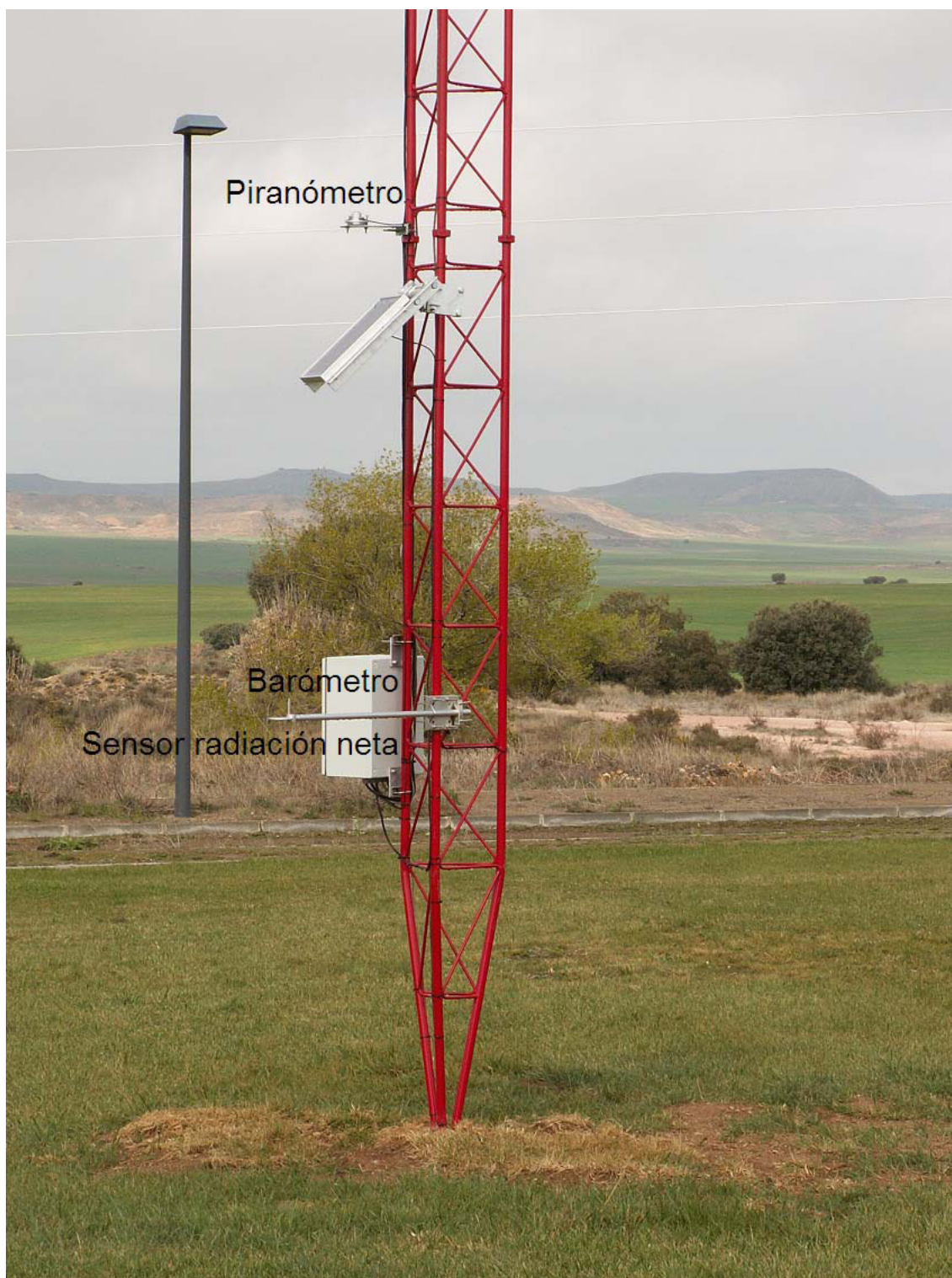


Imagen 40. Tramo inferior de la torre meteorológica



Estudio de la influencia de la temperatura
y otros parámetros en la medición
de la velocidad del viento



ANEXO A.3

MUESTRA DE LOS DATOS REGISTRADOS



Estudio de la influencia de la temperatura y otros parámetros en la medición de la velocidad del viento



A lo largo del presente anexo se han incluido una serie de tablas que reflejan la forma en que han sido descargados los datos de la instalación. Es una pequeña muestra, que no llega ni a un día, pero sirve para hacerse una idea de la cantidad de registros que se han manejado ya que es imposible mostrarlos todos (como se expone en la memoria, se han recogido datos durante un periodo aproximado de dos años, lo que suma más de 60000 datos).

Dia	Hora	Contador	Batería [V]	Anemo Vertical				Radiación Neta			
				Avg	Max	Min	Std	Avg	Max	Min	Std
				m/s	m/s	m/s	m/s	W/m2	W/m2	W/m2	W/m2
13/04/2008	9:50:00	252	12.98	0.156	1.13	-0.688	0.29	298.4	322.9	266.1	10.3
13/04/2008	10:00:00	253	13	-0.01	1.267	-0.993	0.34	310.6	349.3	181.5	29.64
13/04/2008	10:10:00	254	13.03	-0.021	0.81	-0.923	0.304	332.3	373	207.3	24.99
13/04/2008	10:20:00	255	12.93	-0.036	0.807	-0.844	0.287	203.2	394.5	8.21	150.2
13/04/2008	10:30:00	256	13.05	0.002	0.664	-0.688	0.237	365.1	420.7	68.4	58.14
13/04/2008	10:40:00	257	13.13	0.108	2.558	-0.746	0.414	392.6	430.5	284.1	19.2
13/04/2008	10:50:00	258	13.17	-0.051	0.908	-0.847	0.265	421	470.1	381.7	14.88
13/04/2008	11:00:00	259	13.21	0.157	1.371	-0.905	0.408	441.7	494.1	400.6	21.08
13/04/2008	11:10:00	260	13.11	-0.072	0.975	-1.31	0.296	321.4	510.2	27.81	158.3
13/04/2008	11:20:00	261	13.15	-0.064	1.431	-1.103	0.362	372.9	528.9	75.23	179.5
13/04/2008	11:30:00	262	13.27	-0.111	1.94	-1.462	0.457	437.9	545.8	135.2	94.7
13/04/2008	11:40:00	263	13.39	-0.049	1.346	-1.2	0.391	528.6	605.5	350.2	49.01
13/04/2008	11:50:00	264	13.29	0.134	1.157	-0.606	0.334	384.6	568.6	89.8	186.3
13/04/2008	12:00:00	265	13.28	0.247	1.529	-0.582	0.405	348.6	606.2	29.18	210.7
13/04/2008	12:10:00	266	13.54	-0.128	1.401	-1.054	0.383	560.2	640.6	177.8	111
13/04/2008	12:20:00	267	13.02	0.121	1.029	-0.481	0.287	111	362	72.95	61.48
13/04/2008	12:30:00	268	13.38	0.036	1.099	-1.288	0.332	425	629.7	97.1	204.7
13/04/2008	12:40:00	269	13.59	0.218	1.215	-0.764	0.365	488.3	637.4	150.7	163.7
13/04/2008	12:50:00	270	13.63	0.145	1.355	-0.734	0.34	503.6	717.2	223.4	142.3
13/04/2008	13:00:00	271	13.9	0.196	1.468	-0.877	0.39	589.5	693.3	267	66.77
13/04/2008	13:10:00	272	13.47	0.259	1.395	-0.981	0.387	312.8	619.4	121.3	214.8
13/04/2008	13:20:00	273	13.99	0.173	2.366	-1.099	0.497	571.9	711.5	145.7	123
13/04/2008	13:30:00	274	14.09	-0.022	1.361	-1.431	0.457	591.8	688.9	354.5	59.11
13/04/2008	13:40:00	275	14.08	-0.109	1.179	-1.413	0.455	560	631	478.2	29.77
13/04/2008	13:50:00	276	13.5	-0.085	1.029	-1.672	0.429	236.2	615.9	32.6	211.2
13/04/2008	14:00:00	277	13.51	-0.133	0.984	-0.804	0.242	283.7	657	117.9	170.6
13/04/2008	14:10:00	278	13.89	0.138	1.495	-1.042	0.486	409.6	637.1	54.71	211.4
13/04/2008	14:20:00	279	14.07	0.096	1.355	-0.999	0.351	516.9	583.8	450	21.05
13/04/2008	14:30:00	280	14.12	0.028	1.237	-1.227	0.441	515.6	612.5	465	28.84
13/04/2008	14:40:00	281	13.81	-0.016	1.221	-1.087	0.407	357.7	582.6	43.77	183.1
13/04/2008	14:50:00	282	14.02	0.023	1.142	-0.707	0.331	395.6	570.1	101.9	168.7
13/04/2008	15:00:00	283	14.3	0.045	1.94	-1.203	0.399	467.5	583.1	106.5	144.2
13/04/2008	15:10:00	284	13.76	0.159	1.349	-0.634	0.349	328	561.2	21.88	189.6
13/04/2008	15:20:00	285	14	0.018	1.054	-0.835	0.393	376.6	552.6	82.1	166.7
13/04/2008	15:30:00	286	13.91	0.276	1.709	-0.965	0.461	369.5	457.1	182.8	75.49
13/04/2008	15:40:00	287	14.05	0.085	0.929	-0.56	0.297	379.1	435.6	317.3	25.9
13/04/2008	15:50:00	288	13.67	0.045	1.456	-0.877	0.395	218.4	447.2	22.11	139
13/04/2008	16:00:00	289	13.2	0.191	1.374	-0.835	0.36	56.01	94.6	18.24	18.06
13/04/2008	16:10:00	290	13.2	0.107	1.014	-0.63	0.238	114	132	93.5	7.737
13/04/2008	16:20:00	291	13.35	0.072	0.969	-0.798	0.292	206.5	363.8	100.3	78.12
13/04/2008	16:30:00	292	13.42	0.086	1.048	-0.658	0.309	205.6	368	130.9	59.8
13/04/2008	16:40:00	293	13.3	0.106	1.392	-0.524	0.268	140.2	176.9	113.5	14.26
13/04/2008	16:50:00	294	13.49	0.101	1.212	-0.527	0.286	228.4	345.6	102.1	93.2
13/04/2008	17:00:00	295	13.19	0.155	1.368	-0.432	0.23	77.13	127.2	58.82	14.75
13/04/2008	17:10:00	296	13.14	0.078	0.603	-0.466	0.175	87.2	106.2	60.87	13.93
13/04/2008	17:20:00	297	13.08	0.037	1.148	-0.63	0.245	47.52	75.23	33.28	9.83
13/04/2008	17:30:00	298	13.04	-0.013	0.731	-0.582	0.172	26.76	40.58	15.5	7.972
13/04/2008	17:40:00	299	13.01	-0.029	0.353	-0.707	0.171	21.2	33.74	4.104	10.11
13/04/2008	17:50:00	300	12.97	0.12	0.606	-0.268	0.15	-5.333	4.104	-38.76	8.73
13/04/2008	18:00:00	301	12.96	0.243	3.46	-1.812	0.562	-112.6	-35.34	-191.7	36.55

Gráfica 41. Muestra de datos registrados por el anemómetro vertical y el sensor de radiación neta en el datalogger.



Estudio de la influencia de la temperatura y otros parámetros en la medición de la velocidad del viento



En la gráfica 41 se muestra parte de los datos registrados en el día 13 de Abril de 2008, desde las 9:50 h hasta las 18 horas. El contenido de la tabla está organizado de la siguiente manera: en primer lugar se tiene la fecha y la hora a la que han sido registrados los datos. Posteriormente aparece el contador del número de datos junto a la tensión que se genera en la batería (estos datos son comunes para todas las gráficas que se muestran a continuación) y a continuación de esto, se muestran los valores de las variables medidas, que en este caso son la velocidad vertical y la radiación neta.

Para cada una de estas variables se han registrado cuatro datos: la media de los datos en ese periodo de tiempo, los valores máximo y mínimo y, por último, el valor de la desviación típica.



Estudio de la influencia de la temperatura
y otros parámetros en la medición
de la velocidad del viento



Dia	Hora	Contador	Batería [V]	Radiación sol				Temperatura			
				Avg	Max	Min	Std	Avg	Max	Min	Std
				W/m2	W/m2	W/m2	W/m2	°C	°C	°C	°C
13/04/2008	9:50:00	252	12.98	586.3	601.1	570	8.9	11.4	11.61	11.23	0.114
13/04/2008	10:00:00	253	13	605.2	649.8	286.4	52.18	11.73	11.98	11.51	0.145
13/04/2008	10:10:00	254	13.03	635.6	662.5	254.7	47.1	11.95	12.1	11.75	0.113
13/04/2008	10:20:00	255	12.93	426.4	711.6	120.1	239.7	11.95	12.12	11.7	0.106
13/04/2008	10:30:00	256	13.05	682.4	722.7	281.8	74.49	12.04	12.53	11.59	0.308
13/04/2008	10:40:00	257	13.13	732.6	739.7	720.4	4.994	12.49	12.68	12.36	0.081
13/04/2008	10:50:00	258	13.17	769.9	783.2	738.1	11.26	12.77	13.32	12.34	0.356
13/04/2008	11:00:00	259	13.21	803	847	772.4	21.62	13.46	13.58	13.3	0.075
13/04/2008	11:10:00	260	13.11	589.5	933	156.4	272.9	13.36	13.58	12.94	0.185
13/04/2008	11:20:00	261	13.15	695	915	210.1	281.4	13.02	13.32	12.85	0.129
13/04/2008	11:30:00	262	13.27	786.4	965	289.3	155	13.34	13.53	13.06	0.092
13/04/2008	11:40:00	263	13.39	940	1020	584.8	80.9	13.08	13.43	12.91	0.135
13/04/2008	11:50:00	264	13.29	701.7	1004	252	307.6	13.14	13.47	12.94	0.193
13/04/2008	12:00:00	265	13.28	689.7	1055	208.8	349.9	13.16	13.32	12.98	0.103
13/04/2008	12:10:00	266	13.54	978	1101	310.3	210	13.47	13.62	13.26	0.079
13/04/2008	12:20:00	267	13.02	273.4	988	219.3	115.9	13.14	13.49	12.87	0.193
13/04/2008	12:30:00	268	13.38	778.7	1109	237.6	335.3	13.11	13.6	12.75	0.301
13/04/2008	12:40:00	269	13.59	887	1227	376.4	266.6	13.91	14.15	13.58	0.176
13/04/2008	12:50:00	270	13.63	894	1234	417.6	243.2	13.73	14.09	13.53	0.147
13/04/2008	13:00:00	271	13.9	1045	1177	359.3	147.3	14.46	14.95	13.66	0.371
13/04/2008	13:10:00	272	13.47	622.5	1112	304.4	351.4	14.32	14.97	13.98	0.265
13/04/2008	13:20:00	273	13.99	1023	1151	347.5	193.4	14.31	14.62	13.98	0.175
13/04/2008	13:30:00	274	14.09	1039	1111	535.4	82.4	14.45	14.69	14	0.202
13/04/2008	13:40:00	275	14.08	995	1027	969	18.98	14.45	14.6	14.35	0.05
13/04/2008	13:50:00	276	13.5	486.5	1119	202.6	352.2	14.35	14.52	14.07	0.116
13/04/2008	14:00:00	277	13.51	534.1	1138	312.2	290.9	14.36	14.88	14.09	0.198
13/04/2008	14:10:00	278	13.89	767	1098	235.6	340.7	14.72	14.88	14.48	0.11
13/04/2008	14:20:00	279	14.07	940	963	916	16.41	15.2	15.65	14.73	0.278
13/04/2008	14:30:00	280	14.12	938	965	920	16.22	15.47	15.88	14.99	0.241
13/04/2008	14:40:00	281	13.81	668.4	965	216.6	302.3	15.01	15.2	14.71	0.136
13/04/2008	14:50:00	282	14.02	743.3	1014	267.7	294	15.1	15.61	14.71	0.26
13/04/2008	15:00:00	283	14.3	863	1050	306.6	222.6	15.82	16.06	15.59	0.131
13/04/2008	15:10:00	284	13.76	631.3	1012	227.4	302.1	15.55	16.03	15.12	0.327
13/04/2008	15:20:00	285	14	722.5	1010	287.6	283.4	15.6	15.95	15.35	0.161
13/04/2008	15:30:00	286	13.91	759.5	929	289.3	154.2	15.6	15.95	15.39	0.139
13/04/2008	15:40:00	287	14.05	776.5	805	710.1	22.1	15.55	15.76	15.41	0.106
13/04/2008	15:50:00	288	13.67	497.8	858	191.1	245.9	15.7	15.8	15.57	0.048
13/04/2008	16:00:00	289	13.2	201.4	255.9	166.2	25.47	15.4	15.69	15.31	0.097
13/04/2008	16:10:00	290	13.2	276.7	287.3	255.9	9.08	15.35	15.44	15.31	0.027
13/04/2008	16:20:00	291	13.35	436	674.2	257.9	135.2	15.62	15.84	15.42	0.132
13/04/2008	16:30:00	292	13.42	434.6	770.1	307.6	116.4	15.85	16.04	15.72	0.077
13/04/2008	16:40:00	293	13.3	328.2	446.4	294.2	25.58	16.02	16.18	15.88	0.092
13/04/2008	16:50:00	294	13.49	497.5	726.5	272.9	174	16.18	16.35	15.89	0.13
13/04/2008	17:00:00	295	13.19	214.9	283.4	188.5	23.19	15.95	16.27	15.72	0.172
13/04/2008	17:10:00	296	13.14	235.5	277.5	190.5	24.09	15.82	15.88	15.74	0.028
13/04/2008	17:20:00	297	13.08	176.5	225.5	147.3	15.32	15.98	16.1	15.86	0.073
13/04/2008	17:30:00	298	13.04	124.7	150.5	110	14.23	15.92	16.03	15.8	0.053
13/04/2008	17:40:00	299	13.01	93	119.1	59.89	20.11	15.79	15.84	15.74	0.019
13/04/2008	17:50:00	300	12.97	43.89	59.57	36	8.02	15.68	15.78	15.47	0.076
13/04/2008	18:00:00	301	12.96	68.08	144.7	36.98	29.29	15.16	15.51	14.53	0.306

Gráfica 42. Muestra de datos registrados por el termómetro y el sensor de radiación solar en el datalogger.



Estudio de la influencia de la temperatura
y otros parámetros en la medición
de la velocidad del viento



Dia	Hora	Contador	Batería [V]	Anemo Ultrasónico				Dir ultrasonico			
				Avg	Max	Min	Std	Avg	Max	Min	Std
				m/s	m/s	m/s	m/s	°	°	°	°
13/04/2008	9:50:00	252	12.98	2.882	5.166	1.085	0.611	277.5	359.6	0.314	61.4
13/04/2008	10:00:00	253	13	2.482	4.658	1.071	0.695	240	327.9	178.3	25.81
13/04/2008	10:10:00	254	13.03	2.556	4.631	0.908	0.667	225.3	321.6	150.2	39.97
13/04/2008	10:20:00	255	12.93	2.77	3.837	1.878	0.348	217.6	305.6	140	43.03
13/04/2008	10:30:00	256	13.05	2.374	3.62	1.254	0.494	119.1	359.6	0.307	132.8
13/04/2008	10:40:00	257	13.13	2.991	4.814	1.275	0.59	227.1	357.9	1.258	84.9
13/04/2008	10:50:00	258	13.17	2.128	3.498	0.908	0.589	199.2	301.7	60.03	43.3
13/04/2008	11:00:00	259	13.21	2.329	4.176	1.01	0.531	209.5	347	6.677	78.02
13/04/2008	11:10:00	260	13.11	2.446	4.244	0.908	0.722	205.3	356.1	47.17	81
13/04/2008	11:20:00	261	13.15	2.199	4.224	1.078	0.506	271.3	351.6	24.03	40.33
13/04/2008	11:30:00	262	13.27	2.867	5.851	1.329	0.871	262.1	359.9	0.453	113.1
13/04/2008	11:40:00	263	13.39	3.256	5.722	1.424	1.095	244.8	358.7	0.087	83.3
13/04/2008	11:50:00	264	13.29	3.8	6.346	1.79	1.007	249.2	359.7	1.844	48.36
13/04/2008	12:00:00	265	13.28	4.071	5.871	2.298	0.799	235.4	297.3	155.2	27.01
13/04/2008	12:10:00	266	13.54	3.281	5.166	1.627	0.66	287.8	359.1	0.599	31.34
13/04/2008	12:20:00	267	13.02	3.509	4.942	2.02	0.529	292.4	344.3	248.1	16.1
13/04/2008	12:30:00	268	13.38	3.109	4.597	1.41	0.577	279.2	359.9	3.016	27.57
13/04/2008	12:40:00	269	13.59	2.952	4.976	1.485	0.666	271.4	359.6	0.966	57.58
13/04/2008	12:50:00	270	13.63	4.307	6.454	2.447	0.687	258.6	302.8	218.4	17.52
13/04/2008	13:00:00	271	13.9	2.406	4.515	1.383	0.534	220.5	356.4	1.478	70.66
13/04/2008	13:10:00	272	13.47	3.474	5.871	1.708	0.584	275.7	326.4	217.6	19.69
13/04/2008	13:20:00	273	13.99	3.992	5.803	1.803	0.907	236.2	313.2	173.7	38.56
13/04/2008	13:30:00	274	14.09	3.484	6.854	1.458	1.013	178.6	297.6	38.53	29.4
13/04/2008	13:40:00	275	14.08	3.784	5.722	1.831	0.726	166.9	236.9	86.6	31.81
13/04/2008	13:50:00	276	13.5	3.697	5.844	2.007	0.808	171.5	242.9	80.3	35.1
13/04/2008	14:00:00	277	13.51	2.538	6.766	1.132	1.052	151.5	359.6	3.089	47.68
13/04/2008	14:10:00	278	13.89	4.255	7.966	1.756	1.093	212.9	265.7	152.4	20.44
13/04/2008	14:20:00	279	14.07	2.612	5.322	1.078	0.785	194.4	351.9	11.58	46
13/04/2008	14:30:00	280	14.12	4.301	7.986	1.403	1.433	176.1	341.9	59.96	36.15
13/04/2008	14:40:00	281	13.81	3.854	6.922	1.824	0.949	154.3	210.1	102.1	19.51
13/04/2008	14:50:00	282	14.02	2.577	4.949	1.078	0.769	267.9	359.6	1.454	73.59
13/04/2008	15:00:00	283	14.3	3.222	6.942	1.085	1.056	210.1	294.4	22.27	43.45
13/04/2008	15:10:00	284	13.76	4.284	7.071	1.729	1.242	230	297.5	147.3	25.31
13/04/2008	15:20:00	285	14	3.496	6.461	1.498	1.041	226	324.5	133.9	25.72
13/04/2008	15:30:00	286	13.91	5.377	8.49	2.725	1.044	234.5	296.4	182.9	25.06
13/04/2008	15:40:00	287	14.05	4.386	6.325	2.115	0.86	226.7	259.3	170.7	14.06
13/04/2008	15:50:00	288	13.67	3.747	6.712	1.078	1.206	197.1	336.4	75.55	24.64
13/04/2008	16:00:00	289	13.2	3.703	5.864	1.81	0.796	178.9	267.5	127.2	17.97
13/04/2008	16:10:00	290	13.2	3.252	5.146	1.607	0.648	210.6	293.9	167.7	18.96
13/04/2008	16:20:00	291	13.35	2.809	4.386	1.39	0.664	171.6	356.2	56.1	20.89
13/04/2008	16:30:00	292	13.42	2.619	4.359	1.308	0.747	190.5	352.6	10.26	41.08
13/04/2008	16:40:00	293	13.3	2.366	3.871	0.922	0.517	277.5	357.8	6.799	59.23
13/04/2008	16:50:00	294	13.49	2.39	3.769	1.092	0.518	290.4	359.8	1.844	65.7
13/04/2008	17:00:00	295	13.19	2.981	4.542	1.478	0.509	284.7	336.1	121.3	28.9
13/04/2008	17:10:00	296	13.14	2.78	3.986	1.275	0.495	265.5	314.6	206	24.7
13/04/2008	17:20:00	297	13.08	2.074	3.492	1.071	0.42	240.5	347.1	59.81	46.75
13/04/2008	17:30:00	298	13.04	2.634	4.163	1.288	0.535	183.5	223.7	119.3	14.81
13/04/2008	17:40:00	299	13.01	2.513	3.431	1.722	0.344	174.6	221	129.4	17.76
13/04/2008	17:50:00	300	12.97	3.534	5.756	2.203	0.805	218.9	257.7	183	15.51
13/04/2008	18:00:00	301	12.96	6.848	13.91	3.573	1.775	204	274.2	164.1	17.41

Gráfica 43. Muestra de datos registrados por el anemómetro ultrasónico y la veleta 2 en el datalogger (se encuentran apoyados en el mismo brazo).



Estudio de la influencia de la temperatura y otros parámetros en la medición de la velocidad del viento



Dia	Hora	Contador	Batería [v]	Elevación angulo				Temperatura sonico			
				Avg	Max	Min	Std	Avg	Max	Min	Std
				°	°	°	°	K	K	K	K
13/04/2008	9:50:00	252	12.98	9.94	62.56	-24.95	17.26	286.9	288.2	286.1	0.35
13/04/2008	10:00:00	253	13	-1.007	62.55	-54.19	25.32	287	288.4	286.3	0.375
13/04/2008	10:10:00	254	13.03	-0.339	62.55	-57.4	26.33	287	288.1	286.5	0.269
13/04/2008	10:20:00	255	12.93	-0.154	46.2	-56.66	19.01	287	288	286.6	0.204
13/04/2008	10:30:00	256	13.05	0.842	60	-57.41	19.67	287.2	288.1	286.6	0.213
13/04/2008	10:40:00	257	13.13	9.29	62.55	-38.34	22.72	287.6	288.9	286.9	0.353
13/04/2008	10:50:00	258	13.17	-5.183	62.59	-57.79	28.92	287.6	289.6	287	0.409
13/04/2008	11:00:00	259	13.21	7.007	62.6	-57.75	34.84	288.2	290	287.1	0.471
13/04/2008	11:10:00	260	13.11	-5.041	62.55	-57.61	23.65	287.8	289.5	287.3	0.317
13/04/2008	11:20:00	261	13.15	-12.35	62.57	-57.79	27	287.9	289.3	287.4	0.234
13/04/2008	11:30:00	262	13.27	-6.152	62.6	-57.38	26.35	288.1	290.1	287.5	0.31
13/04/2008	11:40:00	263	13.39	-9.42	53.46	-56.11	16.4	288.2	289.7	287.6	0.316
13/04/2008	11:50:00	264	13.29	2.062	46.87	-25.68	12.7	288.3	289.6	287.6	0.363
13/04/2008	12:00:00	265	13.28	6.893	50.06	-21.23	12.56	288.6	290.2	287.7	0.436
13/04/2008	12:10:00	266	13.54	-8.83	47.42	-57.22	15.89	288.4	290.3	287.8	0.361
13/04/2008	12:20:00	267	13.02	0.274	44.12	-33.1	11.38	288.4	289.2	287.8	0.215
13/04/2008	12:30:00	268	13.38	1.663	62.54	-48.25	19.31	288.5	290.2	287.9	0.367
13/04/2008	12:40:00	269	13.59	13.41	62.59	-51.93	22.11	289	290.7	288.2	0.455
13/04/2008	12:50:00	270	13.63	1.031	36.03	-17.84	8.93	288.9	290.3	288.2	0.352
13/04/2008	13:00:00	271	13.9	18.09	62.64	-57.74	31.1	289.6	291.9	288.4	0.561
13/04/2008	13:10:00	272	13.47	10.91	62.59	-37.42	17.3	289.3	291	288.5	0.376
13/04/2008	13:20:00	273	13.99	8.96	62.6	-42.15	19.51	289.3	291.9	288.4	0.669
13/04/2008	13:30:00	274	14.09	5.493	62.59	-51.82	22.34	289.4	291.3	288.7	0.475
13/04/2008	13:40:00	275	14.08	-0.942	58.94	-53.91	16.74	289.4	291	288.7	0.433
13/04/2008	13:50:00	276	13.5	1.773	60.47	-40.43	16.64	289.5	291	288.8	0.373
13/04/2008	14:00:00	277	13.51	-2.893	62.6	-57.74	29.77	289.6	291.3	289	0.392
13/04/2008	14:10:00	278	13.89	6.056	51.23	-34.75	15.47	289.9	291.4	289.1	0.434
13/04/2008	14:20:00	279	14.07	10.78	62.62	-57.38	27.83	290.1	291.6	289.3	0.42
13/04/2008	14:30:00	280	14.12	13.58	62.62	-30.78	20.14	290.5	293.2	289.3	0.776
13/04/2008	14:40:00	281	13.81	1.939	50.47	-49.34	15.76	290.1	291.7	289.3	0.428
13/04/2008	14:50:00	282	14.02	-0.365	62.62	-57.72	25.67	290.2	292.1	289.6	0.361
13/04/2008	15:00:00	283	14.3	7.006	62.62	-42.72	19.98	290.7	292.9	289.7	0.518
13/04/2008	15:10:00	284	13.76	5.944	62.62	-24.64	14.3	290.6	292.2	289.9	0.432
13/04/2008	15:20:00	285	14	2.116	62.55	-41.3	18.85	290.7	292.4	290	0.463
13/04/2008	15:30:00	286	13.91	4.921	54.74	-18.33	10.68	290.8	292.7	290	0.527
13/04/2008	15:40:00	287	14.05	1.018	50.77	-33.25	11.46	290.7	292.5	290	0.426
13/04/2008	15:50:00	288	13.67	5.435	62.57	-57.38	17.04	290.8	292	290.1	0.328
13/04/2008	16:00:00	289	13.2	10.06	51.57	-52.35	16.82	290.8	291.5	290.2	0.253
13/04/2008	16:10:00	290	13.2	8.88	62.54	-26.97	16.62	290.8	291.5	290.2	0.236
13/04/2008	16:20:00	291	13.35	12.98	62.59	-52.53	24.47	290.9	292.1	290.3	0.267
13/04/2008	16:30:00	292	13.42	9.09	62.6	-45.62	27.58	291	292.2	290.4	0.304
13/04/2008	16:40:00	293	13.3	7.432	62.64	-57.36	26.57	291	292.2	290.6	0.235
13/04/2008	16:50:00	294	13.49	7.218	62.62	-52.3	26.64	291.3	292.7	290.8	0.304
13/04/2008	17:00:00	295	13.19	6.113	62.64	-25.94	13.45	291.2	291.9	290.6	0.2
13/04/2008	17:10:00	296	13.14	3.173	38.05	-33.23	10.4	291.2	291.6	290.8	0.149
13/04/2008	17:20:00	297	13.08	10.77	62.57	-50.32	27.69	291.3	292.2	290.8	0.22
13/04/2008	17:30:00	298	13.04	3.218	62.55	-44.05	16.47	291.3	291.6	290.9	0.129
13/04/2008	17:40:00	299	13.01	5.453	49.36	-37.89	14.08	291.3	291.5	290.9	0.116
13/04/2008	17:50:00	300	12.97	6.093	53.31	-21.89	8.77	291.2	291.4	290.6	0.15
13/04/2008	18:00:00	301	12.96	4.71	34.19	-37.79	9.79	290.7	291.4	289.6	0.427

Gráfica 44. Muestra de datos registrados por el sensor ultrasónico 3D en el datalogger (elevación y temperatura).



Estudio de la influencia de la temperatura y otros parámetros en la medición de la velocidad del viento



Dia	Hora	Contador	Batería [v]	Vel principal				Vel apoyo			
				Avg	Max	Min	Std	Avg	Max	Min	Std
				m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s
13/04/2008	9:50:00	252	12.98	1.889	3.969	0.829	0.579	1.873	3.953	0.813	0.581
13/04/2008	10:00:00	253	13	1.585	3.969	0.201	0.669	1.56	3.953	0.185	0.675
13/04/2008	10:10:00	254	13.03	1.627	3.341	0.201	0.675	1.578	3.325	0.185	0.657
13/04/2008	10:20:00	255	12.93	1.788	3.341	0.829	0.438	1.776	2.697	0.813	0.424
13/04/2008	10:30:00	256	13.05	1.327	2.713	0.201	0.465	1.344	2.697	0.185	0.462
13/04/2008	10:40:00	257	13.13	1.988	3.341	0.201	0.616	1.944	3.325	0.185	0.606
13/04/2008	10:50:00	258	13.17	1.169	2.713	0.201	0.594	1.139	2.697	0.185	0.586
13/04/2008	11:00:00	259	13.21	1.32	3.341	0.201	0.629	1.306	3.325	0.185	0.593
13/04/2008	11:10:00	260	13.11	1.379	3.341	0.201	0.706	1.419	3.325	0.185	0.721
13/04/2008	11:20:00	261	13.15	1.227	2.713	0.201	0.51	1.203	2.697	0.185	0.512
13/04/2008	11:30:00	262	13.27	1.923	4.597	0.201	0.855	1.858	3.953	0.185	0.856
13/04/2008	11:40:00	263	13.39	2.272	4.597	0.829	1.025	2.242	4.581	0.185	1.034
13/04/2008	11:50:00	264	13.29	2.81	5.225	0.829	0.993	2.736	5.209	0.185	1.024
13/04/2008	12:00:00	265	13.28	3.134	5.225	0.829	0.823	3.082	5.837	0.813	0.827
13/04/2008	12:10:00	266	13.54	2.305	4.597	0.829	0.655	2.268	4.581	0.813	0.664
13/04/2008	12:20:00	267	13.02	2.547	3.969	1.457	0.521	2.489	3.953	0.813	0.538
13/04/2008	12:30:00	268	13.38	2.097	3.341	0.829	0.605	2.119	3.325	0.813	0.576
13/04/2008	12:40:00	269	13.59	1.956	3.969	0.829	0.675	1.945	3.953	0.813	0.677
13/04/2008	12:50:00	270	13.63	3.263	5.225	1.457	0.686	3.243	5.209	1.441	0.7
13/04/2008	13:00:00	271	13.9	1.434	3.341	0.201	0.534	1.417	3.325	0.185	0.509
13/04/2008	13:10:00	272	13.47	2.456	4.597	1.457	0.57	2.445	3.953	0.813	0.609
13/04/2008	13:20:00	273	13.99	3.033	5.225	0.829	0.892	2.958	4.581	0.813	0.924
13/04/2008	13:30:00	274	14.09	2.43	5.853	0.201	1.087	2.407	5.209	0.185	1.045
13/04/2008	13:40:00	275	14.08	2.749	4.597	0.829	0.734	2.71	3.953	0.813	0.734
13/04/2008	13:50:00	276	13.5	2.734	4.597	0.829	0.794	2.673	4.581	0.813	0.764
13/04/2008	14:00:00	277	13.51	1.526	5.853	0.201	1.021	1.522	5.837	0.185	1.014
13/04/2008	14:10:00	278	13.89	3.227	5.853	0.829	1.054	3.161	5.837	0.813	1.053
13/04/2008	14:20:00	279	14.07	1.7	3.341	0.201	0.67	1.628	3.953	0.185	0.715
13/04/2008	14:30:00	280	14.12	3.299	6.481	0.201	1.372	3.246	6.465	0.185	1.363
13/04/2008	14:40:00	281	13.81	2.879	4.597	0.829	0.901	2.823	5.209	0.813	0.902
13/04/2008	14:50:00	282	14.02	1.504	3.969	0.201	0.76	1.507	3.953	0.185	0.765
13/04/2008	15:00:00	283	14.3	2.242	5.225	0.201	0.921	2.212	5.209	0.185	0.946
13/04/2008	15:10:00	284	13.76	3.193	6.481	0.829	1.202	3.182	5.837	0.813	1.213
13/04/2008	15:20:00	285	14	2.588	5.225	0.829	0.989	2.536	5.209	0.813	0.984
13/04/2008	15:30:00	286	13.91	4.38	7.737	1.457	1.039	4.314	7.721	1.441	1.027
13/04/2008	15:40:00	287	14.05	3.338	4.597	1.457	0.826	3.298	5.209	1.441	0.829
13/04/2008	15:50:00	288	13.67	2.773	5.853	0.201	1.123	2.729	5.837	0.185	1.123
13/04/2008	16:00:00	289	13.2	2.727	4.597	0.829	0.848	2.658	5.209	0.813	0.852
13/04/2008	16:10:00	290	13.2	2.292	4.597	0.829	0.665	2.255	4.581	0.813	0.65
13/04/2008	16:20:00	291	13.35	1.895	3.341	0.201	0.719	1.859	3.325	0.185	0.683
13/04/2008	16:30:00	292	13.42	1.632	3.969	0.201	0.784	1.638	3.325	0.185	0.772
13/04/2008	16:40:00	293	13.3	1.338	2.713	0.201	0.509	1.361	2.697	0.185	0.536
13/04/2008	16:50:00	294	13.49	1.362	3.341	0.201	0.572	1.348	3.325	0.185	0.579
13/04/2008	17:00:00	295	13.19	1.985	2.713	0.201	0.527	1.972	3.325	0.185	0.547
13/04/2008	17:10:00	296	13.14	1.816	3.341	0.829	0.511	1.805	2.697	0.813	0.51
13/04/2008	17:20:00	297	13.08	1.148	2.713	0.201	0.485	1.123	2.697	0.185	0.46
13/04/2008	17:30:00	298	13.04	1.714	3.341	0.829	0.595	1.669	3.325	0.813	0.586
13/04/2008	17:40:00	299	13.01	1.576	2.713	0.829	0.434	1.541	2.697	0.813	0.419
13/04/2008	17:50:00	300	12.97	2.571	5.225	0.829	0.814	2.522	4.581	0.813	0.825
13/04/2008	18:00:00	301	12.96	5.942	12.13	2.713	1.776	5.765	12.75	2.697	1.722

Gráfica 45. Muestra de datos registrados por el anemómetro principal y el anemómetro de apoyo en el datalogger.

En esta gráfica podemos observar algunos de los valores registrados por el anemómetro principal (que se encuentra en la parte más alta de la torre meteorológica) y el anemómetro de apoyo. Podemos comprobar la gran proximidad de los datos tomados por cada uno de estos dos sensores.



Estudio de la influencia de la temperatura y otros parámetros en la medición de la velocidad del viento



Dia	Hora	Contador	Batería [V]	Dir 1				Presión			
				Avg	Max	Min	Std	Avg	Max	Min	Std
				°	°	°	°	mbar	mbar	mbar	mbar
13/04/2008	9:50:00	252	12.98	277.8	353.4	201	40.56	967	967	967	0.03
13/04/2008	10:00:00	253	13	229.4	268.4	188.4	18.08	967	967	967	0.022
13/04/2008	10:10:00	254	13.03	213.7	269.7	130.8	34.76	967	967	967	0.021
13/04/2008	10:20:00	255	12.93	209.8	305.7	133.5	42.08	967	967	967	0.019
13/04/2008	10:30:00	256	13.05	133.4	357.6	0.029	145.5	967	967	967	0.037
13/04/2008	10:40:00	257	13.13	239.3	359.9	2.124	68.18	967	967	967	0.048
13/04/2008	10:50:00	258	13.17	189.4	233	129.1	28.96	967	967	967	0.02
13/04/2008	11:00:00	259	13.21	198	345.6	1.612	73.16	967	967	967	0.026
13/04/2008	11:10:00	260	13.11	182.5	297.5	57.7	74.94	967	967	967	0.026
13/04/2008	11:20:00	261	13.15	253.6	322.2	168.7	24.32	967	967	967	0.048
13/04/2008	11:30:00	262	13.27	273.8	359.7	1.32	89.9	967	967	967	0.033
13/04/2008	11:40:00	263	13.39	267	336.7	210.4	31.51	967	967	967	0.031
13/04/2008	11:50:00	264	13.29	245.8	336.7	193.1	33.57	967	967	967	0.023
13/04/2008	12:00:00	265	13.28	226	296.5	157.5	24.79	967	967	967	0.025
13/04/2008	12:10:00	266	13.54	279.6	327.6	223.8	23.98	967	967	966	0.053
13/04/2008	12:20:00	267	13.02	283.1	345.9	234	17.81	966	966	966	0.024
13/04/2008	12:30:00	268	13.38	270.1	337.1	223.5	21.64	966	966	966	0.059
13/04/2008	12:40:00	269	13.59	266	357.9	27.42	43.45	966	966	966	0.043
13/04/2008	12:50:00	270	13.63	249.2	285.1	211.2	17.13	966	966	966	0.025
13/04/2008	13:00:00	271	13.9	215.8	340.5	27.76	59.01	966	966	966	0.054
13/04/2008	13:10:00	272	13.47	265.7	311.5	199	19.1	966	966	966	0.043
13/04/2008	13:20:00	273	13.99	226.4	295	159.4	37.53	966	966	966	0.025
13/04/2008	13:30:00	274	14.09	168.5	251.1	108.5	25.71	966	966	965	0.056
13/04/2008	13:40:00	275	14.08	160.8	210.8	68.06	32.81	966	966	965	0.029
13/04/2008	13:50:00	276	13.5	162	223.5	83.2	35.08	965	966	965	0.021
13/04/2008	14:00:00	277	13.51	135.4	223.8	84.8	38.2	965	966	965	0.048
13/04/2008	14:10:00	278	13.89	204.1	262.2	146.9	18.42	965	965	965	0.071
13/04/2008	14:20:00	279	14.07	196.6	304.4	137.5	34.92	965	965	965	0.043
13/04/2008	14:30:00	280	14.12	166.6	283.3	54.7	35.49	965	965	965	0.06
13/04/2008	14:40:00	281	13.81	142.5	182.2	81.7	17.98	965	965	965	0.026
13/04/2008	14:50:00	282	14.02	266.7	354.5	8.02	62.91	965	965	965	0.053
13/04/2008	15:00:00	283	14.3	204.2	274.5	112.4	35.46	965	965	964	0.039
13/04/2008	15:10:00	284	13.76	221.9	267.5	153.8	21.9	965	965	964	0.029
13/04/2008	15:20:00	285	14	218.9	291.7	144.9	20.59	965	965	964	0.057
13/04/2008	15:30:00	286	13.91	225.3	282.5	177.8	24.08	964	964	964	0.041
13/04/2008	15:40:00	287	14.05	217.5	281.7	170.7	13.77	964	964	964	0.077
13/04/2008	15:50:00	288	13.67	187.9	230.3	123.9	17.72	964	964	964	0.04
13/04/2008	16:00:00	289	13.2	170.2	224.9	134.1	17.31	964	964	964	0.072
13/04/2008	16:10:00	290	13.2	202.8	246.7	158.7	18.97	964	964	964	0.029
13/04/2008	16:20:00	291	13.35	166.2	238.2	130.6	18.25	964	964	963	0.048
13/04/2008	16:30:00	292	13.42	189.8	291	130.4	31.72	963	964	963	0.032
13/04/2008	16:40:00	293	13.3	268.3	320.5	162.8	36.78	963	963	963	0.037
13/04/2008	16:50:00	294	13.49	282.8	360	0.077	68.67	963	963	963	0.023
13/04/2008	17:00:00	295	13.19	276.3	329.8	230.3	26.95	963	963	963	0.019
13/04/2008	17:10:00	296	13.14	254.9	293.5	207.8	21.68	963	963	963	0.07
13/04/2008	17:20:00	297	13.08	224.1	308.8	141.6	41.76	963	963	963	0.043
13/04/2008	17:30:00	298	13.04	173.6	199.4	120.1	13.17	963	963	963	0.06
13/04/2008	17:40:00	299	13.01	164.3	196.1	128.5	16.38	963	963	963	0.03
13/04/2008	17:50:00	300	12.97	209.8	246.2	174.3	14.4	963	963	963	0.099
13/04/2008	18:00:00	301	12.96	195.6	280.9	132	18.32	963	964	963	0.079

Gráfica 46. Muestra de datos registrados por la veleta 1 y el barómetro en el datalogger.

En la gráfica 46 se muestran algunos de los valores registrados por la veleta 1 (que se encuentra en mismo brazo que el anemómetro de apoyo en la torre meteorológica) y barómetro (que está situado en la parte baja de la torre meteorológica). Podemos comprobar la poca variación que hay de presión en el emplazamiento.



Estudio de la influencia de la temperatura y otros parámetros en la medición de la velocidad del viento



Dia	Hora	Contador	Batería [v]	Dir 2				NueTemperatura			
				Avg	Max	Min	Std	Avg	Max	Min	Std
				°	°	°	°	°	°	°	°
13/04/2008	9:50:00	252	12.98	282.2	346.8	195.1	39.44	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99
13/04/2008	10:00:00	253	13	229.4	273.3	189.1	16.72	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99
13/04/2008	10:10:00	254	13.03	216.9	284.5	149.6	29.51	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99
13/04/2008	10:20:00	255	12.93	215.1	294.9	146.6	41.09	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99
13/04/2008	10:30:00	256	13.05	131.9	357.9	0.005	142.3	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99
13/04/2008	10:40:00	257	13.13	233.7	355.5	2.416	75.6	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99
13/04/2008	10:50:00	258	13.17	194	237.2	107.2	26.78	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99
13/04/2008	11:00:00	259	13.21	205.6	352.4	1.32	74.2	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99
13/04/2008	11:10:00	260	13.11	190.3	295.4	62.06	71.44	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99
13/04/2008	11:20:00	261	13.15	261	336.7	134.9	27.25	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99
13/04/2008	11:30:00	262	13.27	273.6	359.9	0.102	95.5	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99
13/04/2008	11:40:00	263	13.39	268.5	340.1	23.05	31.86	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99
13/04/2008	11:50:00	264	13.29	250.4	340.1	23.08	34.68	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99
13/04/2008	12:00:00	265	13.28	230.8	289.7	143.2	26.27	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99
13/04/2008	12:10:00	266	13.54	283.5	339.8	200.4	25.15	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99
13/04/2008	12:20:00	267	13.02	287.5	332.4	245.5	16.32	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99
13/04/2008	12:30:00	268	13.38	275.3	330.2	231.2	21.39	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99
13/04/2008	12:40:00	269	13.59	275.8	348.2	4.926	39.3	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99
13/04/2008	12:50:00	270	13.63	253.5	287.6	212.7	17.02	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99
13/04/2008	13:00:00	271	13.9	223.6	352.2	132.2	55.55	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99
13/04/2008	13:10:00	272	13.47	271.2	328.1	214.5	18.67	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99
13/04/2008	13:20:00	273	13.99	231.8	311	172.4	37.11	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99
13/04/2008	13:30:00	274	14.09	176.1	224.8	105.6	26.24	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99
13/04/2008	13:40:00	275	14.08	163.2	220	51.78	33.77	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99
13/04/2008	13:50:00	276	13.5	167.4	232.7	72.2	36.78	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99
13/04/2008	14:00:00	277	13.51	142.4	239.8	102	33.77	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99
13/04/2008	14:10:00	278	13.89	210.2	250.3	149.7	18.52	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99
13/04/2008	14:20:00	279	14.07	199.9	313.7	124.6	36.33	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99
13/04/2008	14:30:00	280	14.12	172.7	341	27.66	41.26	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99
13/04/2008	14:40:00	281	13.81	150.3	197.7	110	18.95	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99
13/04/2008	14:50:00	282	14.02	266.4	338.6	119.8	64.01	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99
13/04/2008	15:00:00	283	14.3	212.4	281	131.2	33.95	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99
13/04/2008	15:10:00	284	13.76	227.7	269.4	165.4	21.87	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99
13/04/2008	15:20:00	285	14	221.5	292.2	167.6	23.24	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99
13/04/2008	15:30:00	286	13.91	229.5	294.5	176.9	24.52	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99
13/04/2008	15:40:00	287	14.05	222.4	282.7	166.5	13.54	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99
13/04/2008	15:50:00	288	13.67	195.1	233.5	138	15.83	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99
13/04/2008	16:00:00	289	13.2	174.7	235.3	136.3	17.74	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99
13/04/2008	16:10:00	290	13.2	208.3	252.5	169.9	18.31	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99
13/04/2008	16:20:00	291	13.35	173.8	244.1	122.4	18.94	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99
13/04/2008	16:30:00	292	13.42	195.3	281.2	134.6	32.53	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99
13/04/2008	16:40:00	293	13.3	278.1	308.5	184.9	33.09	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99
13/04/2008	16:50:00	294	13.49	300.9	353.8	23.93	31.37	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99
13/04/2008	17:00:00	295	13.19	279.9	326.2	189	29.35	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99
13/04/2008	17:10:00	296	13.14	259.5	295.9	216.4	22.08	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99
13/04/2008	17:20:00	297	13.08	236.9	289.7	157.6	35.12	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99
13/04/2008	17:30:00	298	13.04	179.6	211.2	140.5	12.1	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99
13/04/2008	17:40:00	299	13.01	167.7	213.6	130.8	17.52	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99
13/04/2008	17:50:00	300	12.97	215.9	251.2	180.6	13.75	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99
13/04/2008	18:00:00	301	12.96	200.2	273.8	140.7	17.93	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99

Gráfica 47. Muestra de datos registrados por la veleta 2 y un nuevo termómetro en el datalogger.

Aquí pueden verse algunos de los valores registrados por la veleta 2 y un nuevo termómetro que se instaló en la torre cuyos registros han sido rellenados con el valor -9999.99 gracias al programa de rellenado citado en la memoria. Este último sensor se utilizó para medir la temperatura durante un breve periodo que no llegó al año, por lo que estos registros no han sido relevantes a la hora de realizar el análisis (en su lugar se han utilizado los valores dados por el termómetro principal).



Estudio de la influencia de la temperatura
y otros parámetros en la medición
de la velocidad del viento



Dia	Hora	Contador	Batería [v]	NueHumRelat				Rel sónico/ppal
				Avg	Max	Min	Std	
				%	%	%	%	
13/04/2008	9:50:00	252	12.98	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99	1.526
13/04/2008	10:00:00	253	13	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99	1.566
13/04/2008	10:10:00	254	13.03	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99	1.571
13/04/2008	10:20:00	255	12.93	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99	1.549
13/04/2008	10:30:00	256	13.05	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99	1.789
13/04/2008	10:40:00	257	13.13	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99	1.505
13/04/2008	10:50:00	258	13.17	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99	1.820
13/04/2008	11:00:00	259	13.21	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99	1.764
13/04/2008	11:10:00	260	13.11	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99	1.774
13/04/2008	11:20:00	261	13.15	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99	1.792
13/04/2008	11:30:00	262	13.27	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99	1.491
13/04/2008	11:40:00	263	13.39	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99	1.433
13/04/2008	11:50:00	264	13.29	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99	1.352
13/04/2008	12:00:00	265	13.28	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99	1.299
13/04/2008	12:10:00	266	13.54	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99	1.423
13/04/2008	12:20:00	267	13.02	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99	1.378
13/04/2008	12:30:00	268	13.38	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99	1.483
13/04/2008	12:40:00	269	13.59	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99	1.509
13/04/2008	12:50:00	270	13.63	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99	1.320
13/04/2008	13:00:00	271	13.9	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99	1.678
13/04/2008	13:10:00	272	13.47	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99	1.414
13/04/2008	13:20:00	273	13.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99	1.316
13/04/2008	13:30:00	274	14.09	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99	1.434
13/04/2008	13:40:00	275	14.08	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99	1.377
13/04/2008	13:50:00	276	13.5	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99	1.352
13/04/2008	14:00:00	277	13.51	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99	1.663
13/04/2008	14:10:00	278	13.89	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99	1.319
13/04/2008	14:20:00	279	14.07	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99	1.536
13/04/2008	14:30:00	280	14.12	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99	1.304
13/04/2008	14:40:00	281	13.81	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99	1.339
13/04/2008	14:50:00	282	14.02	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99	1.713
13/04/2008	15:00:00	283	14.3	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99	1.437
13/04/2008	15:10:00	284	13.76	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99	1.342
13/04/2008	15:20:00	285	14	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99	1.351
13/04/2008	15:30:00	286	13.91	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99	1.228
13/04/2008	15:40:00	287	14.05	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99	1.314
13/04/2008	15:50:00	288	13.67	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99	1.351
13/04/2008	16:00:00	289	13.2	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99	1.358
13/04/2008	16:10:00	290	13.2	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99	1.419
13/04/2008	16:20:00	291	13.35	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99	1.482
13/04/2008	16:30:00	292	13.42	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99	1.605
13/04/2008	16:40:00	293	13.3	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99	1.768
13/04/2008	16:50:00	294	13.49	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99	1.755
13/04/2008	17:00:00	295	13.19	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99	1.502
13/04/2008	17:10:00	296	13.14	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99	1.531
13/04/2008	17:20:00	297	13.08	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99	1.807
13/04/2008	17:30:00	298	13.04	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99	1.537
13/04/2008	17:40:00	299	13.01	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99	1.595
13/04/2008	17:50:00	300	12.97	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99	1.375
13/04/2008	18:00:00	301	12.96	-9999.99	-9999.99	-9999.99	-9999.99	1.152

Gráfica 48. Muestra de datos registrados por el sensor de humedad relativa en el datalogger y valor de la relación de velocidades del anemómetro sónico entre el principal.



Estudio de la influencia de la temperatura y otros parámetros en la medición de la velocidad del viento



En esta última gráfica se adjuntan algunos de los valores registrados por el sensor de humedad relativa que se instaló en la torre cuyos registros han sido rellenados con el valor -9999.99 gracias al programa de rellenado citado anteriormente.

Sus valores, al igual que los del nuevo termómetro, solo se midieron durante un breve periodo de tiempo, por lo que a tener tan pocos registros hubo que rellenarlos con el programa informático y no se han podido considerar.



ANEXO A.4

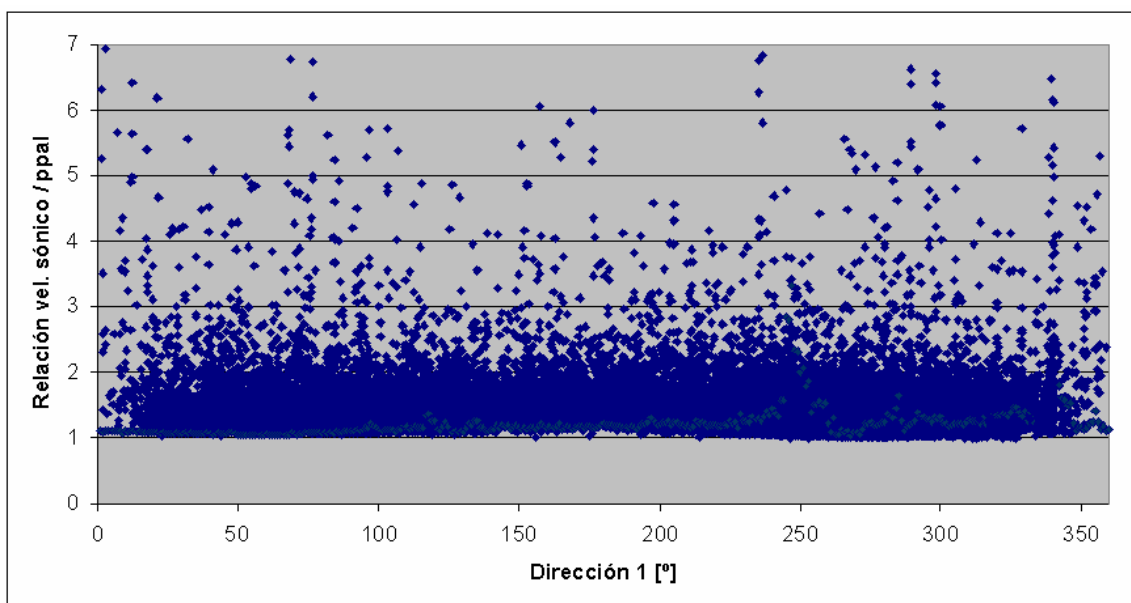
GRÁFICAS SOBRE LAS RELACIONES ENTRE LAS DIFERENTES VARIABLES



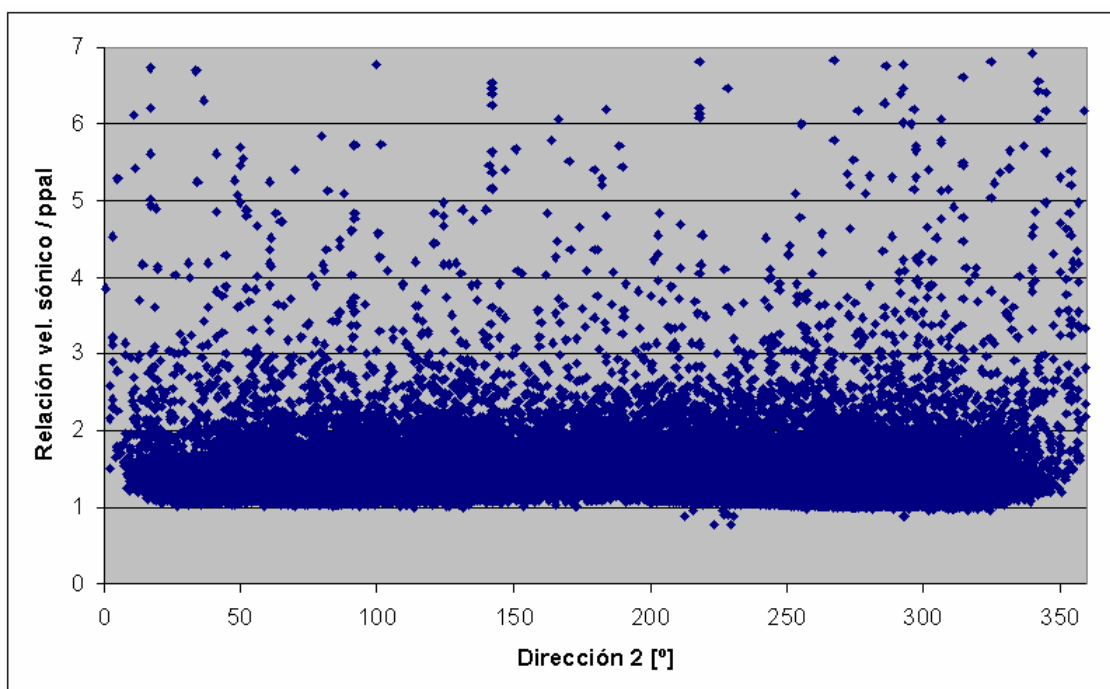
Estudio de la influencia de la temperatura y otros parámetros en la medición de la velocidad del viento



En este cuarto anexo se adjuntan las gráficas que han sido utilizadas en el análisis para determinar la influencia de cada una de las variables sobre la relación de velocidades (velocidad sónica dividida entre la velocidad principal).



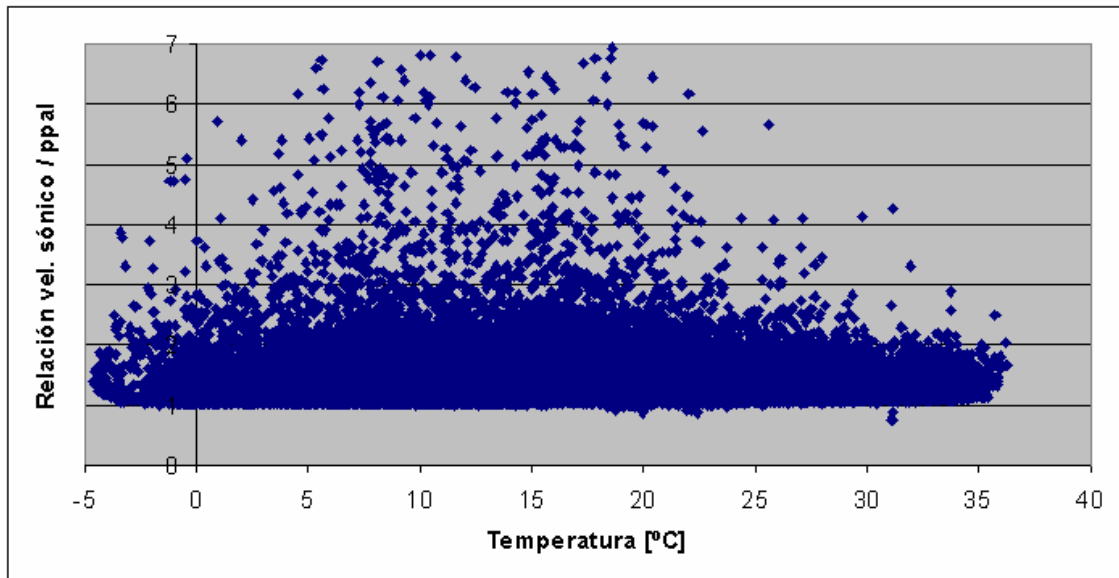
Gráfica 49. Dirección 1 frente a la relación de la velocidad sónica dividida entre la velocidad principal.



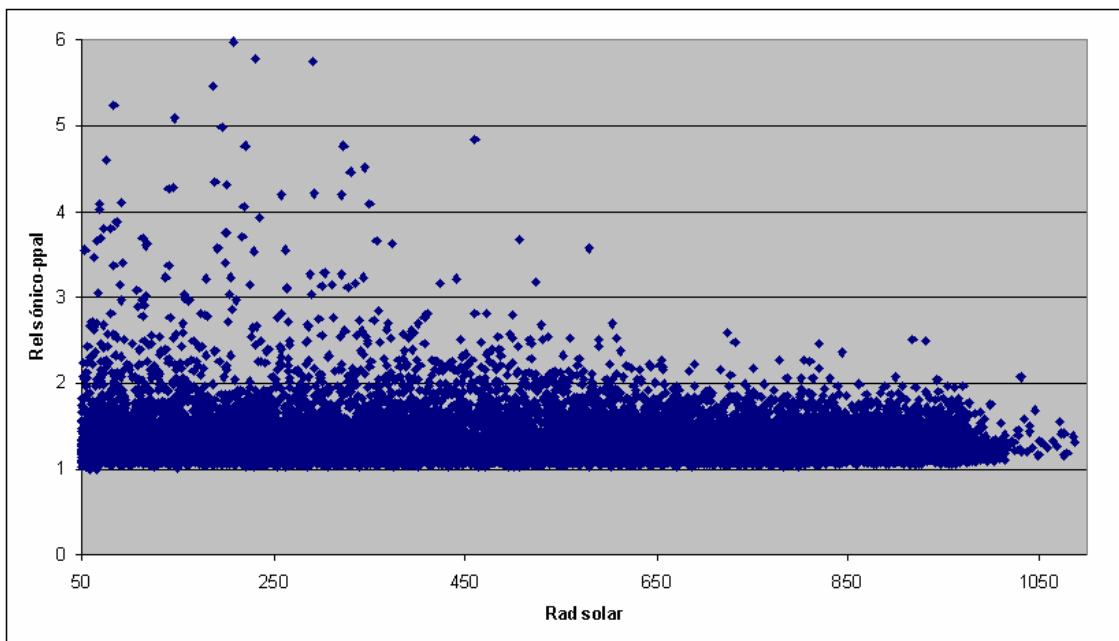
Gráfica 50. Dirección 2 frente a la relación de velocidad sónica dividida entre la velocidad principal.



Estudio de la influencia de la temperatura
y otros parámetros en la medición
de la velocidad del viento



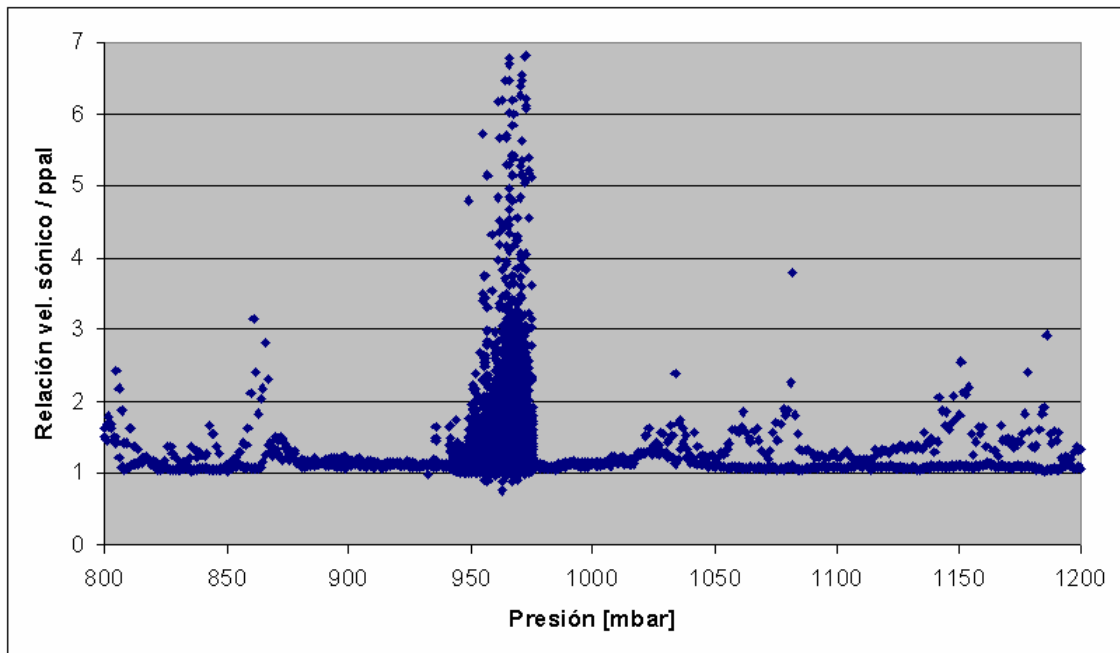
Gráfica 51. Temperatura frente a la relación de velocidad sónica dividida entre la velocidad principal.



Gráfica 52. Radiación solar [W/m^2] frente a la relación de velocidad sónica dividida entre la velocidad principal.



Estudio de la influencia de la temperatura
y otros parámetros en la medición
de la velocidad del viento



Gráfica 53. Presión frente a la relación de velocidad sónica dividida entre la velocidad principal.



Estudio de la influencia de la temperatura
y otros parámetros en la medición
de la velocidad del viento

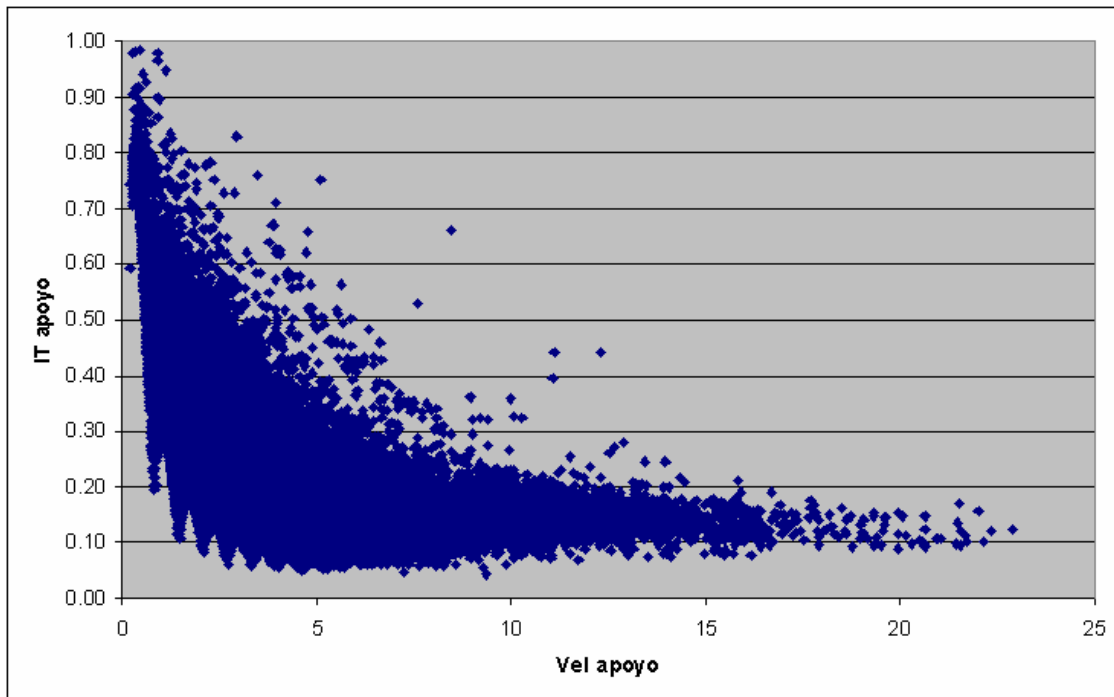


ANEXO A.5

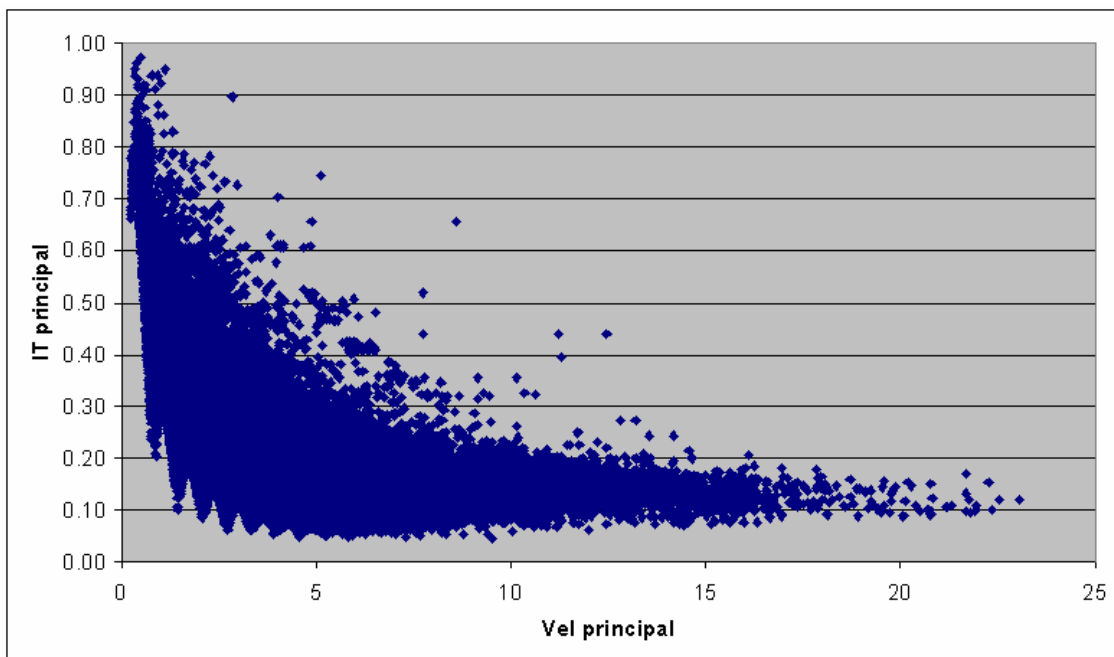
INTENSIDADES DE TURBULENCIA



Estudio de la influencia de la temperatura
y otros parámetros en la medición
de la velocidad del viento



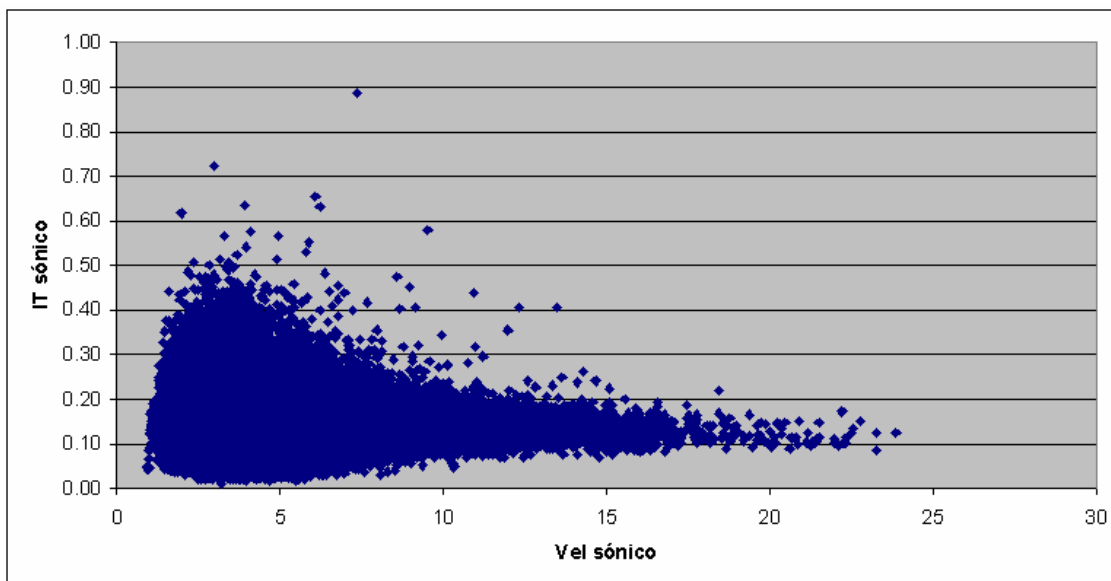
Gráfica 54. Intensidad de turbulencia respecto a la velocidad de apoyo [m/s].



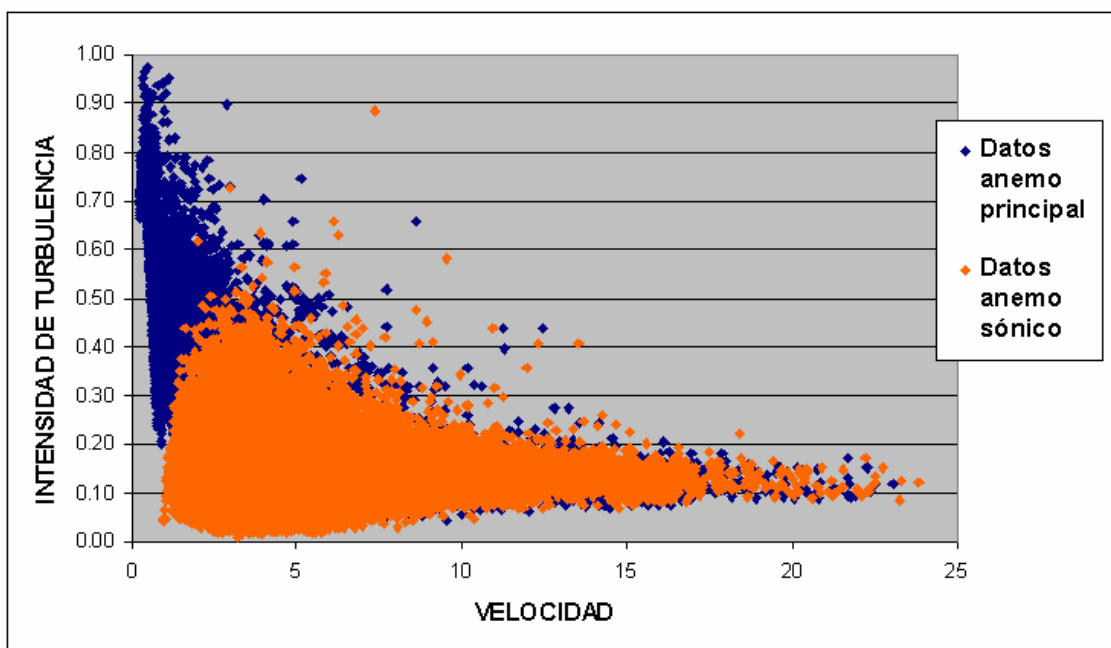
Gráfica 55. Intensidad de turbulencia respecto a la velocidad principal [m/s].



Estudio de la influencia de la temperatura
y otros parámetros en la medición
de la velocidad del viento



Gráfica 56. Intensidad de turbulencia respecto a la velocidad sónica [m/s].



Gráfica 57. Representación de las intensidades de turbulencia sónica y principal
respecto a la velocidad sónica [m/s].



ANEXO A.6

TABLAS DE LAS DESVIACIONES PORCENTUALES



Estudio de la influencia de la temperatura y otros parámetros en la medición de la velocidad del viento



En este anexo se van a presentar los resultados obtenidos en el análisis de las desviaciones porcentuales.

Para poder observar de una manera más clara e intuitiva la diferencia de medidas que hay entre el promedio de la velocidad sónica para cada tramo de temperaturas y el promedio de la misma para todas las temperaturas registradas, se presentan dos tablas. La primera hace referencia a los tramos de temperaturas menores de 12 °C, las mayores de 12 °C - menores de 21 °C y por último las mayores de 21 °C (tramos definidos para realizar el primer análisis). La segunda, refleja los tramos de temperatura menores de 8,5 °C, las mayores de 8,5 °C - menores de 25 °C y por último las mayores de 25 °C (tramos obtenidos para la realización del segundo análisis).

El procedimiento para obtener estas tablas está reflejado en el apartado 5.4 ‘Resultados de las desviaciones porcentuales’. Aquí se presentan simplemente los valores a los que se hace referencia en el mismo.

- DESVIACIONES PORCENTUALES 12 °C-21 °C

Vel.PPAL	Vel.SÓNICA			
	Todas Tª	<12°C	12-21°C	>21°C
0	1.40	-3.6%	3.1%	7.4%
1	2.07	-3.9%	1.6%	5.4%
2	2.95	-3.7%	-0.2%	4.0%
3	3.91	-2.7%	-0.6%	2.6%
4	4.87	-2.5%	-0.3%	1.9%
5	5.82	-2.4%	-0.4%	1.7%
6	6.82	-2.0%	-0.4%	1.4%
7	7.80	-1.3%	-0.3%	1.3%
8	8.79	-1.1%	-0.4%	1.5%
9	9.75	-0.9%	0.1%	1.3%
10	10.75	-0.6%	0.1%	1.2%
11	11.66	-0.6%	0.4%	1.0%
12	12.60	-0.3%	0.1%	0.8%
13	13.61	-0.2%	0.2%	0.7%
14	14.54	0.1%	0.3%	-2.4%
15	15.50	0.1%	-0.3%	1.5%
16	16.42	-0.3%	0.3%	0.7%
17	17.36	-0.3%	0.7%	-0.6%
18	18.54	0.0%	0.0%	-
19	19.58	-0.3%	1.0%	-
20	20.44	0.0%	0.0%	-
21	21.42	0.2%	-0.6%	-
22	22.43	0.5%	-0.6%	-1.0%
23	23.56	0.0%	-	-

Tabla 58. Diferencia porcentual entre la velocidad sónica con todos los datos y aplicando un determinado rango de temperatura.



Estudio de la influencia de la temperatura
y otros parámetros en la medición
de la velocidad del viento



- DESVIACIONES PORCENTUALES 8,5 °C-25 °C

Bin Vel.PPAL	Vel.SÓNICA			
	Todas Tª	<8.5°C	8.5-25°C	>25°C
0	1.40	-4.6%	2.2%	6.1%
1	2.07	-4.4%	1.0%	6.4%
2	2.95	-4.4%	0.0%	5.0%
3	3.91	-3.5%	-0.2%	3.2%
4	4.87	-3.0%	-0.2%	2.5%
5	5.82	-3.1%	-0.2%	2.3%
6	6.82	-2.8%	-0.2%	1.9%
7	7.80	-1.7%	-0.2%	1.6%
8	8.79	-1.4%	-0.1%	1.7%
9	9.75	-1.2%	0.1%	1.7%
10	10.75	-0.8%	0.1%	1.4%
11	11.66	-0.6%	0.2%	1.1%
12	12.60	-0.3%	0.1%	0.7%
13	13.61	0.2%	-0.1%	1.4%
14	14.54	0.1%	0.0%	-2.4%
15	15.50	0.4%	-0.2%	1.2%
16	16.42	-0.7%	0.3%	-1.2%
17	17.36	0.0%	0.0%	0.6%
18	18.54	0.3%	-0.1%	-
19	19.58	0.6%	-0.2%	-
20	20.44	-0.1%	9.0%	-
21	21.42	1.5%	-0.5%	-
22	22.43	1.5%	-	-
23	23.56	0.0%	-	-

Tabla 59. Diferencia porcentual entre la velocidad sónica con todos los datos y aplicando un determinado rango de temperatura.



Estudio de la influencia de la temperatura
y otros parámetros en la medición
de la velocidad del viento



ANEXO A.7

RESUMEN DE TODOS LOS DATOS REGISTRADOS



Estudio de la influencia de la temperatura y otros parámetros en la medición de la velocidad del viento



-DATOS CORRESPONDIENTES AL PRIMER AÑO (ABRIL DE 2009 A ENERO DE 2010)

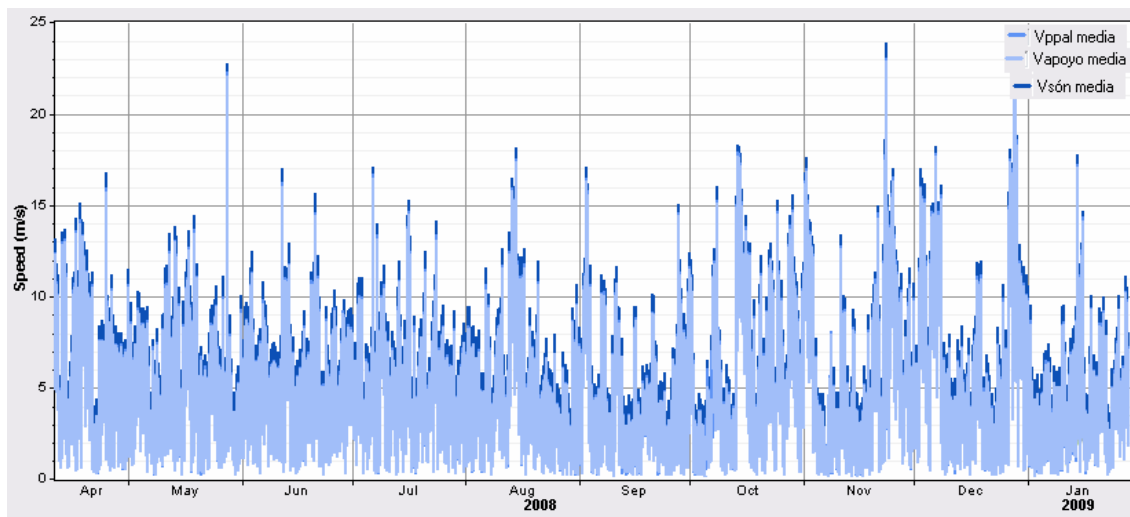


Gráfico 60. Representación de la evolución de las velocidades.

En el gráfico 60 puede verse la evolución de todos los registros referidos a las velocidades medidas en el emplazamiento: velocidad principal, velocidad sónica y velocidad media.

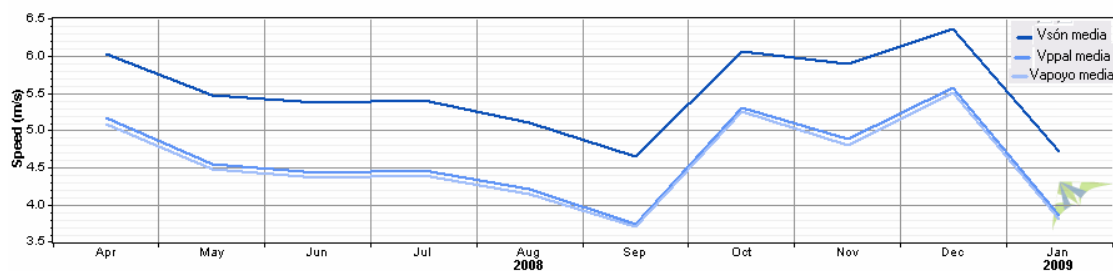


Gráfico 61. Representación de las medias diarias de las velocidades.

En este gráfico se observan las mismas variables que en anterior pero éste corresponde a una representación de medias diarias. Aquí se aprecia de forma más clara la diferencia de medias dadas por el anemómetro sónico, que en todo momento proporciona un valor más elevado que los otros dos anemómetros. Los valores de velocidad medidos por el anemómetro principal y el de apoyo son prácticamente coincidentes.



Estudio de la influencia de la temperatura y otros parámetros en la medición de la velocidad del viento



* Rosa de frecuencias

Una de las características más importantes a la hora de decidir la ubicación de un aerogenerador es la dirección en la que sopla el viento. Para mostrar esta información suele dibujarse una 'rosa de vientos' en la que se representa la frecuencia de variaciones de las direcciones del viento en el emplazamiento.

De esta forma se ve de una manera muy gráfica las direcciones predominantes del viento.

Las rosas de frecuencias son representaciones en forma circular. Generalmente suelen dividirse en sectores que pueden ser de 30° (resultando de esta manera una rosa de 12 sectores) o de $22,5^\circ$ (resultando así una rosa de 16 sectores, como las aquí representadas). La dirección norte coincide con los 0° .

En nuestro estudio se han medido un total de tres direcciones: dirección 1 (medida por la veleta 1), dirección 2 (medida por la veleta 2) y dirección ultrasónica (medida por el anemómetro ultrasónico 3D).

A continuación se representan las rosas de viento de las tres direcciones junto a una última gráfica que contiene las tres juntas a modo de resumen.

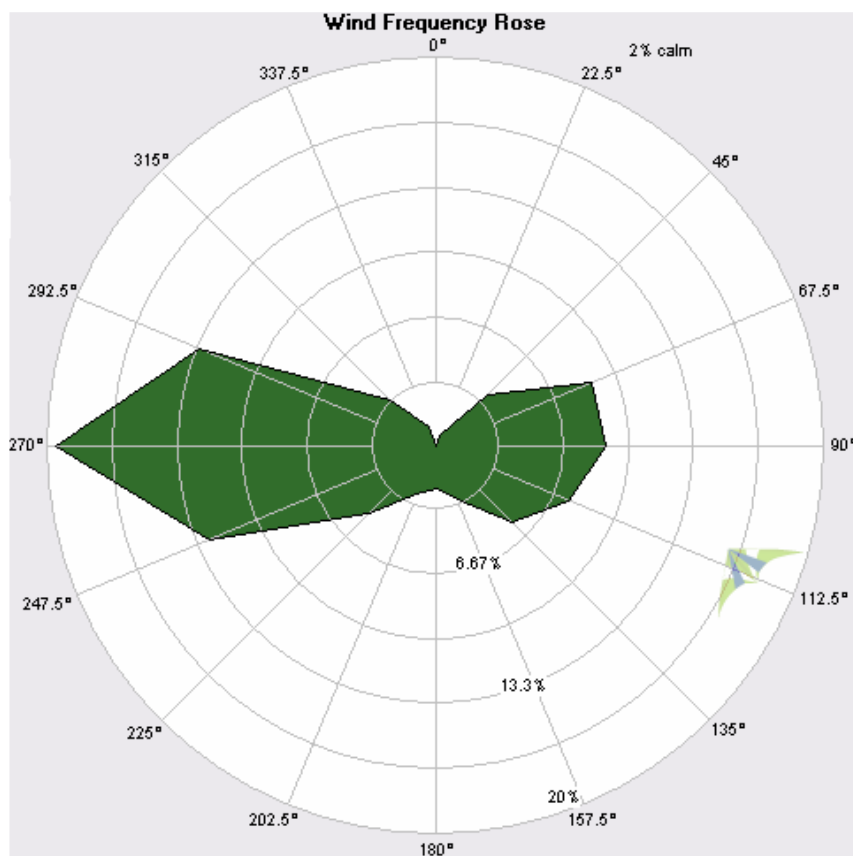


Gráfico 62. Rosa de frecuencias de la dirección sónica media

En el gráfico 62 se representa la rosa de frecuencias dada por la dirección sónica media. En ella se aprecia que el emplazamiento tiene una dirección predominante (aunque hay otra dirección en la que también hay un cierto porcentaje de aparición del viento).



Estudio de la influencia de la temperatura y otros parámetros en la medición de la velocidad del viento



El sector predominante es el oeste (es decir, los 270°) con un porcentaje de aparición próximo al 20%. Por otra parte, puede apreciarse que en las direcciones Norte (0°) y Sur (180°) la frecuencia de aparición es prácticamente nula.

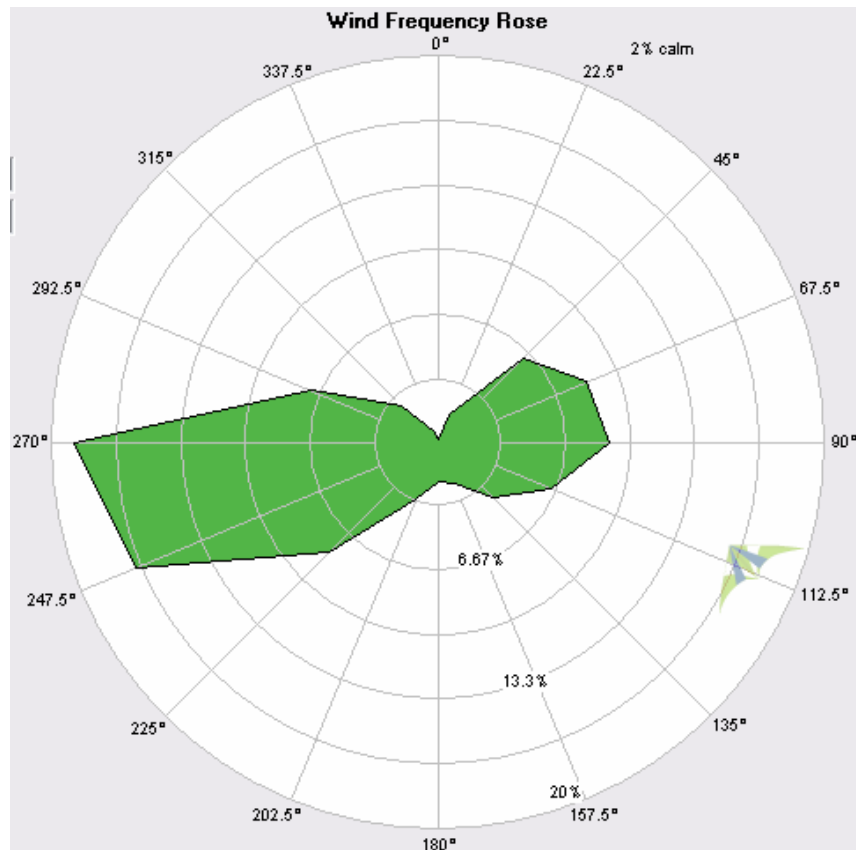


Gráfico 63. Rosa de frecuencias de la dirección 1 media

En este gráfico se representa la rosa de frecuencias dada por la dirección medida por la veleta 1. En ella se aprecia que el emplazamiento tiene la misma dirección predominante que la medida por el anemómetro ultrasónico, es decir, los 270° pero que además el porcentaje de aparición del viento a 250° (aproximadamente) aumenta, pasando de un 13% medido anteriormente a un 17%.

En este gráfico también se verifica que en las direcciones Norte (0°) y Sur (180°) la frecuencia de aparición es prácticamente nula.



Estudio de la influencia de la temperatura y otros parámetros en la medición de la velocidad del viento

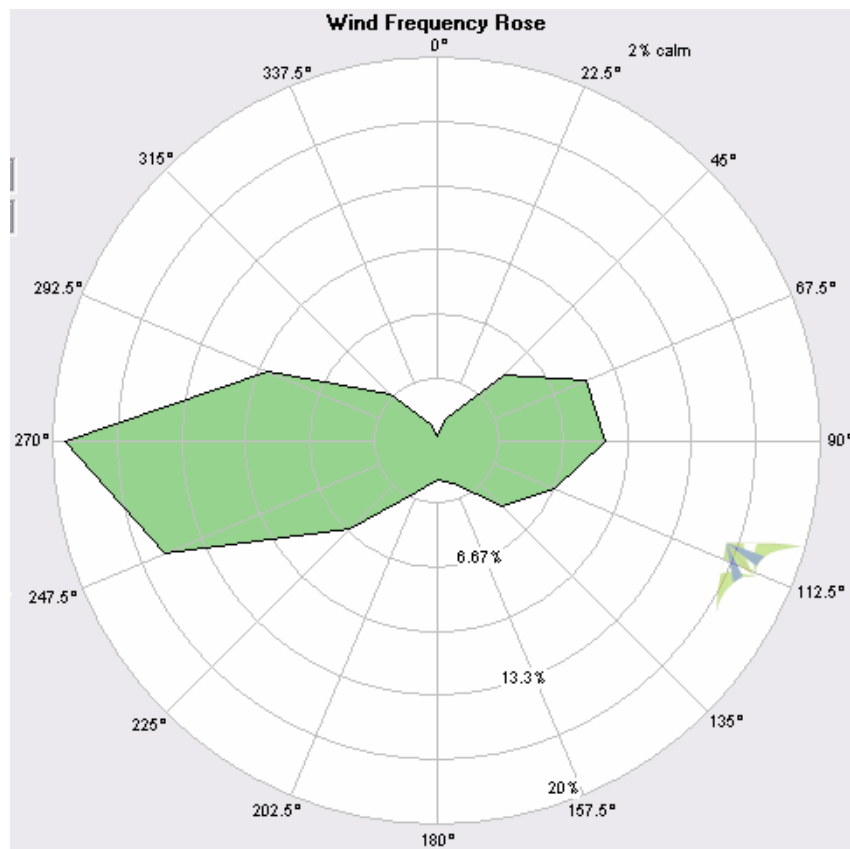


Gráfico 64. Rosa de frecuencias de la dirección 2 media

En el gráfico 64 se representa la rosa de frecuencias dada por la dirección medida por la veleta 2. En ella se aprecia que el emplazamiento mantiene la dirección predominante dada por las anteriores rosas de frecuencia, los 270°.

Esta rosa es muy similar a la obtenida con la dirección 1. La única diferencia más destacable es la disminución de la frecuencia de aparición del viento a los 247,5° pasando de 17% en la dirección 1 a un 15% en la dirección 2.

En este gráfico se comprueba que en las direcciones Norte (0°) y Sur (180°) la frecuencia de aparición es prácticamente nula.



Estudio de la influencia de la temperatura y otros parámetros en la medición de la velocidad del viento

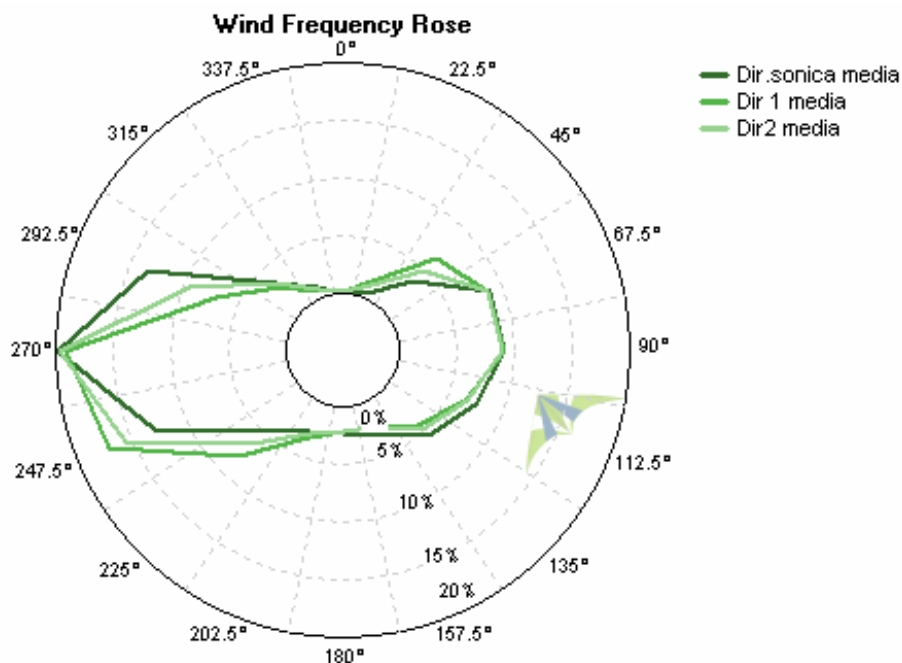


Gráfico 65. Rosa de frecuencias de la dirección 2 media

En el gráfico superior se representan las tres rosas de frecuencia comentadas anteriormente. De esta manera se observa de manera más clara la dirección predominante del viento dada por las tres direcciones. Todas ellas muestran que en el emplazamiento la **dirección predominante** coincide con el Oeste (**270°**) con una frecuencia de aparición del 20%. En la dirección Este (90°) hay una frecuencia de aparición del viento entorno al 9%.



Estudio de la influencia de la temperatura y otros parámetros en la medición de la velocidad del viento

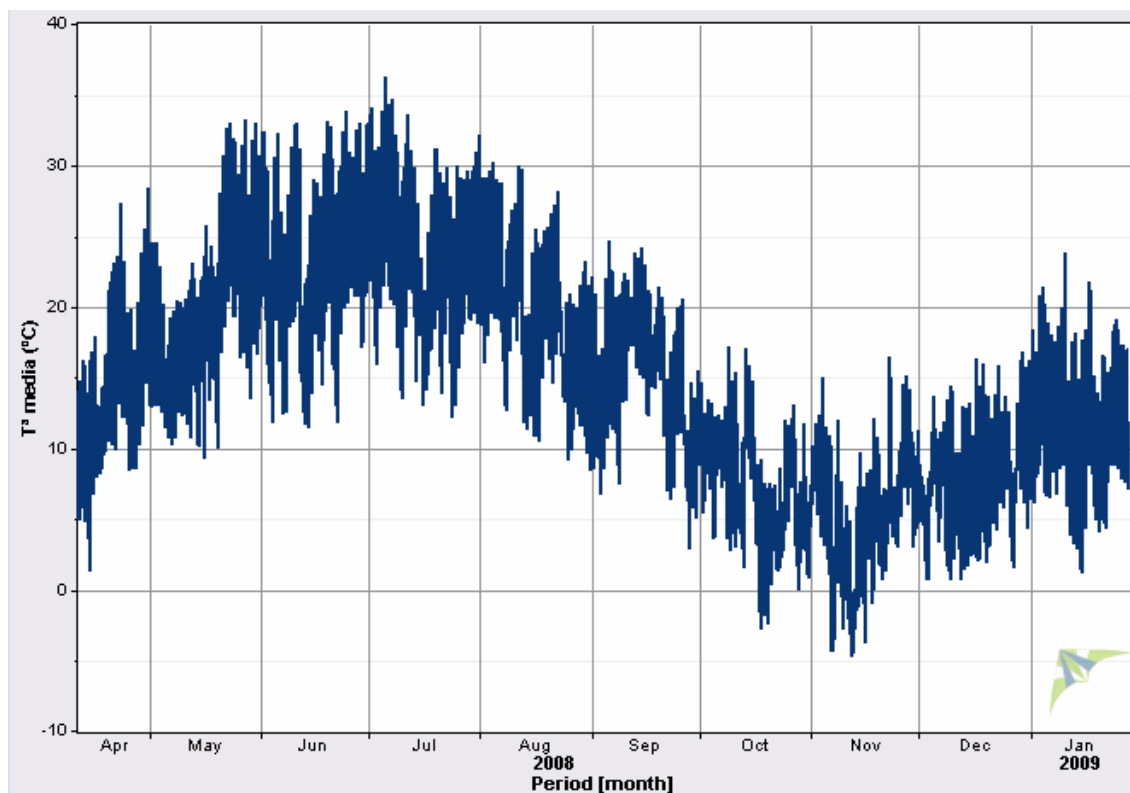


Gráfico 66. Representación de la evolución de la temperatura en el emplazamiento

En el gráfico precedente se muestra la evolución de la temperatura para el primer año de toma de registros. En él se aprecia el aumento de temperaturas correspondiente a los meses de primavera-verano y el posterior descenso en los meses de otoño-invierno. Además se aprecia que la temperatura se encuentra en un rango de -5°C a 35°C.



Estudio de la influencia de la temperatura y otros parámetros en la medición de la velocidad del viento

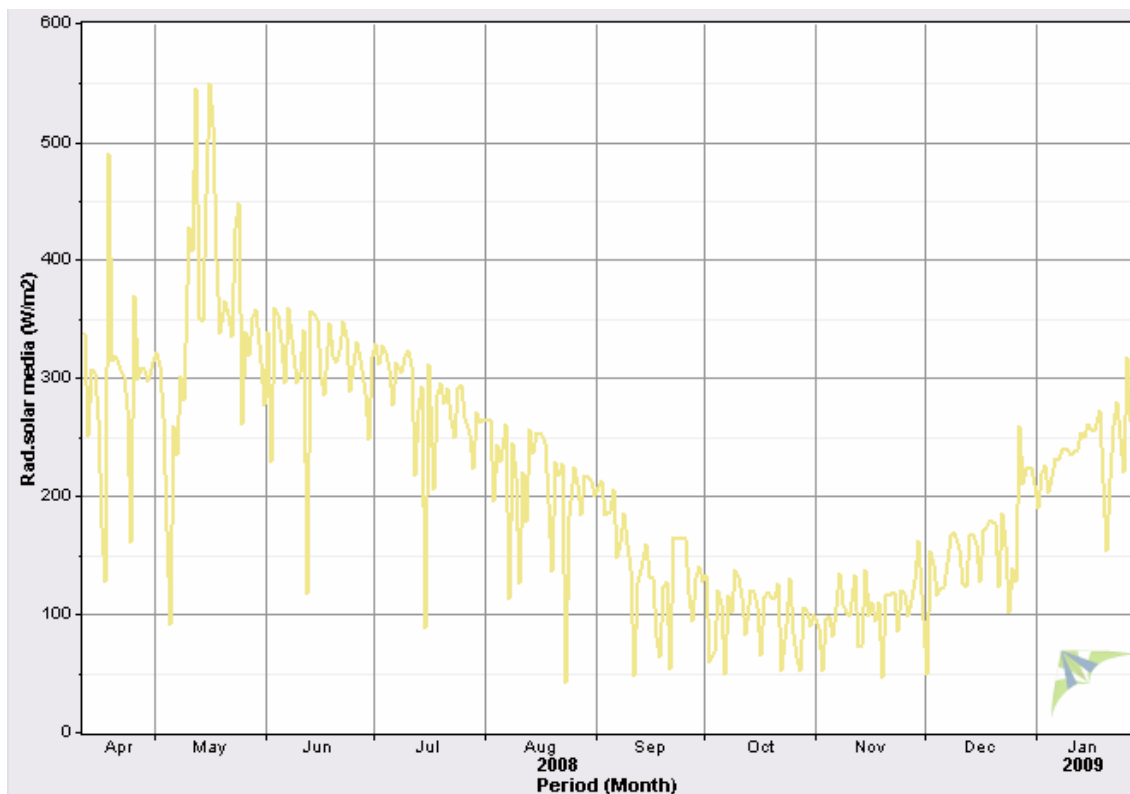


Gráfico 67. Representación de la evolución de la radiación solar en el emplazamiento

En este gráfico en el que se representa la radiación solar media del lugar donde se ha realizado el estudio puede verse que tiene una tendencia similar a la de la temperatura media (como se ha dicho anteriormente en la memoria, ambas variables están estrechamente relacionadas).



Estudio de la influencia de la temperatura y otros parámetros en la medición de la velocidad del viento

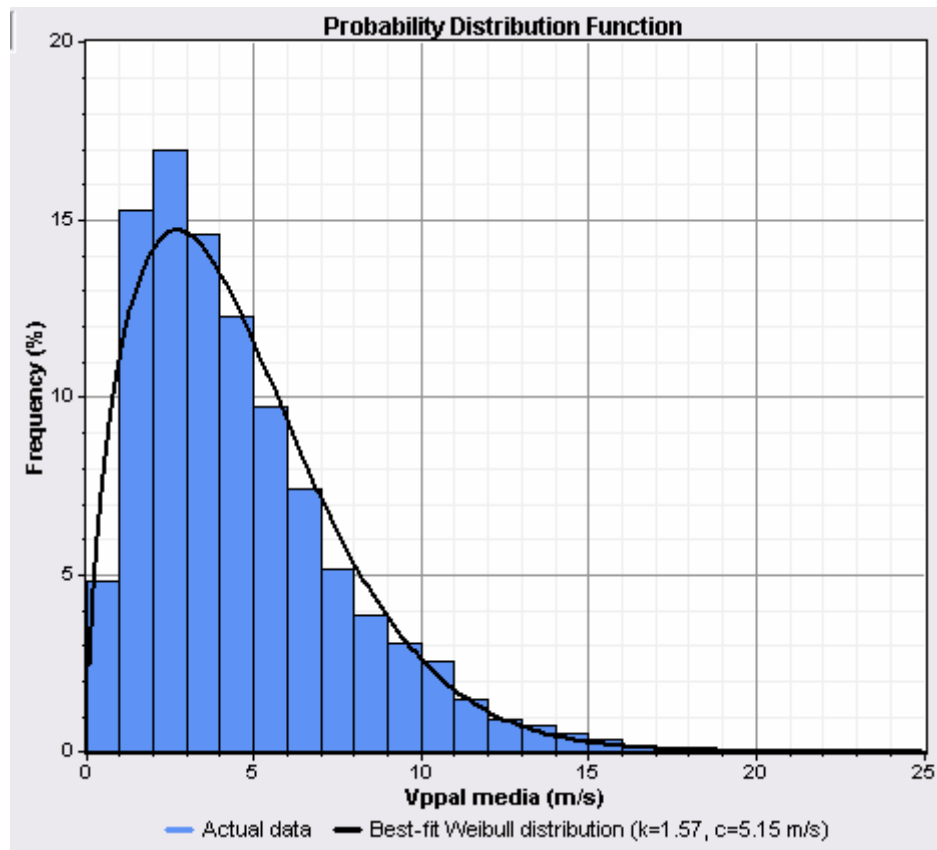


Gráfico 68. Función de distribución de la velocidad principal media.

En este gráfico se muestra el histograma de frecuencias de la velocidad principal media. Como puede apreciarse, la distribución de velocidades del viento no es simétrica. Puede existir alguna racha fuerte de viento en el emplazamiento pero de manera muy aislada. El valor de velocidad más común de la instalación coincide con los 2 m/s.

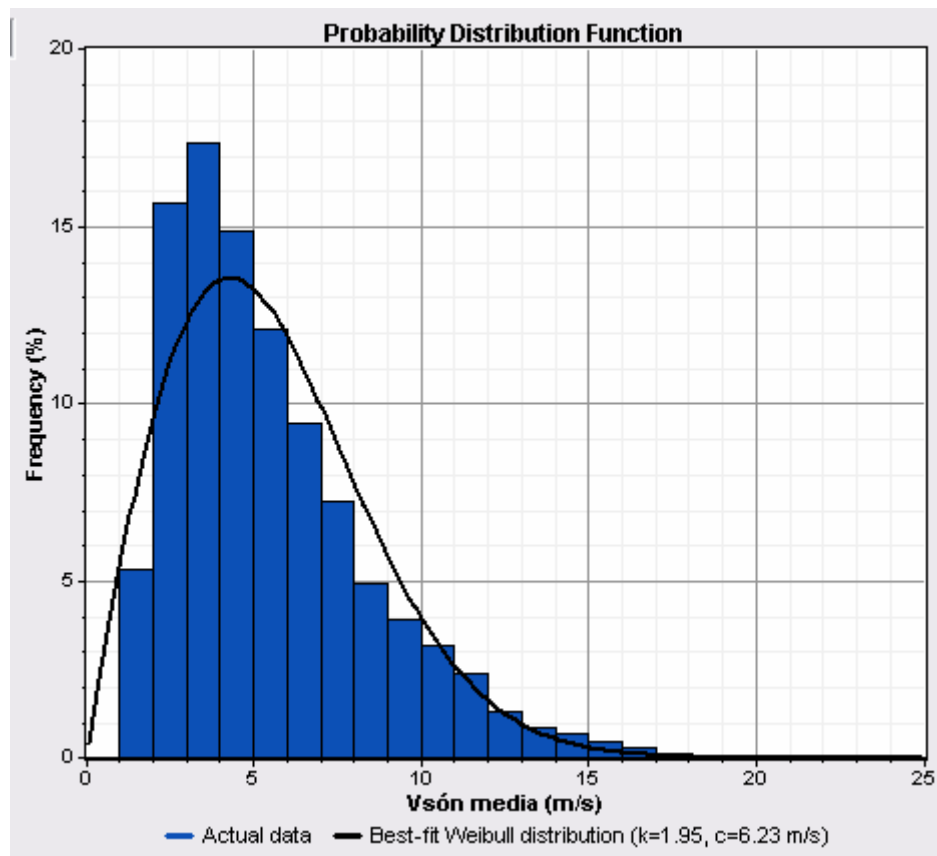


Gráfico 69. Función de distribución de la velocidad sónica media.

En este gráfico se representa el histograma de frecuencias de la velocidad sónica media. En él se muestra que la distribución de velocidades es parecida a la obtenida con la velocidad principal.

En este caso el valor de velocidad más común de la instalación coincide con los 3 m/s, hecho que concuerda con los datos anteriores en los que se verifica que el anemómetro sónico proporciona en todo momento mayores registros de velocidad.



Estudio de la influencia de la temperatura y otros parámetros en la medición de la velocidad del viento

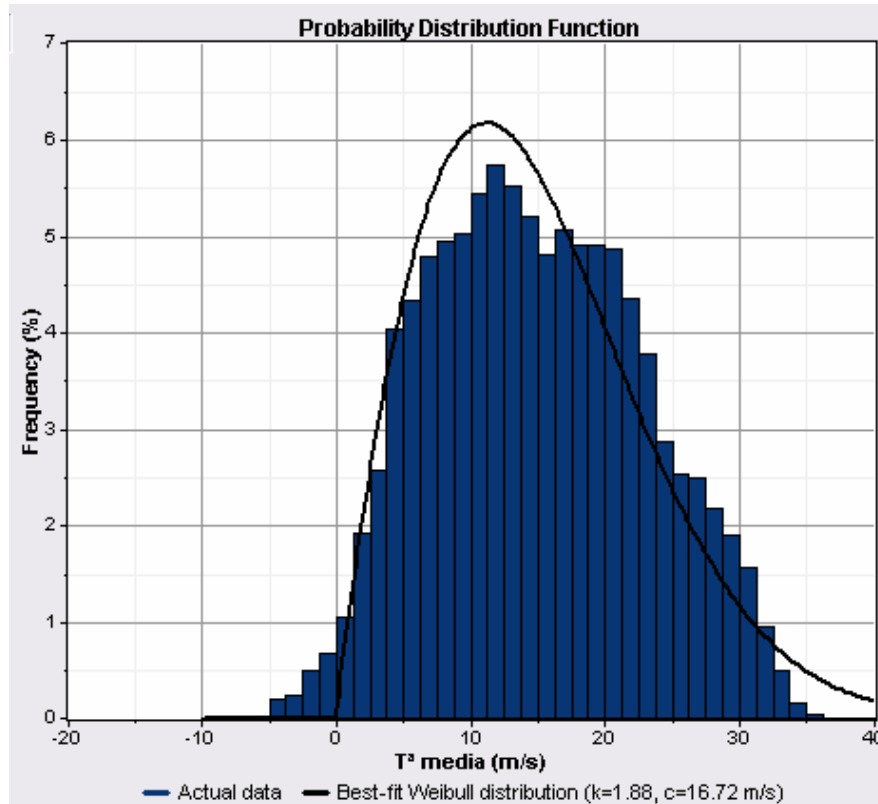


Gráfico 70. Función de distribución de la temperatura media.

Por último se muestra el histograma de frecuencias de la temperatura media en la que se observa una distribución bastante simétrica. El valor de temperatura más común del emplazamiento coincide con los 11°C.

En este gráfico puede observarse que generalmente no hay valores de temperatura superiores a los 35°C.



ANEXO A.8

CRONOGRAMA DEL TRABAJO DESARROLLADO



Estudio de la influencia de la temperatura y otros parámetros en la medición de la velocidad del viento

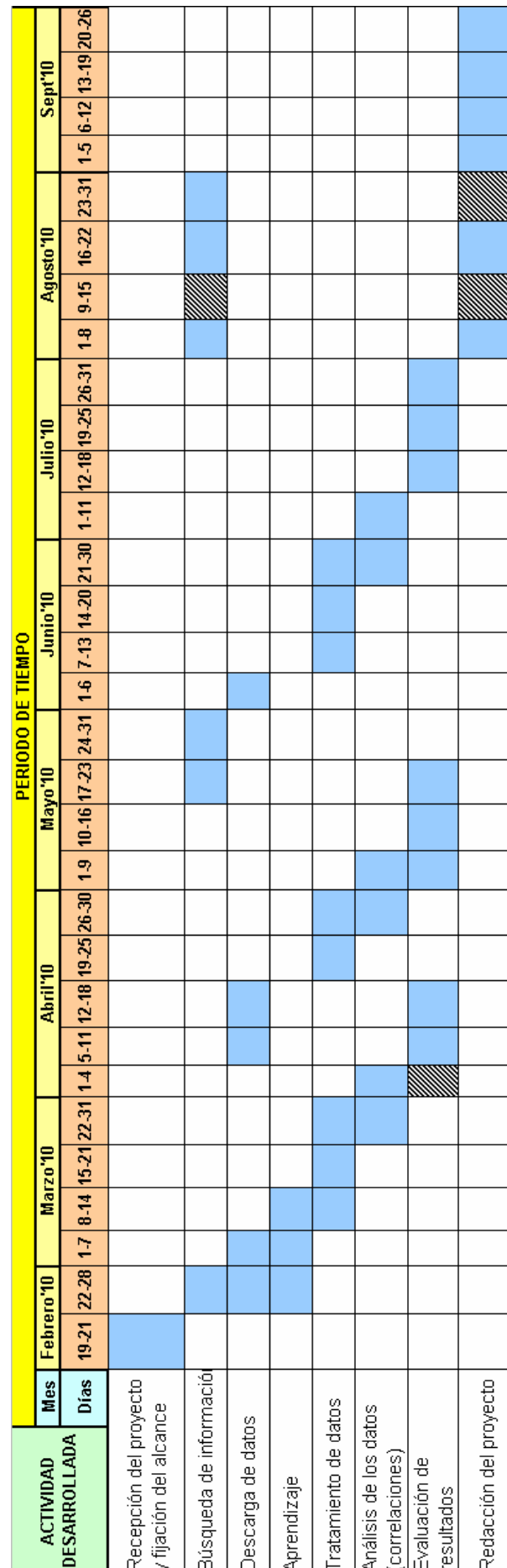


Gráfico 71. Cronograma del trabajo realizado