

# Índice sistemático

Sumario .....	7
Prólogo .....	9
Abreviaciones .....	11
<b>Capítulo 1. Introducción a la energía eólica .....</b>	<b>15</b>
Objetivos del capítulo .....	15
1. Introducción .....	16
2. Historia de la energía eólica .....	17
3. La energía eólica en cifras .....	20
3.1. <i>Ranking</i> de la energía eólica en tierra a nivel global .....	21
3.2. <i>Ranking</i> de la energía eólica en el mar a nivel global .....	22
3.3. La energía eólica en España .....	23
4. Asociaciones empresariales del sector eólico .....	25
4.1. Asociaciones internacionales .....	25
4.2. Asociaciones nacionales .....	27
Conceptos básicos .....	28
Actividades de repaso .....	28
Referencias bibliográficas .....	28
<b>Capítulo 2. El recurso eólico .....</b>	<b>31</b>
Objetivos del capítulo .....	31
1. Características del viento .....	32
1.1. Escalas meteorológicas .....	32
1.1.1. Macroescala .....	33
1.1.2. Mesoescala .....	34
1.1.3. Microescala .....	34
2. Medición del recurso eólico .....	34
2.1. Estación anemométrica .....	35
2.2. Nuevas tecnologías de medición de datos .....	37
2.3. Medición de datos en el mar .....	38
3. Campañas de medición .....	39
4. Fuentes en línea de recursos eólicos .....	41
4.1. Global Wind Atlas .....	42
Conceptos básicos .....	44
Actividades de repaso .....	44
Referencias bibliográficas .....	45

<b>Capítulo 3. Análisis estadístico y procesamiento de los datos .....</b>	<b>47</b>
Objetivos del capítulo .....	47
1. Variables utilizadas en la evaluación del recurso eólico .....	48
1.1. Valor medio anual de la velocidad .....	48
1.2. Distribución de probabilidad del viento .....	49
1.3. Variación del viento con la altura .....	51
1.4. Rosa de los vientos .....	54
1.5. Turbulencia .....	57
1.6. Rafagosidad .....	58
1.7. Temperatura y presión .....	58
2. Estimación de la energía producida .....	58
2.1. Método estático .....	58
2.2. Ejemplo de cálculo .....	60
Conceptos básicos .....	63
Actividades de repaso .....	63
Referencias bibliográficas .....	64
<b>Capítulo 4. Aerogeneradores .....</b>	<b>65</b>
Objetivos del capítulo .....	65
1. Evolución de la tecnología eólica .....	66
1.1. Tecnología eólica terrestre .....	66
1.2. Tecnología eólica marina .....	67
2. Norma IEC 61400-1 .....	68
3. Componentes de un aerogenerador .....	70
3.1. Componentes generales .....	71
3.1.1. Rotor .....	72
3.1.1.1. Palas .....	72
3.1.1.2. Buje .....	73
3.1.2. Torre .....	73
3.1.3. Góndola .....	74
3.1.3.1. Multiplicador y ejes .....	75
3.1.3.2. Generador eléctrico .....	75
3.1.4. Sistemas .....	76
3.1.4.1. Sistema de frenos .....	76
3.1.4.2. Sistemas de control .....	76
3.1.4.3. Sistemas de refrigeración .....	76
3.1.5. Transformador .....	77
4. Coeficientes de potencia y de empuje .....	77
4.1. Coeficiente de potencia .....	77
4.2. Coeficiente de empuje .....	77
4.3. Ejemplo de aerogenerador/coeficientes .....	78
5. Selección del aerogenerador .....	79

Conceptos básicos .....	80
Actividades de repaso .....	80
Referencias bibliográficas .....	80
<b>Capítulo 5. Diseño de un parque eólico. <i>Micrositing</i> .....</b>	<b>83</b>
Objetivos del capítulo .....	83
1. Introducción .....	84
2. Proceso de toma de decisión multicriterio .....	84
2.1. Partes generales del proceso de toma de decisión multicriterio .....	84
3. Factores que intervienen en la localización óptima de emplazamientos eólicos .....	85
4. Informe técnico del emplazamiento eólico .....	90
4.1. Datos .....	92
4.1.1. Ejemplo .....	93
4.2. Caracterización del viento a largo plazo .....	94
4.3. Distribución de los aerogeneradores .....	95
4.3.1. Zonas de mayor potencial .....	95
4.3.2. Distancias entre aerogeneradores .....	97
4.4. Cálculos de la estimación de la producción .....	97
Conceptos básicos .....	100
Actividades de repaso .....	100
Referencias bibliográficas .....	102
<b>Capítulo 6. Caso de estudio. Parque eólico en tierra .....</b>	<b>103</b>
Objetivos del capítulo .....	103
1. Introducción .....	104
2. Obtención de datos .....	104
3. Caracterización del viento .....	106
3.1. Distribución de probabilidad del viento .....	107
3.2. Variación estacional y horaria .....	109
3.3. Turbulencias .....	111
3.4. Rosa de los vientos de energía .....	111
4. Distribución de los aerogeneradores .....	113
4.1. Selección de aerogeneradores .....	113
4.2. Distribución de los aerogeneradores .....	115
5. Estimación de la producción .....	115
6. Aplicaciones informáticas .....	117
6.1. Específicas del sector eólico .....	117
6.1.1. Windographer .....	117
6.1.2. WAsP .....	118
6.2. Aplicaciones de apoyo .....	120
Conceptos básicos .....	121

Actividades de repaso .....	121
Referencias bibliográficas .....	122
<b>Capítulo 7. Obra civil .....</b>	<b>125</b>
Objetivos del capítulo .....	125
1. Introducción .....	126
2. Viales .....	127
2.1. Transporte de las palas .....	129
3. Zanjas .....	131
4. Plataformas de montaje .....	132
5. Edificio de control .....	133
6. Cimentaciones de los aerogeneradores .....	134
6.1. Tipos de cimentaciones de aerogeneradores terrestres .....	135
6.2. Investigaciones en cimentaciones con pilotes .....	137
7. Planificación de la infraestructura de la obra civil .....	139
Conceptos básicos .....	140
Actividades de repaso .....	140
Referencias bibliográficas .....	142
<b>Capítulo 8. Obra eléctrica .....</b>	<b>143</b>
Objetivos del capítulo .....	143
1. Introducción .....	144
2. Caracterización de las principales instalaciones eléctricas .....	145
2.1. Red de BT .....	145
2.2. Centro de transformación .....	145
2.3. Red de cables subterráneos .....	148
2.3.1. Red de tierra .....	148
2.3.2. Red de MT .....	149
2.3.3. Red de fibra óptica .....	150
2.4. Subestación eléctrica (MT/AT) .....	151
2.5. Línea aérea eléctrica .....	153
3. Dimensionamiento eléctrico .....	154
3.1. Dimensionamiento de la red eléctrica interna. Ejemplo .....	155
4. Investigaciones de optimización de la infraestructura eléctrica .....	160
Conceptos básicos .....	161
Actividades de repaso .....	161
Referencias bibliográficas .....	163
<b>Capítulo 9. Estudio económico de proyectos eólicos .....</b>	<b>165</b>
Objetivos del capítulo .....	165
1. Introducción .....	166

2. Costes .....	166
2.1. CAPEX .....	167
2.1.1. Costes de investigación/desarrollo .....	167
2.1.2. Costes de construcción .....	168
2.2. OPEX .....	170
2.3. DECEX .....	171
3. Ingresos .....	172
4. Viabilidad económica .....	173
4.1. VAN de la inversión .....	173
4.2. TIR .....	174
4.3. Periodo de recuperación .....	174
4.4. Selección de un proyecto según los indicadores financieros .....	175
5. LCOE .....	175
5.1. Tendencia del LCOE en el sector eólico terrestre .....	176
5.2. Tendencia del LCOE en el sector eólico marino .....	177
Conceptos básicos .....	180
Actividades de repaso .....	180
Referencias bibliográficas .....	184
<b>Capítulo 10. Minieólica .....</b>	<b>185</b>
Objetivos del capítulo .....	185
1. Introducción .....	186
2. Estadísticas .....	187
3. Tipologías .....	189
3.1. Aisladas o conectadas a red .....	189
3.2. Situación física .....	190
4. Tecnología .....	193
4.1. Clasificación .....	193
4.2. Principales fabricantes .....	195
5. Estudios relacionados .....	197
6. Sistemas híbridos .....	198
Conceptos básicos .....	200
Actividades de repaso .....	200
Referencias bibliográficas .....	201