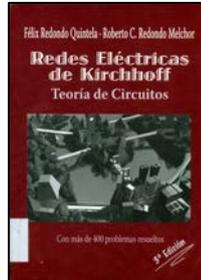


1. Redondo Quintela, Félix. Redes eléctricas de Kirchhoff: Teoría de Circuitos: con más de 400 problemas resueltos. Aldeatejada, Salamanca: STS Ediciones, D.L. 2016. 690p. ISBN 978-84-945733-0-9

Signatura: IB/621.31 RED red (3ª ed.)



[Índice](#)

2. Zahera Pérez, Manuel. Gestión integrada de proyectos innovadores: curso básico. Madrid: Pirámide, 2017. 226p. ISBN 978-84-368-3678-3

Signatura: IB/65.012 ZAH ges



[Índice](#)

3. Muñiz, Luis. Control presupuestario: planificación, elaboración, implantación y seguimiento del presupuesto. Barcelona: Profit, cop. 2009. ISBN 978-84-96998-94-0

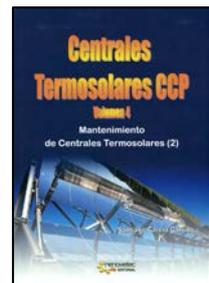
Signatura: IB/657.31 MUÑ con



[Índice](#)

4. García Garrido, Santiago. Centrales termosolares CCP Volumen 4. Renovetec, [2009-2013].

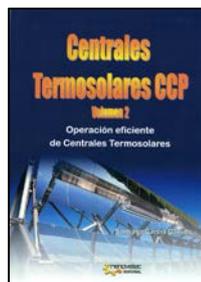
Signatura: IB/620.9 GAR cen V.4



[Índice](#)

5. García Garrido, Santiago. Centrales termosolares CCP Volumen 2. Renovetec, [2009-2013].

Signatura: IB/620.9 GAR cen V.2



[Índice](#)

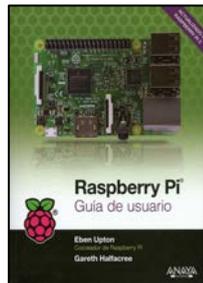
6. García Garrido, Santiago. Sistema HTF en centrales termosolares: Fluido HTF, principios de funcionamiento y equipos principales. Renovetec, [2015]. 252p.

Signatura: IB/620.9 GAR sis



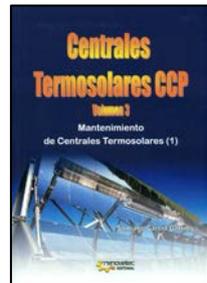
[Índice](#)

7. Upton, Eben. Raspberry Pi: guía de usuario. Madrid: Anaya Multimedia, cop. 2017. 271p. ISBN 978-84-415-3871-9
Signatura: IB/004.318 UPT ras



[Índice](#)

8. García Garrido, Santiago. Centrales termosolares CCP Volumen 3. Renovetec, [2009-2013].
Signatura: IB/620.9 GAR cen V.3



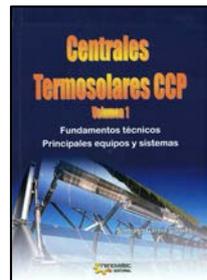
[Índice](#)

9. Juan Vicente Míguez Camiña [y otros]. Fundamentos físicos de la ingeniería: 450 problemas resueltos de electromagnetismo, electricidad y electrónica. Aravaca, Madrid: McGraw Hill Education, D.L. 2015. 260p. ISBN 978-84-481-9774-2
Signatura: IB/53(076) FUN mig



[Índice](#)

10. García Garrido, Santiago. Centrales termosolares CCP Volumen 1. Renovetec, [2009-2013].
Signatura: IB/620.9 GAR cen V.1



[Índice](#)

Redes eléctricas de Kirchhoff

Indice

Prólogo.....	7
1. Corriente eléctrica.....	9
Introducción.....	9
Carga eléctrica.....	9
Corriente eléctrica.....	9
Conductores y aislantes.....	11
Densidad de corriente.....	12
Ecuación de continuidad.....	14
Corrientes estacionarias.....	15
Tubos de corriente.....	15
Primera ley de Kirchhoff.....	16
Campo eléctrico.....	17
Conductores isótropos.....	18
Conductividad.....	20
Corriente eléctrica en hilos conductores isótropos.....	21
Generadores.....	22
Resistencia eléctrica.....	26
Hilos en serie.....	26
Circuito eléctrico.....	27
Potencia eléctrica.....	29
Formas de crear fuerza electromotriz.....	33
Segunda ley de Kirchhoff.....	34
Autoinducción.....	35
Condensadores.....	38
Problemas.....	41
2. Redes de Kirchhoff.....	61
Teoría de Circuitos y Teoría de las Redes de Kirchhoff.....	61
Ramas.....	61
Redes.....	62
Ramas en serie y ramas en paralelo.....	63
Conjuntos de corte.....	63
Caminos cerrados y mallas.....	64
Árboles.....	65
Intensidades de Kirchhoff.....	67
Propiedades de las redes de intensidades de Kirchhoff.....	69
Redes de intensidades de Kirchhoff sin mallas.....	71
Redes de Intensidades de Kirchhoff con mallas.....	72
Teorema de caracterización de intensidades de Kirchhoff.....	73
Tensiones de Kirchhoff.....	75
Teorema de caracterización de tensiones de Kirchhoff.....	78
Redes de Kirchhoff.....	80
Redes de Kirchhoff equivalentes.....	80

Potencia de Kirchhoff de una rama	83
Teorema de Tellegen.....	84
Fuentes de tensión y fuentes de intensidad.....	87
Análisis de redes de Kirchhoff.....	90
Método de las mallas	92
Método de los nudos	95
Problemas	97
3. Multipolos	109
Introducción	109
Multipolos.....	109
Teorema de la potencia de multipolos	111
Dipolos	115
Dipolos equivalentes.....	115
Dipolos bilaterales.....	116
Dipolos lineales	116
Dipolos equivalentes de dipolos en serie.....	117
Dipolos equivalentes de dipolos en paralelo.....	118
Dipolos de Thévenin y dipolos de Norton	120
Tensión de circuito abierto e intensidad de cortocircuito	121
Potencia de cortocircuito de un dipolo	122
Multipolos equivalentes	123
Multipolos lineales.....	124
Multipolos de Thévenin y multipolos de Norton	125
Terminales permutables	128
Solución de un acoplamiento de multipolos	129
Acoplamientos de multipolos de Thévenin y acoplamientos de multipolos de Norton	130
Multipolos en paralelo.....	132
Obtención de la relación tensiones-intensidades de multipolos de Thévenin y de Norton.....	135
Problemas	136
4. Redes de impedancias.....	155
Introducción	155
Análisis de redes de impedancias por el método de las mallas.....	155
Linealidad	158
Teorema de Norton.....	159
Análisis de redes de impedancias por el método de los nudos	162
Linealidad	165
Teorema de Thévenin	166
Redes de impedancias cuyas fuentes tienen un terminal común	168
Transformación de ramas con fuentes independientes	169
Teorema del polígono equivalente	171
Teorema de la estrella equivalente	174
Transformación estrella triángulo	175
Matrices de multipolos resistivos	177
Extracción de potencia de un dipolo resistivo.....	180
Problemas	184

Indice	679
5. Redes con inductancias y capacidades.....	219
Introducción.....	219
Régimen transitorio y régimen permanente	221
Dipolo <i>RL</i> serie con tensión constante.....	223
Dipolo <i>RL</i> serie con tensión cero.....	226
Dipolo <i>RC</i> serie con tensión cero	228
Dipolo <i>RC</i> serie con tensión constante	231
Dipolo <i>RLC</i> serie con tensión cero	233
Raíces reales distintas.....	235
Raíz doble.....	238
Raíces complejas	239
Energía.....	243
Dipolo <i>RLC</i> serie con tensión constante	244
Problemas.....	245
6. Redes con acoplamiento magnético	281
Introducción.....	281
Coeficiente de inducción mutua	281
Bobinas acopladas magnéticamente	282
Obtención de las ecuaciones de equilibrio	285
Puntos correspondientes.....	288
El transformador.....	291
Problemas.....	293
7. Análisis de Laplace	301
Introducción.....	301
Transformada de Laplace	301
Transformada de una constante.....	301
Transformada de una función lineal.....	302
Transformada de la función seno.....	302
Transformada de la función exponencial	302
Propiedades de la transformación de Laplace	303
Linealidad	303
Traslación en el tiempo	303
Traslación en el plano complejo.....	303
Cambio de escala	304
Transformadas de derivadas	304
Transformadas de integrales	305
Teorema del valor inicial	307
Teorema del valor final	307
Propiedades de la transformación inversa de Laplace.....	308
Linealidad	308
Traslación en el tiempo	308
Traslación en el plano complejo	308
Cambio de escala	308
Obtención de transformadas inversas de Laplace.....	308
Fórmula de Heaviside.....	314
Redes de Kirchhoff transformadas de Laplace	315
Impedancia en el dominio <i>s</i>	317
Transformada de la función pulso.....	322

Transformada de la función impulso. Función de Dirac.....	323
Transformadas de redes con acoplamiento magnético.....	328
Problemas	328
8. Redes sinusoidales.....	369
Introducción	369
Funciones sinusoidales del tiempo.....	370
Valor medio y valor medio cuadrático de una función sinusoidal.....	372
Suma de funciones sinusoidales de la misma frecuencia	373
Espacio vectorial S_{ω}	375
Derivación e integración de funciones sinusoidales.....	376
Funciones complejas de variable real.....	376
Espacio vectorial C_{ω}	377
Derivación e integración en C_{ω}	378
Isomorfismo f_{ω}	379
Resistencia con tensión sinusoidal.....	381
Dipolo RL con tensión sinusoidal	382
Dipolo RC serie con tensión sinusoidal.....	388
Dipolo RLC serie con fuente de tensión sinusoidal.....	394
Redes sinusoidales	398
Potencia instantánea y potencia activa.....	400
Potencia reactiva	405
Potencia aparente	407
Problemas	408
9. Análisis fasorial	437
Introducción	437
Fasores.....	437
Redes fasoriales de Kirchhoff.....	438
Impedancia compleja.....	439
Redes fasoriales con acoplamiento magnético	444
Potencia compleja.....	446
Potencia compleja que absorbe un multipolo.....	448
Factor de potencia de un multipolo.....	451
Extracción de la máxima potencia de un dipolo de impedancias.....	453
Energía compleja	455
Aumento del factor de potencia de receptores.....	456
Líneas eléctricas resistivas.....	459
Problemas	463
10. Sistemas polifásicos	505
Introducción	505
Generador trifásico en estrella con cuatro hilos	505
Generador en estrella y tres hilos	510
Generador en triángulo	511
Determinación de la secuencia de fases de una línea trifásica.....	516
Potencia que absorbe un receptor trifásico	518
Medidas de potencias de receptores trifásicos	520
Otras medidas con dos vatímetros en cargas equilibradas	521

Medida de potencia reactiva con un vatímetro	523
Medida de potencia reactiva con tres vatímetros	524
Corrección del factor de potencia de cargas trifásicas	525
Mínima pérdida de potencia en sistemas trifásicos.....	528
Componentes simétricas.....	530
Teorema de Fortescue o de Stokvis.....	531
Matriz de Fortescue.....	533
Grados de desequilibrio y de asimetría.....	534
Potencia y componentes simétricas	534
Sistemas bifásicos	535
Sistemas bifásicos equilibrados.....	537
Potencia que absorbe un receptor bifásico	539
Medida de la potencia de cargas bifásicas	541
Sistemas hexafásicos.....	542
Problemas.....	544
11. Análisis de Fourier.....	583
Introducción.....	583
Serie de Fourier.....	583
Valor de algunas integrales útiles	584
Cálculo de los coeficientes de Fourier	585
Desarrollos en serie de solo senos o solo cosenos.....	587
Forma exponencial de la serie de Fourier	589
Simetría de las formas de onda	591
Métodos gráficos	595
Espectro de líneas.....	596
Valor eficaz de una función a partir de su desarrollo de Fourier.....	597
Distorsión armónica	598
Potencia instantánea y potencia activa	599
Potencias reactivas y potencias aparentes.....	601
Intensidad por el hilo neutro de un sistema trifásico.....	602
Problemas.....	605
12. Respuesta a la frecuencia.....	623
Introducción.....	623
Resonancia serie	623
Variación de la impedancia y la intensidad con la frecuencia.....	623
Frecuencias de media potencia. Ancho de banda.....	625
Tensiones del circuito resonante serie.....	628
Resonancia de un circuito <i>GLC</i> paralelo.....	628
Variación de la admitancia y de la tensión con la frecuencia	629
Problemas.....	631
13. Redes de dos puertas.....	639
Introducción.....	639
Redes multipuerta	639
Potencia de Kirchhoff de una puerta	639
Potencia de puertas disjuntas.....	640
Redes de dos puertas.....	641
Redes de dos puertas lineales.....	643

Parámetros híbridos.....	645
Parámetros de transmisión.....	646
Redes de dos puertas simétricas.....	648
Redes de dos puertas en cascada.....	648
Impedancias iterativa y característica.....	649
Impedancias imagen.....	651
Tripolos como redes de dos puertas.....	652
Redes de dos puertas recíprocas.....	654
Problemas.....	655
Bibliografía.....	675
Índice.....	677
Índice alfabético.....	683

ÍNDICE

Agradecimientos	11
Prólogo	13
Introducción	15
1. Conceptos generales. Objetivos del proyecto. Gestión integrada de proyectos. Sistema de innovación.....	17
1.1. Conceptos previos de innovación	17
1.2. El proceso de cambio tecnológico	21
1.3. Tipos de innovación	23
1.4. Sistema de innovación	28
1.5. Objetivos, barreras y resultados de la innovación	32
1.6. Concepto de proyecto	35
1.7. Concepto de proyecto innovador	36
1.8. Características de los proyectos	38
1.9. Características de los proyectos innovadores (I+D+i)	40
1.10. Clasificación de los proyectos de I+D+i	44
1.11. El alcance del proyecto de innovación	47
1.12. Los objetivos del proyecto.....	50
1.13. Gestión integrada de proyectos	51
2. La gestión del proyecto innovador. Ciclo de vida y fases del proyecto de innovación. La decisión del proyecto. Métodos de evaluación. Análisis de riesgos	55
2.1. La gestión del proyecto innovador en la empresa.....	55
2.2. Condiciones básicas para la gestión.....	56
2.3. Planteamiento del proyecto en la empresa	59
2.4. Ciclo de vida del proyecto	59
2.5. Fases del proyecto de innovación	69

Índice

2.6. Las dimensiones del proyecto	75
2.7. La decisión del proyecto	76
2.8. Criterios y métodos de evaluación del proyecto	80
2.9. Análisis de riesgos. Plan de contingencias	83
2.10. Gestión del portafolio de I+D y de innovación	85
2.11. Normas UNE 166.000 sobre gestión de la I+D+i.....	87
2.12. Entidades certificadoras en dirección de proyectos.....	88
3. Incentivos y ayudas a la innovación	91
3.1. Ayudas europeas y multilaterales	93
3.2. Ayudas nacionales	94
3.3. Ayudas regionales.....	95
3.4. Compra pública innovadora.....	96
3.5. Modalidades de financiación privada	96
4. La organización del proyecto.....	99
4.1. Tipos de organización	99
4.2. El director del proyecto	103
4.3. Autoridad y responsabilidad de un director de proyecto	104
4.4. Perfil de un director de proyecto.....	105
4.5. El equipo de proyecto	106
4.6. El director de proyecto y el equipo de proyecto	107
5. Las colaboraciones externas.....	111
5.1. La importancia de la colaboración.....	111
5.2. Transferencia de tecnología	113
5.3. Innovación abierta (<i>open innovation</i>).....	115
6. La preparación del proyecto y su planificación. Presupuestos	119
6.1. Preparación del proyecto innovador.....	119
6.2. Memoria del proyecto	120
6.3. Planificación del proyecto	121
6.4. Desglose de actividades.....	124
6.5. Diagrama de Gantt	130
6.6. Herramientas informáticas aplicables a la gestión de proyectos	133
6.7. Preparación del presupuesto.....	136
6.8. Adquisición de equipos	143
7. Desarrollo de productos.....	145
7.1. Definición de producto.....	145
7.2. Fases en el desarrollo de productos	146
7.3. Proceso de desarrollo de aplicaciones móviles (Apps).....	153

7.4. Desarrollo de un producto alimentario	154
7.5. El proceso logístico en Inditex	157
7.6. Evolución y desarrollo de nuevos productos en Orbea.....	158
7.7. El fracaso de Kodak	160
8. Control y seguimiento de proyectos. La documentación del proyecto. Cierre del proyecto.....	163
8.1. Control y seguimiento del proyecto innovador	163
8.2. Control de actividades.....	164
8.3. Control de plazos.....	167
8.4. Control de costes	168
8.5. Informes periódicos de seguimiento	169
8.6. La documentación del proyecto.....	169
8.7. Cierre del proyecto	174
8.8. ¿Por qué fracasan los proyectos?	175
9. Creación de empresas innovadoras	179
9.1. Características	179
9.2. Claves para su puesta en marcha y su gestión	180
10. Factores de éxito de la innovación.....	183
10.1. Factores internos a la empresa	183
10.2. Factores relacionados con el entorno	190
Bibliografía.....	195
Sitios web.....	199
Relación de tablas y figuras. Nomenclatura	201
Anexos.....	207
Anexo I: Indicadores para la medida de la innovación	209
Anexo II: Ayudas a la I+D+i.....	211
Anexo III: Contenido del cuestionario tipo para la presentación de proyectos al CDTI y a la Administración española	221
Anexo IV: Deducciones fiscales.....	223
Anexo V: Compra pública innovadora.....	225

Índice

Prólogo	15
Introducción	17
Capítulo 1. El proceso de planificación	27
1.1. El concepto de planificación estratégica	27
1.1.1. Proceso de elaboración de la planificación estratégica... 28	
1.1.2. Responsables de la planificación estratégica..... 29	
1.1.3. Planning para la realización de la planificación estratégica.....	30
1.2. Diferencias entre planificación estratégica a corto y a medio plazo.....	32
1.3. La relación entre la planificación estratégica y el presupuesto.....	33
1.4. Resumen del capítulo 1	36
1.5. Ejemplo práctico de selección de objetivos estratégicos y su relación con el presupuesto	36
1.5.1. Misión, visión y valores	36
1.5.2. Objetivos estratégicos y efectos en el presupuesto	37
Capítulo 2. La utilidad de los presupuestos	41
2.1. Definición de presupuesto	41
2.2. Ventajas de la utilización de los presupuestos	42
2.3. Limitaciones en la utilización de los presupuestos.....	44

2.4. Influencia de la estructura organizativa en los presupuestos	46
2.5. Los diferentes tipos de presupuestos	50
2.6. El control de gastos: una oportunidad al confeccionar los presupuestos	53
2.7. Aspectos clave en la elaboración y control del presupuesto.....	57
2.8. Resumen del capítulo 2	58
2.9. Ejemplo práctico: relación de ingresos y gastos según responsables	60
2.9.1. Organigrama y actividad empresarial.....	60
2.9.2. Descripción de funciones por departamentos	60
2.9.3. Relación de gastos e ingresos por responsables o áreas empresariales	62
Capítulo 3. Etapas para la realización de un presupuesto..	65
3.1. Características del proceso de realización del presupuesto.....	65
3.2. Tareas del responsable de coordinar el presupuesto.....	67
3.3. Etapas para la planificación presupuestaria	69
3.3.1. Primera etapa: inicio del proceso de confección del presupuesto.....	71
3.3.2. Segunda etapa: elaboración de los presupuestos operativos	74
3.3.3. Tercera etapa: negociación de los presupuestos	75
3.3.4. Cuarta etapa: obtención de presupuestos	76
3.3.5. Quinta etapa: aprobación de los presupuestos	77
3.3.6. Sexta etapa: seguimiento y control	78
3.3.7. Séptima etapa: actualización del presupuesto	78
3.4. Errores antes, durante y después de la elaboración del presupuesto.....	79
3.5. Resumen del capítulo 3	84
3.6. Ejemplo práctico: planning de elaboración y aprobación del presupuesto por responsables.....	86
Capítulo 4. El contenido del presupuesto.....	89
4.1. Los presupuestos operativos	89
4.2. Presupuesto de ventas o ingresos	90
4.3. Presupuestos de gastos comerciales.....	93

4.4. Presupuesto de producción	96
4.4.1. Descripción del proceso de producción	96
4.4.2. Presupuesto de costes directos de fabricación	98
4.4.3. Presupuesto de coste de los materiales.....	101
4.4.4. Presupuesto de costes indirectos de fabricación.....	103
4.4.5. Presupuesto de costes de fabricación.....	107
4.5. Presupuestos de gastos de distribución, almacenaje y transporte.....	107
4.6. Presupuesto de gastos de estructura	108
4.7. El presupuesto de inversiones.....	110
4.8. Estados presupuestarios previsionales.....	111
4.8.1. Cuenta de explotación previsional.....	111
4.8.2. Presupuesto de tesorería previsional.....	112
4.9. Resumen del capítulo 4.....	115
4.10. Ejemplo práctico de la confección del presupuesto y estados financieros previsionales.....	116
4.10.1. Presupuestos operativos	117
4.10.2. Estados financieros previsionales.....	121
Capítulo 5. Seguimiento y control del presupuesto.....	125
5.1. El control presupuestario: análisis de desviaciones	125
5.1.1. Definición de control presupuestario	125
5.1.2. Objetivos de control y seguimiento presupuestario.....	126
5.1.3. Evaluar la eficacia del control presupuestario	127
5.1.4. Detectar las deficiencias en el control presupuestario.....	127
5.1.5. El control presupuestario mediante el análisis de desviaciones	128
5.2. Control y seguimiento de los presupuestos operativos	133
5.2.1. Seguimiento del presupuesto de ventas o ingresos	133
5.2.2. Seguimiento del presupuesto de gastos comerciales.....	134
5.2.3. Seguimiento del presupuesto de los costes de producción	134
5.2.4. Seguimiento de presupuestos de gastos de distribución, almacenaje y transporte	136
5.2.5. Presupuesto de gastos de estructura	136
5.2.6. Seguimiento del presupuesto de inversiones	137

5.3. Control y seguimiento de los estados financieros previsionales	138
5.3.1. Seguimiento de las desviaciones en la cuenta de explotación previsional	138
5.3.2. Seguimiento de las desviaciones del presupuesto de tesorería previsional.....	140
5.4. Resumen del capítulo 5.....	141
5.5. Ejemplo práctico: análisis de los diferentes tipos de desviaciones	143
5.5.1. Datos iniciales.....	143
5.5.2. Cuentas de explotación con datos presupuestados y reales.....	144
5.5.3. Análisis de desviaciones.....	144
5.5.4. Cuenta de explotación con el análisis de desviaciones...	146
Capítulo 6. Herramientas del control presupuestario	147
6.1. Características de las herramientas que dan soporte al presupuesto	147
6.2. Los diferentes tipos de software de gestión presupuestaria.....	149
6.3. Ejemplo de modelo de herramienta de confección y análisis del presupuesto.....	150
6.4. Resumen del capítulo 6.....	154
Capítulo 7. Check list del sistema de elaboración y control del presupuesto	155
7.1. El <i>check list</i> del presupuesto como herramienta de control	155
7.2. <i>Check list</i> del proceso de elaboración del presupuesto	156
7.3. <i>Check list</i> del proceso de presentación y aprobación del presupuesto	158
7.4. <i>Check list</i> del proceso de seguimiento y control del presupuesto	160
7.5. Resumen del capítulo 7.....	161
Capítulo 8. Caso práctico global de realización y seguimiento de un presupuesto.....	163
8.1. Datos iniciales.....	163
8.2. Confección del presupuesto: obtención de los presupuestos operativos.....	171

8.3. Obtención de los estados financieros previsionales	180
8.4. Análisis y seguimiento de las desviaciones	186
8.5. Resumen del capítulo 8	192
Capítulo 9. La realización de presupuestos de proyectos	193
9.1. Definición de proyecto	193
9.2. Los diferentes tipos de proyectos	194
9.3. Las funciones de la dirección de un proyecto	194
9.4. Fases de un proyecto	195
9.5. Realización del presupuesto del proyecto	196
9.6. Análisis y control de un proyecto	198
9.7. Indicadores de control de un proyecto	201
9.8. Caso práctico de análisis de un proyecto	203
9.8.1. Datos iniciales	203
9.8.2. Análisis de las desviaciones temporales o de planificación	205
9.8.3. Análisis de las desviaciones económicas	208
9.9. Resumen del capítulo 9	212
Glosario	213
Bibliografía	225



Índice

9 EL MANTENIMIENTO LEGAL	235
9.1 LA IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO LEGAL	235
9.2 LA RESPONSABILIDAD DE TITULAR DE LA INSTALACIÓN	236
9.3 FORMAS DE ABORDAR EL MANTENIMIENTO LEGAL	238
9.4 RESUMEN DE EQUIPOS SOMETIDOS A MANTENIMIENTO LEGAL	240
9.5 NORMATIVA DE REFERENCIA	240
9.6 INSTALACIONES DE ALTA TENSIÓN	244
9.6.1 Centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación	244
9.6.2 Inspecciones a realizar por el usuario o empresa cualificada	245
9.6.3 Inspecciones a realizar por un Organismo de Control Autorizado	249
9.6.4 Líneas eléctricas de Alta Tensión	260
9.7 INSTALACIONES DE BAJA TENSIÓN	252
9.8 EQUIPOS A PRESIÓN	254
9.8.1 El RD 2060/2008	254
9.8.2 Las Instrucciones Técnicas Complementarias	255
9.8.3 Tipos de fluidos	255
9.8.4 Categorías de equipos a presión	256
9.8.5 Niveles de inspección	256
9.8.6 Periodicidad de las inspecciones	259
9.9 INSTALACIONES DE GAS	263
9.9.1 ITC ICG-01. Instalaciones de distribución de gases por canalización	263
9.9.2 ITC ICG-02. Centros de almac. y distribución de envases de GLP	264
9.9.3 ITC ICG-03. Instalaciones de almac. de GLP en depósitos fijos	264

9.9.4 ITC ICG-04. Plantas satélite de (GNL)	265
9.9.5 ITC ICG-05. Estaciones de servicio para vehículos a gas	265
9.9.6 ITC ICG-06. Instalaciones de envases de GLP para uso propio	265
9.9.7 ITC ICG-07. Instalaciones receptoras de combustibles gaseosos	266
9.9.8 ITC ICG-08. Aparatos a gas	266
9.10 INSTALACIONES CON RIESGO DE LEGIONELOSIS	266
9.10.1 Tipos de instalaciones con riesgo de legionelosis	266
9.10.2 Medidas preventivas	267
9.10.3 Programas de mantenimiento en las instalaciones	267
9.10.4 Torres de refrigeración y condensadores evaporativos	269
9.11 MÁQUINAS	274
9.12 INSTALACIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS	276
9.13 INSTALACIONES PETROLÍFERAS	278
9.13.1 Normativa de aplicación	278
9.13.2 ITC MI-IP-01. Refinerías	279
9.13.3 ITC MI-IP-02. Parque de Almacenamiento	279
9.13.4 ITC MI-IP-03. Consumo en propia instalación	279
9.13.5 ITC MI-IP-04. Suministro a vehículos	280
9.14 INSTALACIONES TÉRMICAS DE CLIMATIZACIÓN	281
9.15 INSTALACIONES FRIGORÍFICAS	282
9.16 ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS QUÍMICOS	287
9.16.1 ITC MIE-APQ-01. Líquidos inflamables y combustibles	289
9.16.2 ITC MIE APQ-02: Almacenamiento de óxido de etileno	290
9.16.3 ITC MIE APQ-03: Almacenamiento de cloro	290
9.16.4 ITC MIE APQ-04: Almacenamiento de amoníaco anhidro	291
9.16.5 ITC MIE APQ-05: Almacen. de botellas de gases licuados	294
9.16.6 ITC MIE APQ-06: Almacenamiento de líquidos corrosivos	294

9.16.7 ITC MIE APQ-07: Almacenamiento de líquidos tóxicos	295
9.17 VEHÍCULOS	297
9.18 EQUIPOS DE ELEVACIÓN	297
9.18.1 ITC MIE- AEM-01. Ascensores electromecánicos	298
9.18.2 ITC MIE- AEM-03. Carretillas automotoras de manutención	298
9.18.3 Otras instalaciones, puentes-grúas o polipastos	298
9.19 INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR	299
9.19.1 R.D 842/2002	299
9.19.2 R.D. 1890/08	301
9.20 LA CONSTANCIA DOCUMENTAL: LIBROS DE REGISTRO	304
10 MANTENIMIENTO PREDICTIVO	307
10.1 LA IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO	307
10.2 CURVAS DE PROBABILIDAD DE FALLO	308
10.3 OBJETIVOS DEL SEGUIMIENTO DE UNA VARIABLE FÍSICA	311
10.4 ¿ES EL MANTENIMIENTO PREDICTIVO ALGO ÚTIL Y PRÁCTICO?	311
10.5 LA EVOLUCIÓN DEL VALOR MEDIDO	315
10.6 EL EQUILIBRIO TÉCNICO-ECONÓMICO Y LA INFORMACIÓN	316
10.7 LA JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA	317
10.8 LAS RUTAS PREDICTIVAS	318
10.9 EL PREDICTIVO COMO SUSTITUTO COMPLETO DEL SISTEMÁTICO	318
10.10 LA CALIDAD DE LOS EQUIPOS	320
10.11 EL INFORME TRAS UNA INSPECCIÓN PREDICTIVA	321

10.12 PUESTA EN PRÁCTICA DE LAS CONCLUSIONES	322
10.13 ANÁLISIS DE VIBRACIONES	323
10.13.1 <i>La aplicación del análisis de vibraciones</i>	323
10.13.2 <i>Técnicas de análisis</i>	323
10.13.3 <i>Parámetros de las vibraciones</i>	325
10.13.4 <i>Principales características de un analizador</i>	327
10.13.5 <i>Tipos de transductores</i>	328
10.13.6 <i>Formas de fijación del sensor</i>	335
10.13.7 <i>Puntos de medición</i>	336
10.13.8 <i>Normas de severidad</i>	337
10.13.9 <i>Fallos detectables por vibraciones en maquinas rotativas</i>	339
10.13.10 <i>Los sistemas expertos</i>	343
10.14 TERMOGRAFÍA	344
10.14.1 <i>La termografía como técnica predictiva</i>	344
10.14.2 <i>Principios básicos de la termografía</i>	346
10.14.3 <i>Parámetros de los que depende la radiación recibida</i>	349
10.14.3 <i>Emisividad y Reflectividad</i>	349
10.14.4 <i>Ventajas de la termografía</i>	352
10.14.5 <i>Inconvenientes de la termografía</i>	353
10.14.6 <i>Principales características de una cámara termográfica</i>	353
10.14.7 <i>Reglas de oro para tomar una imagen termográfica</i>	354
10.14.8 <i>Aplicaciones de la termografía</i>	355
10.15 INSPECCIONES BOROSCÓPICAS	357
10.15.1 <i>Las inspecciones boroscópicas</i>	357
10.15.2 <i>El boroscopio</i>	358
10.15.3 <i>Defectos detectables mediante inspección boroscópica</i>	360
10.15.4 <i>Los tres aspectos importantes al realizar una boroscopia</i>	361
10.15.5 <i>Aplicación de boroscopia en centrales termosolares</i>	363

10.16 INSPECCIONES POR ULTRASONIDOS	364
10.16.1 <i>El empleo de ultrasonidos para localizar fallas</i>	364
10.16.2 <i>Características más importantes del medidor</i>	366
10.17 ANÁLISIS DE ACEITE	366
10.17.1 <i>Equipos en los que resulta de utilidad</i>	367
10.17.2 <i>Análisis de partículas de desgaste</i>	368
10.17.3 <i>Análisis de otros contaminantes</i>	369
10.17.4 <i>Análisis de las propiedades del aceite</i>	371
10.17.5 <i>Análisis de aceite en transformadores</i>	372
10.17.6 <i>Normas elementales para las tomas de muestras de aceite</i>	374
10.17.7 <i>La contratación de análisis de aceite</i>	375
10.18 ANÁLISIS DE HUMOS	378
10.18.1 <i>El analizador de humos</i>	378
10.18.2 <i>Utilidad del control de humos de combustión</i>	379
10.18.3 <i>La contratación del servicio de control de gases de escape</i>	381
11 PARADAS Y GRANDES REVISIONES	383
11.1 LA IMPORTANCIA DE LAS PARADAS PROGRAMADAS	383
11.2 TIPOS DE PARADAS	384
11.3 TAREAS A REALIZAR EN UNA PARADA PROGRAMADA	385
11.3.1 <i>Revisiones sistemáticas programadas</i>	385
11.3.2 <i>Realización de inspecciones o pruebas</i>	386
11.3.3 <i>Realización de Mantenimiento Correctivo Programado</i>	386
11.3.4 <i>Implementación de mejoras</i>	386
11.4 TAREAS A REALIZAR EN LOS DIFERENTES SISTEMAS	387
11.4.1 <i>Tareas a realizar en parada en el campo solar</i>	387
11.4.2 <i>Tareas a realizar en el sistema HTF</i>	388

11.4.3 Tareas a realizar en los trenes de generación de vapor	389
11.4.4 Tareas a realizar en el ciclo agua-vapor	389
11.4.5 Tareas a realizar en las turbinas de vapor	391
11.4.6 Tareas a realizar en los sistemas eléctricos de alta tensión	394
11.4.7 Tareas a realizar en los sistemas auxiliares	395
11.5 LIMPIEZAS TÉCNICAS	396
11.5.1 Equipos que requieren de limpiezas técnicas periódicas	396
11.5.2 Justificación de la necesidad de las limpiezas técnicas	396
11.5.3 Tipos de limpiezas técnicas	397
11.5.4 La contratación de limpiezas técnicas	397
11.6 VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LA REALIZACIÓN DE PARADAS	398
11.7 LAS CONTRATAS DE MANTENIMIENTO	398
11.8 LAS OBLIGACIONES DEL PROPIETARIO ANTE LOS CONTRATISTAS	399
11.9 HERRAMIENTAS Y MEDIOS TÉCNICOS	400
11.10 MATERIALES	402
11.11 PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO	402
11.12 PLANIFICACIÓN: CAMINO CRÍTICO Y MÁRGENES DE SEGURIDAD	403
11.12.1 Razones de los retrasos	405
11.12.2 La clave: El camino crítico	406
11.12.3 La preparación del trabajo	409
11.12.4 El enlace entre tareas	410
11.12.5 Los trabajos en paralelo	411
11.13 PROBLEMAS HABITUALES EN LA REALIZACIÓN DE PARADAS	412
11.14 TÉCNICAS PARA OPTIMIZAR LA DURACIÓN DE UNA PARADA	413
11.14.1 La preparación del trabajo	414
11.14.2 La gestión del camino crítico	414
11.14.3 El horario de la intervención	414

11.14.4 <i>La colaboración del propietario con los contratistas</i>	414
11.14.5 <i>La correcta elección de los contratistas</i>	415

12 GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO **417**

12.1 EL MANTENIMIENTO CORRECTIVO Y SU GESTIÓN	417
12.2 DISTRIBUCIÓN DEL TIEMPO EN LA RESOLUCIÓN DE UNA FALLO	418
12.3 ASIGNACIÓN DE PRIORIDADES	422
12.4 LISTAS DE AVERÍAS: AYUDAS AL DIAGNÓSTICO	425
12.5 CORRECTIVO PROGRAMADO Y NO PROGRAMADO	426
12.6 EL CORRECTIVO COMO BASE DEL MANTENIMIENTO	428
12.7 ANÁLISIS DE FALLOS	430
12.7.1 <i>Averías graves y averías repetitivas</i>	430
12.7.2 <i>Las causas de los fallos</i>	431
12.7.3 <i>El proceso de análisis de un fallo</i>	433
12.7.4 <i>El informe de la avería</i>	444
12.8 GRANDES AVERÍAS Y SEGUROS	445

13 TRABAJOS QUE REQUIEREN HERRAMIENTAS ESPECIALES **449**

13.1 ALINEACIÓN LÁSER	449
13.1.1 <i>La alineación láser</i>	449
13.1.2 <i>Problemas derivados de una mala alineación</i>	451
13.1.3 <i>Características principales de los alineadores láser</i>	452
13.1.4 <i>Aplicaciones de la alineación láser</i>	454
13.2 EQUILIBRADO DE EQUIPOS ROTATIVOS	456
13.2.1 <i>Desequilibrio estático y dinámico</i>	456

13.2.2	<i>La necesidad de equilibrar los equipos rotativos</i>	458
13.2.3	<i>Máquina y equipos que suelen equilibrarse</i>	458
13.2.4	<i>Equilibrados in-situ</i>	459
13.2.5	<i>Equilibrados en taller</i>	460
13.3	CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTACIÓN	461
13.3.1	<i>La necesidad de calibrar los dispositivos de medida</i>	461
13.3.2	<i>Errores de los instrumentos</i>	462
13.3.3	<i>Proceso general de calibración</i>	462
13.3.4	<i>Instrumentos y actuadores que se suelen calibrar</i>	466
13.3.5	<i>El plan de calibración</i>	467
13.3.6	<i>Herramientas para la calibración</i>	467
14	LA GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN	469
14.1	DATOS E INFORMACIÓN	469
14.2	DOCUMENTOS GENERADOS POR MANTENIMIENTO	470
14.2.1	<i>Órdenes de trabajo</i>	470
14.2.2	<i>Informes de realización de gamas de mantenimiento</i>	471
14.2.3	<i>Informes de avería</i>	471
14.2.4	<i>Informes mensuales</i>	471
14.2.5	<i>Informes anuales</i>	472
14.3	INDICADORES DE GESTIÓN	472
14.3.1	<i>Índices de Disponibilidad</i>	472
14.3.2	<i>Indicadores de Gestión de Órdenes de Trabajo</i>	474
14.3.3	<i>Índices de coste</i>	476
14.3.4	<i>Índices de proporción de tipo de mantenimiento</i>	478
14.3.5	<i>Índices de Gestión de Almacenes y Compras</i>	478
14.3.6	<i>Índices de Seguridad y Medio Ambiente</i>	480
14.4	SOFTWARE DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO. GMAO	482

14.4.1 <i>La generalización del uso de la informática</i>	482
14.4.2 <i>Justificación de la necesidad</i>	483
14.4.3 <i>Objetivos que se pretenden con la informatización</i>	484
14.4.4 <i>Errores habituales que se cometen al implantar sistemas GMAO</i>	486
14.4.5 <i>Proceso de implantación</i>	488
14.4.6 <i>La contratación de la implantación de un GMAO</i>	488

15 EL PERIODO DE IMPLANTACIÓN **493**

15.1 LOS SIETE ASPECTOS A CUIDAR DURANTE LA IMPLANTACIÓN	494
15.2 ANÁLISIS DE LA INSTALACIÓN Y PUESTA A PUNTO INICIAL	495
15.3 SELECCIÓN DEL PERSONAL	496
15.4 FORMACIÓN Y ENTRENAMIENTO DEL PERSONAL	497
15.5 MEDIOS TÉCNICOS	497
15.6 REPUESTOS Y CONSUMIBLES	498
15.7 EL PLAN DE MANTENIMIENTO INICIAL	499
15.8 DESARROLLO DE LOS MÉTODOS DE TRABAJO	500

16 EL PRESUPUESTO DE O&M DE UNA CENTRAL TERMOSOLAR **503**

16.1 EL PRESUPUESTO DEL EQUIPO DE DIRECCIÓN DE PLANTA	503
16.2 EL PRESUPUESTO DE OPERACIÓN	505
16.2.1 <i>Costes de personal</i>	505
16.2.2 <i>Coste de medios técnicos</i>	507
16.2.3 <i>Coste de suministros</i>	508
16.2.4 <i>Coste de consumibles de operación</i>	511
16.3 COSTES DE MANTENIMIENTO	512

16.3.1 Costes de personal	513
16.3.2 Subcontratos	515
16.3.3 Medios técnicos	516
16.3.4 Coste en repuestos	516
16.3.5 Coste de consumibles de mantenimiento	518
16.3.6 Costes de periodicidad no anual	520
16.3.7 Grandes averías	520
16.3.8 Los riesgos de un presupuesto de mantenimiento insuficiente	521
16.4 COSTES TOTALES DE MOVILIZACIÓN O IMPLANTACIÓN	521
16.5 COSTE DE SEGUROS	522
16.6 INCREMENTOS DE COSTE A LO LARGO DE LA VIDA DE LA PLANTA	523
16.7 CÁLCULO DEL COSTE DE EXPLOTACIÓN EN DIFERENTES PAISES	523



Índice

1	LAS CENTRALES CCP	1
1.1	LAS CENTRALES TERMOSOLARES CCP	1
1.2	EL FLUIDO CALOPORTADOR	2
1.3	EL CAMPO SOLAR	3
1.4	EL TREN DE GENERACIÓN DE VAPOR	4
1.5	LA TURBINA DE VAPOR	6
1.6	LA CONDENSACIÓN DEL VAPOR	7
1.7	EL GENERADOR	9
1.8	EL SISTEMA DE ALTA TENSIÓN	10
2	EL MERCADO ELÉCTRICO	13
2.1	EL MERCADO ELÉCTRICO	13
2.2	LOS 6 MERCADOS INTRADIARIOS	16
2.2.1	<i>Ofertas de venta en los mercados intradiarios</i>	17
2.2.2	<i>Ofertas de compra en los mercados intradiarios</i>	18
2.2.3	<i>Procesos de casación y resultados</i>	19
2.3	LA OPERACIÓN DEL SISTEMA	20
2.3.1	<i>Mercados de servicios de ajuste del sistema</i>	21
2.3.2	<i>Solución de restricciones técnicas</i>	22
2.3.3	<i>Servicios complementarios</i>	23

2.4 EL MERCADO ELÉCTRICO Y LAS ENERGÍAS RENOVABLES	26
2.4.1 <i>La venta a tarifa</i>	27
2.4.2 <i>La venta a mercado + prima</i>	28
2.4.3 <i>Contratos bilaterales</i>	28
2.4.4 <i>Los mercados intradiarios</i>	28
2.4.5 <i>Desvíos</i>	29
2.4.6 <i>Complementos</i>	29
2.4.7 <i>La retribución final</i>	30
3 LA FUNCIÓN DEL EQUIPO DE OPERACIÓN	35
3.1 EL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA Y LOS EQUIPOS	35
3.1.1 <i>Arranques</i>	35
3.1.2 <i>Paradas</i>	36
3.1.3 <i>Vigilancia de parámetros</i>	36
3.1.4 <i>Rondas de operación</i>	36
3.1.5 <i>Respuesta a alarmas</i>	36
3.1.6 <i>Cambios en los modos de operación</i>	37
3.2 EL CONTROL DEL PROCESO	37
3.3 EL CONTROL QUÍMICO	39
3.3.1 <i>El control químico del ciclo agua-vapor</i>	39
3.3.2 <i>El control químico de la torre de refrigeración</i>	40
3.3.3 <i>El control químico de los circuitos de refrigeración</i>	40
3.3.4 <i>El control químico de la planta de tratamiento de agua</i>	41
3.3.5 <i>El control químico de la planta de tratamiento de efluentes</i>	41
3.4 EL MANTENIMIENTO DE PRIMER NIVEL	42
3.5 CONCESIÓN Y GESTIÓN DE PERMISOS DE TRABAJO	43
3.6 LA REALIZACIÓN DE DESCARGOS	45

4	EL ORGANIGRAMA DE UNA CENTRAL TERMOSOLAR	47
4.1	COMENTARIOS GENERALES SOBRE EL ORGANIGRAMA	47
4.2	EL ORGANIGRAMA DEL EQUIPO DE DIRECCIÓN	48
4.3	DIRECTOR DE PLANTA	50
4.3.1	<i>Descripción de puesto</i>	50
4.3.2	<i>El seguro de responsabilidad para directivos</i>	51
4.3.3	<i>Plantas con la operación y mantenimiento contratadas</i>	53
4.3.4	<i>El trabajo habitual del Director de Planta</i>	53
4.4	ADMINISTRATIVO	57
4.5	RESPONSABLE DE PREVENCIÓN DE RIESGOS	58
4.6	RESPONSABLE DE COMPRAS	62
4.7	RESPONSABLE DE MANTENIMIENTO INFORMÁTICO	63
4.8	EL ORGANIGRAMA DEL DPTO. DE OPERACIÓN	65
4.8.1	<i>Organigrama</i>	65
4.8.2	<i>Descripción de puesto: Jefe de Operación</i>	65
4.8.3	<i>Descripción de puesto: Jefe de Turno</i>	69
4.8.4	<i>Descripción de puesto: Panelista</i>	73
4.8.5	<i>Descripción de puesto: Operador de campo</i>	73
4.8.6	<i>Descripción de puesto: Ingeniero de proceso</i>	74
4.8.7	<i>Descripción de puesto: Ingeniero químico</i>	76
4.8.9	<i>Descripción de puesto: Ingeniero de control</i>	77
4.9	PUESTOS COMPARTIDOS CON OTRAS CENTRALES	78
4.10	SERVICIOS FÁCILMENTE CONTRATABLES A EMPRESAS EXTERNAS	79
4.11	EL ORGANIGRAMA DE LA CENTRAL Y LA ISO 9001	81

4.11.1	<i>El departamento de calidad</i>	82
4.11.2	<i>La ISO 9001 no mejora una central termoeléctrica</i>	83
4.12	ERRORES HABITUALES EN LA CONFIGURACIÓN DEL ORGANIGRAMA	84
4.12.1	<i>La supresión de puestos clave</i>	84
4.12.2	<i>Organigramas a medida de las personas, no de la planta</i>	86
4.12.3	<i>Aumento de puestos indirectos</i>	86
5	LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS HUMANOS	89
5.1	LOS RRHH EN CENTRALES TERMOSOLARES	89
5.2	LA SELECCIÓN DEL EQUIPO DE O&M	91
5.2.1	<i>Captación de candidatos</i>	92
5.2.2	<i>Preselección de currícula</i>	93
5.2.3	<i>La selección: pruebas</i>	94
5.2.4	<i>Selección: la entrevista final</i>	97
5.3	EMPRESAS ESPECIALIZADAS EN SELECCIÓN DE PERSONAL	98
5.4	LA CONTRATACIÓN	99
5.5	EL PERIODO DE ATERRIZAJE	100
5.5.1	<i>La incorporación del Director de Planta</i>	100
5.5.2	<i>La incorporación de los mandos intermedios de planta</i>	102
5.5.3	<i>La incorporación del resto de personal</i>	103
5.6	LA ROTACIÓN DE PERSONAL: CAUSAS Y CONSECUENCIAS	104
5.6.1	<i>Causas de la rotación no deseada</i>	105
5.6.2	<i>Problemas derivados de la rotación excesiva</i>	110
5.6.3	<i>El análisis de las causas de rotación: la entrevista de salida</i>	111
5.6.4	<i>Ventajas de una rotación 'sostenible'</i>	113
5.7	LA MOTIVACIÓN, FACTOR CLAVE	113

5.7.1 Hechos que motivan al personal técnico especializado	114
5.7.2 Como motivar al personal técnico especializado	114
5.7.3 Hechos que desmotivan al personal técnico especializado	116
5.7.4 Qué hacer ante un técnico desmotivado	118
5.8 MOTIVACIÓN Y CLIMA LABORAL	118
5.8.1 ¿Qué es el Clima Laboral?	119
5.8.2 Los responsables del Clima Laboral	120
5.8.3 La evaluación del clima laboral	120
5.8.4 Independencia	121
5.8.5 Condiciones ambientales del trabajo	122
5.8.6 Liderazgo	122
5.8.7 Las relaciones entre los miembros del equipo	122
5.8.8 Implicación	123
5.8.9 Existencia de procedimientos	123
5.8.10 Nivel de urgencias	123
5.8.11 Reconocimiento	123
5.8.12 El sistema retributivo	124
5.8.13 Igualdad	124
5.8.14 La existencia de varios Climas Laborales	124
5.8.15 Otros factores	124
5.9 POLIVALENCIA Y ESPECIALIZACIÓN	125
5.9.1 La especialización	125
5.9.2 Ventajas e inconvenientes de la especialización	126
5.9.3 La polivalencia como táctica para la optimización	127
6 EL PLAN DE FORMACIÓN	131
6.1 LA IMPORTANCIA DE PLANIFICAR LA FORMACIÓN	132

6.2 LA FORMACIÓN PREVIA	133
6.3 LA FORMACIÓN DE ACOGIDA	134
6.4 FORMACIÓN INICIAL EN CENTRALES TERMOSOLARES CCP	136
6.5 CURSOS ESPECÍFICOS DE OPERACIÓN	137
6.6 LA FORMACIÓN DEL PERSONAL DE MANTENIMIENTO	138
6.7 CURSOS OBLIGATORIOS	139
6.8 LA FORMACIÓN EN GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL	139
6.9 CURSOS ESPECÍFICOS IMPARTIDOS POR FABRICANTES DE EQUIPOS	141
6.10 VISIÓN GENERAL DEL PLAN DE FORMACIÓN INICIAL	142
6.11 LOS COSTES DE LA FORMACIÓN	146
6.12 LA ROTACIÓN DE PERSONAL Y SU FORMACIÓN	146
6.13 LA FORMACIÓN DE REFRESCO	148
6.14 LA FORMACIÓN CONTINUA	148
6.14.1 <i>Objetivos de la formación continua</i>	148
6.14.2 <i>Ventajas e inconvenientes de la formación continua</i>	149
6.15 DOCUMENTANDO EL PLAN DE FORMACIÓN ANUAL	151
6.16 FORMACIÓN Y SUBVENCIONES	154
6.17 LAS SUBVENCIONES NO LO SON TODO	155
7 MODOS DE ARRANQUE	157
7.1 EL ARRANQUE DE UNA CENTRAL TERMOSOLAR	157
7.2 TIPOS DE ARRANQUE	158
7.3 LA NECESIDAD DE ELABORAR PROCEDIMIENTOS DE ARRANQUE	159

7.4 ARRANQUE FRÍO	159
7.4.1 Homogenización de la temperatura del HTF	161
7.4.2 Puntos a verificar antes de iniciar el arranque	165
7.4.3 Circulación del HTF a través del tren de generación de vapor	167
7.4.4 Enfoque y calentamiento	168
7.4.5 Funcionamiento en modo bypass y vapor de sellos	170
7.4.6 Preparación del arranque de la turbina de vapor	171
7.4.7 El arranque de la turbina	173
7.4.8 El aumento de carga	176
7.4.9 Duración de un arranque frío	177
7.5 ARRANQUE FRÍO CON CALDERA AUXILIAR DE GAS	177
7.6 ARRANQUE TEMPLADO	179
7.6.1 Homogenización	179
7.6.2 Verificaciones prearranque	179
7.6.3 Circulación del HTF a través del tren de generación de vapor	180
7.6.4 Calentamiento y funcionamiento en modo bypass	181
7.6.5 Arranque de la turbina de vapor	182
7.6.6 Subida de carga	184
7.6.7 Arranque templado con caldera auxiliar	184
7.7 ARRANQUE CALIENTE	184
7.8 PROBLEMAS HABITUALES EN LOS ARRANQUES	185
7.8.1 Problemas pasados	185
7.8.2 Problemas actuales	183
8 MODOS DE OPERACIÓN	189
8.1 MODO CAMPO SOLAR	191
8.1.1 Funcionamiento a plena carga	192

8.1.2 <i>Funcionamiento con exceso de radiación</i>	196
8.1.3 <i>Funcionamiento con radiación reducida</i>	197
8.2 MODO CALDERA AUXILIAR	203
8.2.1 <i>Las calderas auxiliares</i>	203
8.2.2 <i>Esquema de funcionamiento del MODO CALDERA</i>	206
8.2.3 <i>La regulación normativa del MODO CALDERA</i>	209
8.3 MODO HÍBRIDO	213
8.4 MODOS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO	215
8.4.1 <i>El funcionamiento del sistema de almacenamiento</i>	218
8.4.2 <i>Modos de operación</i>	219
8.4.3 <i>Balance de energía</i>	221
8.5 MODO RECIRCULACIÓN	221
9 EL CONTROL QUÍMICO	223
9.1 LA IMPORTANCIA DEL CONTROL QUÍMICO	222
9.2 CORROSIÓN	224
9.3 LA INCRUSTACIÓN	231
9.4 LA CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA	234
9.5 BENEFICIOS DE UN CONTROL QUÍMICO EFECTIVO	236
9.6 EL CONTROL QUÍMICO DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	237
9.6.1 <i>El control químico de torres evaporativas</i>	240
9.6.2 <i>El control de las incrustaciones</i>	242
9.6.3 <i>El control químico de la corrosión</i>	243
9.6.4 <i>El control microbiológico</i>	244
9.6.5 <i>Monitorización y rangos aceptables</i>	245
9.6.6 <i>Herramientas de monitorización</i>	245

9.6.7 <i>Introducción a la prevención y control de la legionella</i>	246
9.6.8 <i>Normativas referentes a torres de refrigeración</i>	246
9.7 CIRCUITOS CERRADOS DE REFRIGERACIÓN	247
9.8 EL CICLO AGUA-VAPOR	248
9.8.1 <i>La calidad del agua</i>	248
9.8.2 <i>La recirculación del agua</i>	248
9.8.3 <i>Separación vapor-agua</i>	249
9.8.4 <i>La desconcentración de sales o purga</i>	249
9.8.5 <i>Zonas críticas en un ciclo agua-vapor</i>	249
9.8.6 <i>Las causas de la corrosión</i>	251
9.8.7 <i>La corrosión en los componentes del ciclo agua-vapor</i>	253
9.8.8 <i>El control del oxígeno disuelto</i>	255
9.8.9 <i>El control del pH</i>	256
9.8.10 <i>El control del contenido en sales</i>	257
10 EL MANTENIMIENTO CONDUCTIVO	259
10.1 TIPOS DE MANTENIMIENTO	259
10.2 TAREAS QUE INCLUYE EL MANTENIMIENTO CONDUCTIVO	261
10.2.1 <i>Tipos de tareas según su naturaleza</i>	261
10.2.2 <i>Tipos de tareas según el lugar de realización</i>	262
10.2.3 <i>Tipos de tareas de acuerdo con la frecuencia</i>	262
10.3 LAS INSPECCIONES SENSORIALES	263
10.4 LAS LECTURAS O TOMAS DE DATOS	265
10.5 LAS 15 RONDAS DE OPERACIÓN	266
10.6 LAS RONDAS DEL CAMPO SOLAR	268
10.7 EL MANTENIMIENTO CONDUCTIVO DEL RESTO DE LOS SISTEMAS	269

010719593



Índice

1. LAS CENTRALES TERMOSOLARES CCP	1
1.1 LAS CENTRALES TERMOSOLARES CCP	1
1.2 EL FLUIDO CALOPORTADOR	2
1.3 EL CAMPO SOLAR	3
1.4 EL TREN DE GENERACIÓN DE VAPOR	4
1.5 LA TURBINA DE VAPOR	6
1.6 LA CONDENSACIÓN DEL VAPOR	7
1.7 EL GENERADOR	9
1.8 EL SISTEMA DE ALTA TENSIÓN	10
1.9 EL COSTE DE UNA CENTRAL TERMOSOLAR CCP	11
2. VISIÓN GENERAL DEL SISTEMA HTF	13
2.1 EL FLUIDO DE TRANSFERENCIA TÉRMICA (HTF)	13
2.1.1 <i>Justificación de la utilización de HTF en vez de agua</i>	13
2.1.2 <i>Principales propiedades del HTF</i>	15
2.2 ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA HTF	17
2.3 SISTEMA DE BOMBEO	17
2.4 TUBERÍA COLECTORA FRÍA Y CALIENTE	18
2.5 TANQUES DE EXPANSIÓN	20
2.6 SISTEMA DE NITRÓGENO DE INERTIZACIÓN	21

2.7 CALDERA AUXILIAR	22
2.8 SISTEMA DE ELIMINACIÓN DE PRODUCTOS DE DEGRADACIÓN	24
2.9 ESQUEMA GENERAL DEL BLOQUE DE POTENCIA	25
3. EL FLUIDO ORGÁNICO SINTÉTICO CALOPORTADOR (HTF)	27
3.1 FLUIDOS CALOPORTADORES EN LA INDUSTRIA	27
3.1.1 <i>El agua</i>	27
3.1.2 <i>Mezclas de sales inorgánicas fundidas</i>	28
3.1.3 <i>Mercurio</i>	28
3.1.4 <i>Alquilbencenos</i>	28
3.1.5 <i>Sodio líquido</i>	29
3.1.6 <i>Productos de síntesis</i>	29
3.2 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL HTF	30
3.2.1 <i>Mezcla eutéctica y punto de congelación</i>	31
3.2.2 <i>Temperatura máxima de utilización</i>	32
3.2.3 <i>Viscosidad</i>	32
3.2.4 <i>Densidad</i>	35
3.2.5 <i>Calor específico</i>	36
3.2.6 <i>Temperatura de ignición</i>	38
3.2.7 <i>Temperatura de autoinflamación</i>	39
3.2.8 <i>Presión de vapor y temperatura de ebullición</i>	40
3.2.9 <i>Características de seguridad</i>	40
3.2.10 <i>Otras características</i>	41
3.2.11 <i>Tabla de características</i>	42
3.2.12 <i>La degradación del HTF</i>	42
4. EL CAMPO SOLAR Y EL SISTEMA HTF	45
4.1 DESCRIPCIÓN DEL CAMPO SOLAR EN UNA CENTRAL CCP	45

4.2 TUBERÍA COLECTORA DE HTF EN EL CAMPO SOLAR	51
4.3 EL CALORIFUGADO DE TUBERÍA EN EL CAMPO SOLAR	54
4.4 CONFIGURACIÓN DE TUBERÍA EN EL CAMPO SOLAR	56
4.5 VÁLVULAS EN EL CAMPO SOLAR	58
4.6 EL EQUILIBRADO HIDRÁULICO DEL CAMPO SOLAR	60
4.7 EL TUBO ABSORBEDOR	61
4.7.1 <i>El tubo metálico central</i>	63
4.7.2 <i>Cubierta de vidrio</i>	63
4.7.3 <i>Soldadura vidrio metal</i>	64
4.7.4 <i>Dilatador</i>	65
4.7.5 <i>Soldadura entre tubos</i>	66
5. EL SISTEMA DE BOMBEO	69
5.1 LA FUNCIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO	69
5.2 BOMBAS PERTENECIENTES AL SISTEMA DE BOMBEO	70
5.3.GENERALIDADES SOBRE BOMBAS CENTRÍFUGAS	73
5.3.1 <i>Las bombas centrífugas</i>	73
5.3.2 <i>Partes de una bomba centrífuga</i>	74
5.4 TIPOS DE BOMBAS	77
5.4.1 <i>Según la dirección del fluido</i>	77
5.4.2 <i>Según su normalización</i>	78
5.4.3 <i>Según el tipo de accionamiento</i>	80
5.4.4 <i>Según el número de rodetes</i>	81
5.4.5 <i>Basado en la succión del rotor o rodete</i>	82
5.4.6 <i>Basado en la orientación de la división de la carcasa</i>	83
5.4.7 <i>Basado en el soporte de los rodamientos</i>	84
5.4.8 <i>Según la orientación del eje</i>	85

5.5 TIPOS DE BOMBAS SEGÚN LA NORMA API 610	85
5.5.1 <i>Bombas OH</i>	85
5.5.2 <i>Bombas BB</i>	87
5.5.3 <i>Bombas VS</i>	90
5.6 PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE BOMBAS CENTRÍFUGAS	91
5.6.1 <i>Caudal nominal</i>	91
5.6.2 <i>Presiones</i>	91
5.6.3 <i>NPSH requerido</i>	92
5.6.4 <i>Normalización</i>	93
5.6.5 <i>Tipo de bomba</i>	93
5.6.6 <i>Nº de etapas</i>	93
5.6.7 <i>Tipo de motor</i>	93
5.6.8 <i>Tensión de alimentación</i>	93
5.6.9 <i>Tipo de regulación</i>	93
5.6.10 <i>Tipo de cierre</i>	94
5.6.11 <i>Potencia eléctrica o potencia térmica</i>	95
5.6.12 <i>Potencia hidráulica</i>	95
5.6.13 <i>Altura manométrica en la descarga, o presión en la descarga</i>	95
5.6.14 <i>Rendimiento o eficiencia</i>	95
5.6.15 <i>Curva característica</i>	96
5.7 EL SISTEMA DE ESTANQUEIDAD: SELLOS	96
5.7.1 <i>Los dispositivos de sellado</i>	96
5.7.2 <i>Sellos mecánicos</i>	98
5.7.3 <i>Componentes de un sello mecánico</i>	99
5.7.4 <i>Los sellos de cartucho</i>	100
5.8 TIPOS DE SELLOS MECÁNICOS DE CARTUCHO SEGÚN API 682	101
5.8.1 <i>Según su adecuación a la norma API 610</i>	101
5.8.2 <i>Según el número de sellos que incluye (arreglo)</i>	102
5.8.3 <i>Según la disposición de los sellos que incluye</i>	103

5.9 EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DEL SELLO	104
5.9.1 <i>Fluido enfriador y lubricador (Flush)</i>	105
5.9.2 <i>Fluido limpiador (Quench)</i>	106
5.9.3 <i>Venteo</i>	106
5.9.4 <i>Intercambiador</i>	106
5.9.5 <i>Depósitos</i>	107
5.9.6 <i>Separador ciclónico</i>	108
5.10 PLANES DE LUBRICACIÓN Y ENFRIAMIENTO API 682	110
5.10.1 <i>API Plan 1</i>	110
5.10.2 <i>API Plan 11</i>	111
5.10.3 <i>API Plan 2</i>	112
5.10.4 <i>API Plan 21</i>	113
5.10.5 <i>API Plan 22</i>	113
5.10.6 <i>API Plan 23</i>	114
5.10.7 <i>API Plan 51</i>	115
5.10.8 <i>API Plan 52</i>	116
5.10.9 <i>API Plan 53A</i>	118
5.10.10 <i>API Plan 53B</i>	119
5.10.11 <i>API Plan 54</i>	120
5.11 LA SELECCIÓN DEL SELLO MECÁNICO	121
5.11.1 <i>Características de la bomba</i>	122
5.11.2 <i>Condiciones de utilización</i>	122
5.11.3 <i>Características del fluido</i>	123
5.11.4 <i>La selección de materiales del sello</i>	124
5.12 BOMBAS PRINCIPALES DE IMPULSIÓN DEL HTF	126
5.12.1 <i>La función de las bombas principales</i>	126
5.12.2 <i>Selección del tipo de bomba</i>	126
5.12.3 <i>Selección del tipo de sello</i>	126
5.12.4 <i>Selección del plan del refrigeración del sello</i>	127

5.12.5	<i>Configuraciones habituales</i>	128
5.12.6	<i>El motor</i>	128
5.12.7	<i>El control del caudal</i>	130
5.13	BOMBAS DE RECIRCULACIÓN	131
5.14	BOMBAS DE CALDERA	132
5.15	BOMBAS DE TANQUES DE EXPANSIÓN	132
5.16	BOMBAS DE DESCARGA	132
5.17	BOMBAS DEL SISTEMA DE DEPURACIÓN	133
6.	TANQUES DE EXPANSIÓN	135
6.1	LA NECESIDAD DE LOS TANQUES DE EXPANSIÓN	135
6.2	CÁLCULO DEL VOLUMEN DE LOS TANQUES DE EXPANSIÓN	136
6.3	CONFIGURACIONES HABITUALES	138
6.4	MURO DE CONTENCIÓN	138
6.5	TRACEADO DE TANQUES	140
6.6	SISTEMA DE INERTIZACIÓN Y PRESURIZACIÓN DE TANQUES	140
7.	LOS INTERCAMBIADORES DEL TREN DE GEN. DE VAPOR	145
7.1	EL CICLO RANKINE	145
7.2	EQUIPOS QUE FORMAN PARTE DEL TREN DE GENERACIÓN DE VAPOR	147
7.3	CONFIGURACIÓN DEL TREN DE GENERACIÓN DE VAPOR	150
7.4	REPARTO DE FLUIDO	152
7.5	GENERALIDADES SOBRE INTERCAMBIADORES CARCASA-TUBOS	153

7.5.1 <i>La carcasa</i>	154
7.5.2 <i>Los tubos</i>	155
7.5.3 <i>Las placas tubulares</i>	155
7.5.4 <i>Placas deflectoras</i>	156
7.6 LA CLASIFICACIÓN TEMA	157
7.7 EL ECONOMIZADOR	159
7.8 EVAPORADOR	162
7.9 EL SOBRECALENTADOR	170
7.10 RECALENTADOR	173
7.11 VISIÓN GENERAL DEL TREN DE GENERACIÓN DE VAPOR	177
8. EL SISTEMA DE DEPURACIÓN DEL HTF	181
8.1 LA DEGRADACIÓN DEL HTF	181
8.2 LA FUNCIÓN DEL SISTEMA DE DEPURACIÓN	183
8.3 FILTRADO	184
8.3.1 <i>Filtro simples</i>	184
8.3.2 <i>Filtros dobles</i>	184
8.3.3 <i>Filtros autolimpiantes</i>	184
8.3.4 <i>Filtros riñón</i>	185
8.4 LA DEPURACIÓN POR DESTILACIÓN	185
8.4.1 <i>Primera fase: evaporación flash</i>	186
8.4.2 <i>Segunda fase: condensación controlada</i>	187
8.4.3 <i>Equipos que componen el sistema de depuración</i>	189
8.5 EL SISTEMA DE DEPURACIÓN MÁS EFICAZ	189

9. CALDERA AUXILIAR DE GAS NATURAL	193
9.1 JUSTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD	193
9.2 DISPOSICIÓN DE LA CALDERA AUXILIAR	195
9.3 ENERGÍA GENERABLE CON LA CALDERA AUXILIAR	197
9.4 POTENCIA	200
10. ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS EN CENTRALES CCP	201
10.1 QUÉ ES UNA ATMÓSFERA EXPLOSIVA	201
10.2 NORMATIVAS QUE REGULAN LAS ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS	202
10.3 TIPOS DE ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS	203
10.4 OBLIGACIONES DERIVADAS DE LA PRESENCIA DE ZONAS ATEX	203
10.5 COMBUSTIBLES EN CENTRALES TERMOSOLARES	205
10.6 ZONAS ATEX EN CENTRALES TERMOSOLARES	206
10.6.1 Juntas rotativas en el campo solar	206
10.6.2 Tanques de expansión	207
10.6.3 Zona de bombeo	208
10.6.4 Zona de depuración (Ullage)	208
10.6.5 Zona de intercambiadores de tren de generación de vapor	209
10.6.6 Caldera auxiliar	210
10.6.7 ERM o planta satélite de GNL	211
10.6.8 Zona de baterías	212
11. INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL DEL SISTEMA HTF	215
11.1 LA MEDICIÓN DEL CAUDAL	215

11.1.1 Medición de caudal en fluidos	215
11.1.2 La función de los caudalímetros	216
11.1.3 Principio de funcionamiento general de caudalímetros	216
11.1.4 Factores que influyen en la medición de caudal	217
11.1.5 Tipos de caudalímetros	219
11.1.6 Caudalímetros empleados en centrales termosolares	226
11.1.7 La dificultad en la medida del caudal de HTF	226
11.2 MEDICIÓN DE TEMPERATURA	227
11.2.1 Indicadores visuales	227
11.2.2 Los termopares	228
11.2.3 Las termorresistencias (RTD)	230
11.2.4 Puntos de medida de la temperatura en el circuito	233
11.3 MEDICIÓN DE PRESIÓN	235
11.3.1 Instrumentos locales: el tubo bourdon	235
11.3.2 Transmisores de presión electromecánicos	235
11.3.3 Medida de la presión en el sistema HTF	243
11.4 MEDICIÓN DE NIVEL	245
11.4.1 Medidores de flotador	245
11.4.2 Transmisores de nivel de presión diferencial	246
11.4.3 Equipos con transmisores de nivel	248
11.5 EL CONTROL DEL SISTEMA HTF	249
11.5.1 El control del HTF en el campo solar	249
11.5.2 El control de nivel en tanques de expansión	251
11.5.3 El control del caudal de HTF en caldera auxiliar	251
11.5.4 El control del sist. de eliminación de prod. de degradación	251
11.5.5 El control de caudal de HTF en el tren de generación de vapor	252

Índice

de contenidos

Sobre los autores	6
Sobre el editor técnico	7
Introducción	13
¡Programar es divertido!	13
Un poco de historia.....	15
Qué se puede hacer con Raspberry Pi	20
1. Conozca la Raspberry Pi	23
Conociendo la placa	23
Modelos A/B	25
Modelos A+/B+.....	26
Raspberry Pi 2.....	27
Raspberry Pi 3.....	28
Raspberry Pi Zero	29
Un poco de historia.....	30
2. Comenzar con Raspberry Pi	33
Conectar una pantalla	33
Conectar un teclado y un ratón.....	36
Instalar NOOBS en una tarjeta SD	38
Conectar almacenamiento externo.....	39
Conectar la red.....	40
Conectar la alimentación	43
Instalar el sistema operativo.....	44
Conectar dispositivos Bluetooth.....	49
3. Administración del sistema Linux	51
Linux: visión general	51
Fundamentos de Linux	54
Introducción a Raspbian	54

Debian, el padre de Raspbian	59
Alternativas a Raspbian	59
Dispositivos de almacenamiento externos.....	60
Crear una cuenta de usuario.....	62
Distribución del sistema de archivos	63
Distribución lógica.....	63
Instalar y desinstalar software.....	65
Gestionar software mediante la interfaz gráfica	66
Gestionar software mediante la línea de comando.....	67
Encontrar software	68
Instalar software	69
Desinstalar software.....	70
Actualizar software.....	70
Apagar Raspberry Pi de manera segura	71
4. Resolución de problemas	73
Problemas con el teclado y el ratón	73
Problemas con la alimentación.....	74
Problemas con la visualización.....	76
Problemas con el inicio.....	77
Problemas con la red	77
5. Configurar la red	81
Red cableada.....	81
Conexión a una red cableada con la GUI.....	81
Comprobar la conectividad.....	84
Red inalámbrica	85
Conectar a una red inalámbrica mediante la GUI	85
Conectar a una red inalámbrica mediante la consola	87
Encriptación WPA/WPA2	90
6. La herramienta Configuración de Raspberry Pi	93
Utilizar la herramienta.....	94
La pestaña Sistema	94
Sistema de archivo	95
Hostname	96
Iniciar en	96
Ingreso automático.....	96
Red al iniciar	97
Overscan.....	97
Rastrack.....	97
La pestaña Interfaces.....	98
SSH	99
SPI.....	99
I ² C.....	99
Rendimiento	100
Memoria GPU.....	102
Localización.....	102
Locale (Local).....	103
Zona horaria	104

7. Configuración avanzada de Raspberry Pi	107
Editar archivos de configuración usando NOOBS.....	107
Configuración de hardware: config.txt.....	109
Aumentar la frecuencia de Raspberry Pi.....	114
Hacer particiones de memoria.....	119
Ajustes de software: cmdline.txt.....	120
8. Raspberry Pi como ordenador personal para ver cine en casa	123
Reproducir música en la consola.....	123
HTPC dedicado con OSMC.....	125
Reproducir en streaming material de Internet.....	128
Reproducir en streaming material de una red local.....	129
Configurar OSMC.....	131
9. Raspberry Pi como máquina productiva	133
Aplicaciones alojadas en la nube.....	133
LibreOffice.....	136
Edición de imágenes con Gimp.....	137
10. Introducción a Scratch	139
Introducción a Scratch.....	139
Ejemplo 1: Hello World.....	140
Ejemplo 2: Animación y sonido.....	143
Ejemplo 3: Un juego sencillo.....	145
Interconectar Scratch con hardware.....	151
Para saber más.....	153
11. Introducción a Python	155
Introducción a Python.....	155
Ejemplo 1: Hello World.....	156
Ejemplo 2: Comentarios, entradas, variables y bucles.....	161
Ejemplo 3: Jugar con pygame.....	165
Ejemplo 4: Python y la red.....	173
Para saber más.....	178
12. Versión de Minecraft para Raspberry Pi	181
Introducción a la versión de Minecraft para Raspberry Pi.....	181
Instalar Minecraft.....	182
Ejecutar Minecraft.....	182
Exploración.....	184
Modificar Minecraft.....	185
13. Aprendiendo a modificar hardware	191
Equipo electrónico.....	191
Códigos de color de las resistencias.....	193
Conseguir componentes.....	195
Fuera de la red.....	196

Especialistas en aficionados	197
Evolucionando desde la placa de pruebas	197
Manual rápido de soldadura	200
14. El puerto GPIO	205
Identificar la revisión de su placa	205
Diagramas de pines del GPIO	207
Características del puerto GPIO	208
Bus serie UART	209
Bus I ² C	209
Bus SPI	209
Utilizar el puerto GPIO en Python	210
Salida GPIO: Iluminar un LED	210
Entrada GPIO: Detectar un interruptor	214
Soldar el conector GPIO del Raspberry Pi Zero	218
15. El módulo de cámara de Raspberry Pi	221
Razones para utilizar el módulo de cámara	222
Elegir un módulo de cámara	222
Instalar el módulo de cámara	223
Habilitar el modo Cámara	225
Capturar imágenes fijas	227
Grabar vídeo	229
Fotografía time-lapse desde la línea de comandos	231
16. Placas de expansión	233
Carcasa oficial de Raspberry Pi	234
Instalación	235
Pantalla táctil de 7" de Raspberry Pi	236
Instalación	237
Sense HAT	240
Instalación	241
Programación de Sense HAT	242
Apéndice A. Programas en Python	247
Serpiente Raspberry (ejemplo 3)	247
Lista de usuarios de IRC (ejemplo 4)	249
Entrada y salida GPIO	250
Apéndice B. Referencia rápida para el módulo de cámara de Raspberry Pi	251
Opciones compartidas	251
Opciones para raspistill	256
Opciones para raspivisd	258
Apéndice C. Modos de visualización HDMI	261
Índice alfabético	267



Índice

1	LAS CENTRALES CCP	1
1.1	LAS CENTRALES TERMOSOLARES CCP	1
1.2	EL FLUIDO CALOPORTADOR	2
1.3	EL CAMPO SOLAR	3
1.4	EL TREN DE GENERACIÓN DE VAPOR	4
1.5	LA TURBINA DE VAPOR	6
1.6	LA CONDENSACIÓN DEL VAPOR	7
1.7	EL GENERADOR	9
1.8	EL SISTEMA DE ALTA TENSIÓN	10
2	LOS OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO	13
2.1	IDEAS BÁSICAS SOBRE MANTENIMIENTO	13
2.2	OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO DE UNA CENTRAL TERMOSOLAR	17
2.2.1	<i>El objetivo de disponibilidad</i>	17
2.2.2	<i>El objetivo de fiabilidad</i>	19
2.2.3	<i>La vida útil de la planta</i>	20
2.2.4	<i>El cumplimiento del presupuesto</i>	20
2.3	LA MENTALIDAD DE MANTENIMIENTO A CORTO PLAZO	21
2.4	POSIBILIDADES PARA AFRONTAR EL MANTENIMIENTO EN UNA CTS	22
2.4.1	<i>O&M realizado por el propietario en su totalidad</i>	23

2.4.2 O&M realizado por el propietario con el apoyo de fabricantes	24
2.4.3 O&M realizado por la Ingeniería responsable del proyecto	25
2.4.4 O&M realizado por una empresa especializada	26
2.5 EL MANTENIMIENTO, LA GRAN ASIGNATURA PENDIENTE	26
2.5.1 Organización del personal	27
2.5.2 Los puntos pendientes de la construcción	27
2.5.3 Elaboración del plan de mantenimiento	28
2.5.4 Repuesto en stock y gestión de materiales	28
2.5.5 Medios técnicos	29
2.5.6 La falta de investigación de averías graves	29
2.5.7 Los GMAO y la burocratización del mantenimiento	30
2.5.8 La ISO 9001	30
2.5.9 Herramientas de gestión mal empleadas	31
3 ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO	33
3.1 TIPOS DE MANTENIMIENTO	33
3.2 ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO	34
3.3 ESTRATEGIA CORRECTIVA	37
3.4 ESTRATEGIA CONDICIONAL	38
3.5 ESTRATEGIA SISTEMÁTICA	41
3.6 ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO DE ALTA DISPONIBILIDAD	44
3.7 ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO DE ALTA FIABILIDAD	45
3.8 LA ESTRATEGIA IDEAL EN UNA CENTRAL TERMOSOLAR CCP	47

4 EL ORGANIGRAMA DE MANTENIMIENTO	49
4.1 LOS RECURSOS HUMANOS EN MANTENIMIENTO	49
4.2 CRITERIOS PARA LA DEFINICIÓN DEL ORGANIGRAMA	49
4.2.1 <i>Determinación de los puestos indirectos</i>	51
4.2.2 <i>Elaboración del plan de mantenimiento</i>	53
4.2.3 <i>Estimación de la carga de trabajo preventiva</i>	53
4.2.4 <i>Política de externalización</i>	55
4.2.5 <i>Cálculo de la carga de trabajo preventiva corregida</i>	56
4.2.6 <i>Velocidad de respuesta</i>	57
4.2.7 <i>Objetivo de disponibilidad</i>	57
4.2.8 <i>Análisis de especialidades</i>	58
4.2.9 <i>La composición final</i>	59
4.3 EL ORGANIGRAMA HABITUAL EN UNA CENTRAL TERMOSOLAR	59
4.4 DESCRIPCIÓN DE PUESTOS DE TRABAJO INDIRECTOS	63
4.4.1 <i>Jefe de Mantenimiento</i>	64
4.4.2 <i>Responsable de Oficina Técnica de Mantenimiento</i>	66
4.4.3 <i>Responsable de almacén (almacenero)</i>	67
4.5 DESCRIPCIÓN DE PUESTOS DE TRABAJO DIRECTOS	68
4.5.1 <i>Responsable mecánico</i>	69
4.5.2 <i>Responsable eléctrico</i>	69
4.5.3 <i>Técnicos del campo solar</i>	69
4.5.4 <i>Mecánicos ajustadores</i>	71
4.5.5 <i>Ayudantes</i>	72
4.5.6 <i>Electricistas de alta y baja Tensión</i>	72
4.5.7 <i>Electrónicos e instrumentistas</i>	75
4.5.8 <i>Ingeniero de control</i>	75

5	LA ELABORACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO	77
5.1	LA NECESIDAD DE ELABORAR UN PLAN DE MANTENIMIENTO	77
5.2	LA PÉRDIDA DE PRODUCCIÓN POR UN MAL MANTENIMIENTO	80
5.3	QUÉ ES UN PLAN DE MANTENIMIENTO	81
5.4	LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO	81
5.4.1	<i>Frecuencia</i>	81
5.4.2	<i>Especialidad</i>	82
5.4.3	<i>Duración</i>	84
5.4.4	<i>Permiso de trabajo</i>	84
5.4.5	<i>Maquina parada o en marcha</i>	84
5.5	LA AGRUPACIÓN DE TAREAS EN GAMAS	84
5.6	FORMAS DE ELABORAR UN PLAN DE MANTENIMIENTO	85
5.7	ERRORES HABITUALES AL ELABORAR PLANES DE MANTENIMIENTO	87
5.7.1	<i>Seguir en exceso las recomendaciones de los fabricantes</i>	87
5.7.2	<i>Orientar el plan de mantenimiento a equipos</i>	88
5.7.3	<i>No contar con el personal de operación</i>	89
5.7.4	<i>Creer que el GMAO mantiene la instalación</i>	89
5.7.5	<i>Tratar de registrar informáticamente las inspecciones diarias</i>	89
5.7.6	<i>No implicar al personal de mantenimiento en la elaboración</i>	90
5.7.7	<i>Falta de mentalización preventiva</i>	90
6	PLAN DE MTO BASADO EN INSTRUCCIONES DE FABRICANTES	93
6.1	FASES EN LA ELABORACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO	94
6.2	LISTADO DE SISTEMAS	95

6.3 LISTADO DE EQUIPOS	97
6.4 ELECCIÓN DEL FORMATO	97
6.5 ACOPIO DE MANUALES	99
6.6 ESTUDIO DE LOS MANUALES	100
6.6 APORTACIONES DE LOS RESPONSABLES DE MANTENIMIENTO	100
6.7 MANTENIMIENTO LEGAL	101
6.8 DETERMINACIÓN DE LA ESPECIALIDAD	102
6.9 EL PLAN OBTENIDO	102
6.10 INCONVENIENTES DE ESTA FORMA DE REALIZACIÓN DEL PLAN	102
7 PLAN DE MTO BASADO EN PROTOCOLOS POR EQUIPOS	105
7.1 LOS PROTOCOLOS DE MANTENIMIENTO	107
7.1.1 <i>Determinación de las tareas</i>	108
7.1.2 <i>Especialidad del trabajo</i>	109
7.1.3 <i>Frecuencia</i>	112
7.1.4 <i>Duración estimada</i>	115
7.1.5 <i>Permiso de trabajo</i>	116
7.1.6 <i>Equipo parado/en marcha</i>	117
7.1.7 <i>Ejemplo de protocolo de mantenimiento</i>	117
7.1.8 <i>Listado completo de los protocolos necesarios</i>	118
7.2 DESCOMPOSICIÓN DE LA PLANTA EN SISTEMAS	123
7.3 LISTADOS DE EQUIPOS MANTENIBLES	124
7.3.1 <i>La estructura jerárquica de la planta</i>	124
7.3.2 <i>Decisiones</i>	125
7.3.3 <i>Criterios recomendados por RENOVETEC</i>	126

7.3.4 <i>Revisión de la lista de protocolos de mantenimiento</i>	132
7.3.5 <i>Ejemplo de listado de equipos</i>	132
7.4 APLICACIÓN DE PROTOCOLOS	134
7.5 OBTENCIÓN DE LAS GAMAS DE MANTENIMIENTO	135
7.6 REVISIÓN MANUAL DE LAS GAMAS OBTENIDAS	136
7.7 MANTENIMIENTO LEGAL	141
7.8 CODIFICACIÓN DE LAS GAMAS	141
7.9 LISTADO COMPLETO DE GAMAS	142
7.10 PROGRAMACIÓN DE LAS GAMAS	153
7.11 TIEMPO DE ELABORACIÓN DEL PLAN	153
7.12 VENTAJAS E INCONVENIENTES	154
8 PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN RCM	157
8.1 ¿QUE ES RCM?	157
8.2 BREVE HISTORIA DEL RCM	158
8.3 LAS VENTAJAS DE LA APLICACIÓN DE RCM	162
8.3.1 <i>La mejora de la seguridad</i>	162
8.3.2 <i>La mejora del impacto ambiental</i>	163
8.3.3 <i>El aumento de la producción eléctrica</i>	163
8.3.4 <i>El aumento de fiabilidad de la instalación</i>	163
8.3.5 <i>La disminución de costes de mantenimiento</i>	163
8.3.6 <i>El aumento en el conocimiento de la instalación</i>	165
8.3.7 <i>La disminución de la dependencia de los fabricantes</i>	165
8.4 INCONVENIENTES DE RCM	166
8.5 LOS FRACASOS EN LOS PROYECTOS DE IMPLANTACIÓN DE RCM	166

8.6 EL EQUIPO NECESARIO PARA REALIZAR UN ESTUDIO RCM	169
8.7 ¿RCM APLICADO A EQUIPOS CRÍTICOS O A TODA LA PLANTA?	170
8.8 EL NIVEL DE PROFUNDIDAD CON EL QUE ABORDAR EL ESTUDIO	173
8.9 LAS SIETE PREGUNTAS CLAVE	173
8.10 RESUMEN DE LAS 10 FASES DE RCM	174
8.11 FASE 1: DEFINICIÓN DE INDICADORES CLAVE	175
8.12 FASE 2: LISTADO Y CODIFICACIÓN DE EQUIPOS	176
8.13 FASE 3: LISTADO DE FUNCIONES Y SUS ESPECIFICACIONES	179
8.13.1 <i>La determinación de las funciones</i>	179
8.13.2 <i>Funciones primarias y secundarias</i>	179
8.13.3 <i>El análisis de los subsistemas</i>	181
8.13.4 <i>Análisis de los equipos que componen los sistemas</i>	182
8.14 FASE 4: FALLOS PRINCIPALES Y SECUNDARIOS	182
8.15 FASE 5: DETERMINACIÓN DE LOS MODOS DE FALLO	183
8.15.1 <i>Qué es un modo de fallo</i>	183
8.15.2 <i>Profundidad del proceso de identificación de modos de fallo</i>	184
8.15.3 <i>Las causas de los fallos</i>	185
8.15.4 <i>El diagrama de Ishikawa</i>	189
8.15.5 <i>Proceso de análisis de las causas de los fallos</i>	190
8.15.6 <i>Fuentes de información para determinar los modos de fallo</i>	190
8.16 FASE 6: CONSECUENCIAS DE LOS FALLOS: CRITICIDAD	193
8.16.1 <i>La evidencia del fallo</i>	194
8.16.2 <i>Consecuencias del fallo para la seguridad de las personas</i>	195
8.16.3 <i>Consecuencias del fallo para el medioambiente</i>	196
8.16.4 <i>Consecuencias del fallo para la producción de energía</i>	197
8.16.5 <i>Consecuencias del fallo en los costes de reparación</i>	198

8.16.6 <i>La probabilidad del fallo</i>	199
8.16.7 <i>Criticidad de los fallos: combinación de factores</i>	200
8.17 FASE 7: DETERMINACIÓN DE LAS MEDIDAS PREVENTIVAS	204
8.17.1 <i>Tipos de medidas preventivas</i>	204
8.17.2 <i>Tipos de tareas de mantenimiento</i>	205
8.17.3 <i>Relación entre la criticidad y las tareas de mantenimiento</i>	207
8.17.4 <i>Frecuencia con la que realizar las tareas</i>	210
8.17.5 <i>Modificaciones</i>	212
8.17.6 <i>Medidas provisionales</i>	217
8.17.7 <i>Cambios en procedimientos de operación</i>	220
8.17.8 <i>Cambios en procedimientos de mantenimiento</i>	221
8.17.9 <i>Formación</i>	221
8.18.10 <i>El diagrama de decisión</i>	221
8.18 FASE 8: AGRUPACIÓN DE MEDIDAS PREVENTIVAS	228
8.19 FASE 9: IMPLEMENTACIÓN DE LOS RESULTADOS	229
8.19.1 <i>Lista de mejoras</i>	229
8.19.2 <i>Plan de Mantenimiento</i>	230
8.19.3 <i>Elaboración de procedimientos</i>	231
8.19.4 <i>Realización de acciones formativas</i>	231
8.19.5 <i>Adquisición de repuesto</i>	231
8.20 SEGUIMIENTO DE RESULTADOS	231
8.21 DIFERENCIAS ENTRE EL PLAN DE MANTENIMIENTO INICIAL Y RCM	233

Índice general

Presentación	VII
1 ELECTROMAGNETISMO	1
1.1 Campo eléctrico	1
1.2 Conducción y resistencia eléctrica	7
1.3 Potencial eléctrico	10
1.4 Capacidad y condensadores	15
1.5 Campo magnético	18
1.6 Inducción magnética	28
1.7 Problemas	31
2 ELECTRICIDAD	37
2.1 Elementos de los circuitos eléctricos	37
2.2 Leyes fundamentales y circuitos eléctricos en corriente continua	39
2.3 Circuitos eléctricos en régimen transitorio (circuitos de primer orden)	44
2.4 Circuitos eléctricos en corriente alterna	47
2.5 Problemas	53
3 ELECTRÓNICA	57
3.1 Semiconductores y diodos	57
3.2 Transistores bipolares y transistores de efecto de campo	63
3.3 Familias lógicas	70
3.4 Transmisión de la información	71
3.5 Problemas	74
4 RESPUESTAS (tipo test)	81
5 SOLUCIONES DE ELECTROMAGNETISMO	83
5.1 Campo eléctrico	83
5.2 Conducción y resistencia eléctrica	97
5.3 Potencial eléctrico	102
5.4 Capacidad y condensadores	112
5.5 Campo magnético	117
5.6 Inducción magnética	130
5.7 Problemas	137
6 SOLUCIONES DE ELECTRICIDAD	151
6.1 Elementos de los circuitos eléctricos	151

- 6.2 Leyes fundamentales y circuitos eléctricos en corriente continua
- 6.3 Circuitos eléctricos en régimen transitorio (circuitos de primer orden)
- 6.4 Circuitos eléctricos en corriente alterna
- 6.5 Problemas

7 SOLUCIONES DE ELECTRÓNICA

- 7.1 Semiconductores y diodos
- 7.2 Transistores bipolares y transistores de efecto de campo
- 7.3 Familias lógicas
- 7.4 Transmisión de la información
- 7.5 Problemas

APÉNDICES

- A.1 Constantes físicas
- A.2 Unidades y prefijos normalizados
 - A.2.1 Sistema Internacional
 - A.2.2 Prefijos normalizados
- A.3 Magnitudes eléctricas y magnéticas
- A.4 Tablas de características



Índice

1. TECNOLOGÍAS DE APROVECHAMIENTO TERMOSOLAR.....	1
1.1 LA CONVERSIÓN DE RADIACIÓN EN ENERGÍA ELÉCTRICA.....	1
1.2 LAS CENTRALES DE CONCENTRADOR CILINDRO PARABÓLICO...3	3
1.2.1 El fluido caloportador.....	4
1.2.2 El campo solar.....	5
1.2.3 El tren de generación de vapor.....	6
1.2.4 La turbina de vapor.....	7
1.2.5 La condensación del vapor.....	8
1.2.6 El generador.....	10
1.2.7 El sistema de alta tensión.....	10
1.3 CENTRALES CCP CON ALMACENAMIENTO TÉRMICO.....	11
1.3.1 La gestionabilidad de la generación: generación y demanda.....	11
1.3.2 Posibilidades de almacenamiento de energía en centrales termosolares...12	12
1.3.3 Elementos del sistema de almacenamiento térmico.....	13
1.4 CONCENTRADORES LINEALES FRESNEL.....	15
1.4.1 Una tecnología más sencilla y más barata15	15
1.4.2 Los principios de la tecnología Fresnel16	16
1.4.5 Principales diferencias entre la tecnología CCP y la tecnología Fresnel...18	18
1.5 CENTRALES DE DISCO PARABÓLICO+MOTOR STIRLING.....	19
1.5.1 Un concepto modular.....	20
1.5.2 El espacio ocupado.....	22
1.5.3 El futuro de las plantas de disco parabólico.....	22
1.6 PLANTAS DE RECEPTOR CENTRAL CON GENERACIÓN DIRECTA DE VAPOR..23	23

1.6.1 Heliostatos.....	24
1.6.2 Disposiciones del campo solar.....	25
1.6.3 El receptor.....	26
1.6.3 Comparación con las centrales CCP28	
1.7 PLANTAS DE TORRE CENTRAL CON SALES INORGÁNICAS FUNDIDAS....	30
1.7.1 Esquema de funcionamiento.....	30
1.7.2 Ventajas de las plantas de torre central con almacenamiento térmico..	32
1.7.3 Inconvenientes.....	33
1.8 HIBRIDACIÓN CON CALDERAS DE COMBUSTIBLE FÓSIL.....	34
1.8.1 Justificación de la necesidad.....	34
1.8.2 Energía generable con la caldera auxiliar.....	35
1.9 HIBRIDACIÓN CON CALDERAS DE BIOMASA.....	36
1.9.1 Las ventajas de la hibridación con biomasa.....	36
1.9.2 Normativa.....	37
1.9.3 Ventajas de la hibridación con biomasa.....	38
1.10 HIBRIDACIÓN CON CICLOS COMBINADOS. PLANTAS ISCC.....	39
1.10.1 Justificación técnica de la hibridación con ciclo combinado.....	39
1.10.9 Principales diferencias con una central CCP convencional.....	41
2. LAS CENTRALES CCP.....	43
2.1 LAS CENTRALES TERMOSOLARES CCP.....	43
2.2 EL FLUIDO CALOPORTADOR.....	44
2.3 EL CAMPO SOLAR.....	45
2.4 EL TREN DE GENERACIÓN DE VAPOR.....	46
2.5 LA TURBINA DE VAPOR.....	48

2.6 LA CONDENSACIÓN DEL VAPOR.....	49
2.7 EL GENERADOR.....	51
2.8 EL SISTEMA DE ALTA TENSIÓN.....	52
2.9 EL COSTE DE UNA CENTRAL TERMOSOLAR CCP.....	53
3. LA RADIACIÓN: GEOMETRÍA SOLAR.....	55
3.1 RADIACIÓN SOLAR.....	55
3.2 ROTACIÓN Y REVOLUCIÓN DE LA TIERRA.....	58
3.3 LA INCLINACIÓN DEL EJE DE LA TIERRA.....	59
3.4 INCLINACIÓN DEL EJE Y ALTITUD SOLAR.....	62
3.5 LA POSICIÓN SOLAR Y LOS ÁNGULOS QUE LA DEFINEN.....	63
3.6 RADIACIÓN SOLAR RECIBIDA.....	65
3.7 IRRADIANCIA E IRRADIACIÓN.....	67
3.8 RADIACIÓN DIRECTA, DIFUSA, Y REFLEJADA.....	67
3.9 VARIACIÓN DE LOS ÁNGULOS SOLARES A LO LARGO DEL AÑO...72	
4. EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE GENERACIÓN.....	75
4.1 REPASO DE CONCEPTOS DE IRRADIANCIA E IRRADIACIÓN.....	75
4.2 LA OBTENCIÓN DE DATOS DE BASES PÚBLICAS.....	78
4.3 DATOS OBTENIDOS IN SITU.....	79
4.4 OBTENCIÓN DEL AÑO SOLAR TIPO.....	80
4.5 DEFECTOS HABITUALES EN EL ESTUDIO DE LA RADIACIÓN SOLAR..83	

4.6 ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN.....	83
4.6.1 La potencia nominal.....	84
4.6.2 Características técnicas de los equipos instalados.....	85
4.6.4 Determinación de la energía.....	87
5. EL CAMPO SOLAR.....	89
5.1 EL PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.....	89
5.2 EL MODULO CONCENTRADOR.....	95
5.2.1 El tubo absorbedor.....	96
5.2.2 Soldadura y uniones entre tubos.....	99
5.2.3 El espejo.....	103
5.2.4 La estructura de soportación.....	105
5.3 COLECTORES.....	109
5.4 LAZOS.....	112
5.5 EL CAMPO SOLAR.....	113
5.6 TUBERÍA COLECTORA DE HTF EN EL CAMPO SOLAR.....	114
5.7 EL CALORIFUGADO DE TUBERÍA EN EL CAMPO SOLAR.....	117
5.8 CONFIGURACIÓN DE TUBERÍA EN EL CAMPO SOLAR.....	119
5.9 VÁLVULAS EN EL CAMPO SOLAR.....	121
5.10 EL EQUILIBRADO HIDRÁULICO DEL CAMPO SOLAR.....	123
6. EL FLUIDO HTF.....	125
6.1 FLUIDOS CALOPORTADORES EN LA INDUSTRIA.....	125
6.1.1 El agua.....	125
6.1.2 Mezclas de sales inorgánicas fundidas.....	126

6.1.3 Mercurio.....	126
6.1.4 Alquibencenos.....	126
6.1.5 Sodio líquido.....	127
6.1.6 Productos de síntesis.....	127
6.2 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL HTF.....	128
6.2.1 Mezcla eutéctica y punto de congelación.....	129
6.2.2 Temperatura máxima de utilización.....	130
6.2.3 Viscosidad.....	130
6.2.4 Densidad.....	133
6.2.5 Calor específico.....	134
6.2.6 Temperatura de ignición.....	136
6.2.7 Temperatura de autoinflamación.....	137
6.2.9 Características de seguridad.....	138
6.2.10 Otras características.....	139
6.2.11 Tabla de características.....	139
6.2.12 La degradación del HTF.....	140
7. EL SISTEMA HTF.....	143
7.1 EL FLUIDO DE TRANSFERENCIA TÉRMICA (HTF).....	143
7.2 SISTEMA DE BOMBEO.....	144
7.3 TUBERÍA COLECTORA FRÍA Y CALIENTE.....	145
7.4 TANQUES DE EXPANSIÓN.....	146
7.5 SISTEMA DE NITRÓGENO DE INERTIZACIÓN.....	147
7.6 CALDERA AUXILIAR.....	149
7.7 SISTEMA DE ELIMINACIÓN DE PRODUCTOS DE DEGRADACIÓN...	150
7.8 ESQUEMA GENERAL DEL BLOQUE DE POTENCIA.....	152

8. LA CALDERA AUXILIAR.....	153
8.1 JUSTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD.....	153
8.1.1 Disposición de la caldera auxiliar.....	155
8.1.2 Energía generable con la caldera auxiliar.....	158
8.2 POTENCIA.....	163
9. EL CICLO RANKINE.....	165
9.1 PROCESOS DEL CICLO RANKINE.....	165
9.2 CONCEPTOS BÁSICOS DE TERMODINÁMICA.....	167
9.3 DIAGRAMA TERMODINÁMICOS.....	169
9.3.1 Diagrama presión temperatura.....	169
9.3.2 Diagrama temperatura-volumen específico.....	171
9.3.3 Diagrama presión-volumen específico.....	172
9.3.4 Diagrama P-V-T tridimensional.....	173
9.3.5 Diagrama temperatura-entropía.....	176
9.3.6 Diagrama entalpía-entropía.....	176
9.4 ENTROPÍA, ENERGÍA Y TEMPERATURA EN UN CICLO RANKINE.....	178
9.5 DIAGRAMA T-S DEL CICLO RANKINE.....	180
9.5.1 Ciclo Rankine simple.....	180
9.5.2 Sobrecalentamiento.....	181
9.5.3 Recalentamiento.....	183
9.5.4 Regeneración.....	185
9.5.5 Pérdidas.....	189
9.6 CICLO RANKINE COMPLETO.....	191
9.7 CICLO RANKINE EN UNA CENTRAL TERMOSOLAR CCP.....	192

10.	EL TREN DE GENERACIÓN DE VAPOR.....	195
10.1	EL CICLO RANKINE.....	195
10.2	EQUIPOS TREN DE GENERACIÓN DE VAPOR.....	196
10.3	CONFIGURACIÓN DEL TREN DE GENERACIÓN DE VAPOR.....	199
10.4	REPARTO DE FLUIDO.....	200
10.5	EL ECONOMIZADOR.....	201
10.6	EVAPORADOR.....	204
10.7	EL SOBRECALENTADOR.....	214
10.8	RECALENTADOR.....	217
10.9	VISIÓN GENERAL DEL TREN DE GENERACIÓN DE VAPOR.....	221
11.	EL CICLO AGUA VAPOR	
11.1	ESQUEMA GENERAL DEL CICLO AGUA-VAPOR.....	225
11.2	EL INICIO DEL CICLO: EL CÓNDENSADO.....	227
11.3	EL TANQUE DE AGUA DE ALIMENTACIÓN.....	228
11.4	LAS BOMBAS DE AGUA DE ALIMENTACIÓN.....	230
11.5	EL TREN DE GENERACIÓN DE VAPOR.....	231
11.6	VÁLVULAS DE BYPASS.....	232
11.7	TURBINA DE VAPOR DE ALTA PRESIÓN.....	234
11.8	CIRCUITO DE BAJA PRESIÓN: EL RECALENTADOR.....	234
11.9	LA TURBINA DE VAPOR DE BAJA PRESIÓN.....	235

11.10 EL CONDENSADOR.....	236
11.11 PRINCIPALES EQUIPOS DEL CICLO AGUA-VAPOR.....	238
12. LA TURBINA DE VAPOR.....	241
12.1 LA TURBINA DE VAPOR, UNA MÁQUINA EXPERIMENTADA.....	241
12.2 CLASIFICACIÓN DE LAS TURBINAS DE VAPOR.....	243
12.2.1 Según la transformación de e. potencial en rotación.....	244
12.2.2 Según la presión a la entrada de la turbina.....	246
12.2.3 Según la presión del vapor de salida.....	247
12.2.4 Según la dirección del flujo en el rotor.....	247
12.2.5 Según la presencia de tomas intermedias de vapor.....	248
12.2.6 Según su conexión mecánica con otras turbinas.....	249
12.3 PARTES PRINCIPALES DE UNA TURBINA DE VAPOR.....	251
12.3.1 Sistema de admisión.....	251
12.3.2 El rotor.....	252
12.3.3 La carcasa.....	256
12.3.4 Cojinetes de apoyo, de bancada o radiales.....	259
12.3.5 Cojinete de empuje o axial.....	254
12.3.6 Sistema de lubricación.....	262
12.3.7 Sistema de extracción de vahos.....	264
12.3.8 Sistema de refrigeración de aceite.....	265
12.3.9 Sistema de aceite de control.....	265
12.3.10 El filtrado del aceite de lubricación.....	267
12.3.11 El aceite de elevación de eje.....	268
12.3.12 Conjunto de lubricación.....	268
12.3.13 Sistema de sellado de vapor.....	270
12.3.14 Virador.....	271

12.4 EL SISTEMA DE CONTROL.....	273
12.4.1 Funciones del sistema de control.....	273
12.4.2 Elementos del sistema de control.....	273
12.5 ELEMENTOS AUXILIARES DE LA TURBINA.....	276
12.5.1 Bancada.....	276
12.5.2 Nave de turbina.....	276
12.5.3 Puente grúa.....	278
12.5.4 Reductor.....	278
12.6 CONJUNTO TURBINA.....	279
12.6.1 Turbina de alta presión.....	280
12.6.2 Turbina de baja presión.....	281
12.5.2 Reductor.....	282
13. SISTEMAS AUXILIARES.....	283
13.1 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN PRINCIPAL.....	283
13.1.1 Circuito abierto.....	284
13.1.2 Circuito semiabierto con torre de refrigeración.....	285
13.1.3 Circuito cerrado, con aerocondensador.....	288
13.2 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DE EQUIPOS.....	289
13.3 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA (PTA).....	291
13.4 PLANTA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES.....	295
13.5 SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO.....	297
13.6 SISTEMA CONTRAINCENDIOS.....	299

14.	SISTEMA ELÉCTRICO DE ALTA TENSIÓN.....	301
14.1	EL GENERADOR ELÉCTRICO.....	301
14.2	LOS SISTEMAS DE ALTA Y MEDIA TENSIÓN.....	305
14.2.1	<i>Transformador principal.....</i>	<i>306</i>
14.2.2	<i>Transformador de servicios auxiliares.....</i>	<i>307</i>
14.2.3	<i>Interruptor de máquina.....</i>	<i>307</i>
14.2.4	<i>Interruptor automático.....</i>	<i>308</i>
14.2.5	<i>Seccionadores de barras y línea.....</i>	<i>308</i>
14.2.6	<i>Barra de media tensión.....</i>	<i>310</i>
14.2.7	<i>Línea de evacuación.....</i>	<i>311</i>
14.2.8	<i>Protección contra rayos.....</i>	<i>311</i>
14.2.9	<i>Red de tierras.....</i>	<i>313</i>
14.2.10	<i>Transformadores tensión (TT).....</i>	<i>314</i>
14.2.11	<i>Transformadores de intensidad.....</i>	<i>316</i>
14.2.12	<i>Protecciones.....</i>	<i>316</i>
14.3	EL SISTEMA DE BAJA TENSIÓN.....	317
14.4	EL ESQUEMA UNIFILAR.....	319
15	LOS COSTES DE CONSTRUCCIÓN	321
15.1	LOS COSTES DE INGENIERÍA	321
15.1.1	<i>Ingeniería Conceptual</i>	<i>322</i>
15.1.2	<i>Ingeniería Básica</i>	<i>323</i>
15.1.3	<i>Ingeniería de Detalle</i>	<i>323</i>
15.1.4	<i>Oficina técnica en obra</i>	<i>324</i>
15.1.5	<i>Coste total de la ingeniería</i>	<i>325</i>

15.2 COSTES DE LA GESTIÓN DE PERMISOS	325
15.3 COSTE DE LOS TERRENOS	327
15.4 COSTE DE LA LÍNEA DE EVACUACIÓN DE ENERGÍA	328
15.5 COSTE DE LA CAPTACIÓN DE AGUA	330
15.6 COSTE DE LAS INSTALACIONES DE VERTIDO	331
15.7 COSTE DEL MOVIMIENTO DE TIERRAS	333
15.8 RESUMEN DE LOS COSTES COMUNES A CUALQUIER PROYECTO.	334
15.9 RESUMEN DE PARTIDAS ESPECÍFICAS A CONSIDERAR	335
15.9.1 Datos de partida	335
15.9.2 Resumen de costes	336
15.9.3 Análisis del resumen de costes	336
15.9.4 Márgenes a considerar en la modalidad EPC	338
15.9.5 Importes totales considerando los márgenes del EPC	339
15.9.6 Cálculo del coste de MW instalado	340
15.10 CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE COSTES	342
15.10.1 La variabilidad de los precios	342
15.10.2 Factores de los que depende el precio de un equipo	342
15.11 COMPARATIVA DE COSTES ENTRE TECNOLOGÍAS	344
15.12 PROYECTOS TERMOSOLARES EN OTROS PAÍSES	345
15.13 EL COSTE DETALLADO DEL CAMPO SOLAR	349
15.14 OBRA CIVIL DEL BLOQUE DE POTENCIA	351
15.15 LOS COSTES DEL SISTEMA HTF	351
15.16 COSTES DEL TREN DE GENERACIÓN DE VAPOR	352
15.17 COSTES DEL CICLO AGUA-VAPOR	352

15.18 COSTES DEL TURBOGENERADOR	353
15.19 COSTE DE LOS SISTEMAS AUXILIARES	353
15.21 COSTE DEL SISTEMA DE CONTROL	354
15.22 COSTE DEL MONTAJE MECÁNICO	354
15.23 COSTES DE PUESTA EN MARCHA	355