



CURSO/GUÍA PRÁCTICA GEOTERMIA EN INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN Y OBRA PÚBLICA



Índice

¿QUÉ APRENDERÁ?.....	19
Introducción.	20
PARTE PRIMERA.	22
Panorama global y fundamentos de la geotermia aplicada	22
Capítulo 1: Contexto y evolución de la geotermia en el ámbito internacional.....	22
1. Antecedentes históricos de la geotermia	22
a. Pioneros y primeras aplicaciones	22
b. Avances tecnológicos clave	22
c. Expansión geográfica	23
2. Estado actual del sector geotérmico	23
a. Principales regiones y potenciales.....	23
b. Estadísticas de producción y consumo	23
c. Proyectos emblemáticos	23
3. Retos y oportunidades globales.....	24
a. Barreras técnicas	24
b. Obstáculos regulatorios	24
c. Nichos de mercado emergentes	24
4. Impacto ambiental y sostenibilidad	24
a. Huella de CO ₂ y ciclos de vida	24
b. Gestión y protección de acuíferos.....	25
c. Regeneración térmica del suelo	25
5. Geotermia en la transición energética	25
a. Sinergias con solar y eólica	25
b. Redes inteligentes y balances energéticos.....	26
c. Incentivos y políticas de fomento	26
6. Perspectivas futuras.....	26
a. Innovaciones disruptivas	26
b. Zonas geográficas emergentes.....	27
c. Proyecciones de crecimiento.....	27
Capítulo 2: Principios físicos y clasificación de recursos geotérmicos	29
1. Fundamentos termodinámicos	29
a. Conductividad y capacidad calorífica	29
b. Gradiente geotérmico	29
c. Transferencia de calor subsuperficial	30
2. Tipos de recursos geotérmicos	30
a. Alta y media entalpía.....	30
b. Baja y muy baja temperatura	30
c. Fuentes hidrotermales vs. roca caliente	30
3. Caracterización de acuíferos y yacimientos	31
a. Parametrización hidrodinámica.....	31

b. Propiedades termofísicas de rocas.....	31
c. Modelos de flujo y recarga	31
4. Clasificación según usos	31
a. Térmico directo	31
b. Generación eléctrica	32
c. Sistemas de cogeneración	33
5. Dimensionamiento básico	33
a. Cálculo de cargas térmicas	33
b. Selección de intercambiadores	33
c. Estimación de caudales y temperaturas	33
6. Normas de referencia internacionales	34
a. ISO y EN relevantes.....	34
b. VDI 4640 y DIN	34
c. Buenas prácticas documentadas	35
PARTE SEGUNDA.....	36
Exploración y caracterización de recursos geotérmicos	36
Capítulo 3: Métodos geofísicos y geoquímicos en cartografía térmica	36
1. Prospección gravimétrica y magnética	36
a. Fundamentos y aplicaciones	36
b. Procesado de datos	36
c. Limitaciones	37
2. Métodos sísmicos y de resistividad	37
a. Ensayos sísmicos de refracción	37
b. Tomografía eléctrica.....	37
c. Interpretación de resultados	37
3. Geoquímica de fluidos geotérmicos	37
a. Muestreo y análisis.....	37
b. Indicadores de origen y trazadores	38
c. Modelos de mezcla	38
4. Termometría isotópica y de minerales	38
a. Isótopos de O y H.....	38
b. Equilibrio mineral	38
c. Calibración de temperaturas paleo-geotérmicas	38
5. Cartografía y SIG	38
a. Integración de datos espaciales	38
b. Creación de mapas térmicos	39
c. Herramientas de software	39
6. Checklist de exploración inicial	39
a. Parámetros clave a medir.....	39
b. Equipo mínimo necesario	40
c. Protocolos de seguridad	40
Capítulo 4: Estudios geotécnicos y modelización numérica	42
1. Investigación de suelos y rocas	42
a. Perforaciones piloto	42

b. Ensayos in situ (SPT, CPT)	42
c. Caracterización granulométrica	43
2. Hidrogeología aplicada	43
a. Nivel freático y caudales	43
b. Pruebas de bombeo	43
c. Cálculo de transmisividad y almacenamiento	44
3. Modelización numérica con FEFLOW u otros	44
a. Definición de malla	44
b. Condiciones de contorno	44
c. Validación de modelos	44
4. Evaluación de parámetros térmicos	44
a. Ensayos de respuesta térmica (TRT)	44
b. Conductividad y difusividad	45
c. Interpretación de datos	45
5. Permisos y criterios de diseño	45
a. Requisitos legales	45
b. Criterios de vida útil	45
c. Gestión de riesgos	46
6. Formulario técnico: plantilla de informe geotécnico	47
Cubierta	47
1. Objetivos y alcance	47
2. Metodología	47
3. Resultados	48
4. Análisis e interpretación	48
5. Modelización	48
6. Conclusiones y recomendaciones	48
7. Bibliografía	49
Anexos	49
PARTE TERCERA.	50
Tecnologías de captación y transmisión de calor geotérmico	50
Capítulo 5: Diseño de intercambiadores horizontales, verticales y sumergidos	50
1. Intercambiadores horizontales	50
a. Configuraciones típicas	50
b. Profundidades y espaciamiento	50
c. Ventajas e inconvenientes	51
2. Intercambiadores verticales	51
a. Sondas cerradas vs. abiertas	51
b. Profundidad óptima según VDI 4640	51
c. Técnicas de perforación	51
3. Captadores sumergidos en masas de agua	52
a. Diseño y anclaje	52
b. Materiales y corrosión	52
c. Caudal y velocidad óptima	52
4. Sistemas bivalentes y mixtos	52
a. Integración con caldera o solar	52
b. Control de conmutación	52

c. Optimización estacional.....	52
5. Criterios de dimensionamiento	53
a. Carga térmica pico.....	53
b. Diseño según software analítico	53
c. Factor de simultaneidad	53
6. Checklist de diseño de campo geotérmico	53
• Evaluación geológica y termodinámica del terreno	53
• Selección de tipo de intercambiador (horizontal, vertical, sumergido)	54
• Dimensionamiento preliminar de sondas (número, profundidad, espaciamiento)	54
• Cálculo de caudales y pérdidas de carga	54
• Verificación de permisos (agua, suelo).....	54
• Elección de materiales y resistencia química	55
• Plan de control y monitorización (temperatura, caudal, presión)	55
• Coordinación con instalaciones secundarias (calderas, solar)	55
Capítulo 6: Bombas de calor geotérmicas y sistemas auxiliares	56
1. Principio de funcionamiento	56
a. Ciclo de compresión-vapor	56
b. Rendimiento (COP).....	56
c. Factores de degradación.....	57
2. Tipologías de bombas de calor	57
a. Monobloc vs. split.....	57
b. Monoetapa vs. dos etapas	57
c. Reversible frío-calor	57
3. Equipos de control y monitorización	57
a. Reguladores de temperatura.....	57
b. Sistemas SCADA/IoT	58
c. Alarmas y reportes.....	58
4. Sistemas de interconexión hidráulica.....	58
a. Acumuladores y depósitos	58
b. Válvulas de mezcla	58
c. Bombas y caudalímetros.....	58
5. Mantenimiento y garantía de eficiencia.....	58
a. Plan de mantenimiento preventivo.....	58
b. Pruebas de rendimiento anual	59
c. Recomendaciones de fabricante	59
6. Formulario técnico: registro de mantenimiento	59
PARTE CUARTA.	61
Aplicaciones de la Geotermia en edificación	61
Capítulo 7: Instalaciones geotérmicas en viviendas y edificios	61
1. Análisis de cargas térmicas	61
a. Cálculo de demanda estacional.....	61
b. Aislamiento y envolventes	61
c. Zonas climáticas aplicables	62
2. Diseño de circuitos internos	62

a. Suelo radiante vs. fan-coils.....	62
b. Circuitos primario vs. secundario	62
c. Muestreo de control	62
3. Calefacción, refrigeración y ACS.....	63
a. Modos de producción de ACS.....	63
b. Integración con sistemas solares.....	63
c. Eficiencia y confort	63
4. Cimentaciones termoactivas	63
a. Pilotes energéticos	63
b. Pantallas continuas.....	64
c. Casos en rehabilitación urbana.....	65
5. Rehabilitación de edificios históricos	65
a. Limitaciones estructurales.....	65
b. Técnicas no invasivas.....	66
c. Ejemplos destacados	66
6. Formulario técnico: memoria de cálculo de instalación	67
• Datos generales	68
• Cálculo de demanda	68
• Dimensionamiento campo geotérmico	68
• Circuitos internos	68
• Producción de ACS.....	68
• Control y automatización	68
• Conclusiones y recomendaciones	69
• Anexos	69
Capítulo 8: Cimentaciones termoactivas en obra nueva y rehabilitación	70
1. Fundamentos y aplicaciones.....	70
a. Tipologías de cimentación activa.....	70
b. Integración estructural	70
c. Beneficios térmicos.....	71
2. Diseño estructural y térmico	71
a. Coordinación entre ingenierías	71
b. Modelos FEA térmicos.....	71
c. Control de deformaciones	71
3. Protocolo de pruebas de estanqueidad.....	72
a. Ensayos en fábrica y obra	72
b. Requisitos de presión	72
c. Documentación exigida	73
4. Materiales y técnicas constructivas	73
a. Conectores y accesorios	73
b. Geosintéticos y sellantes	73
c. Protección anticorrosiva	74
5. Monitorización y ajuste post-obra	75
a. Sensórica y dataloggers	75
b. Ajuste de curvas de control	75
c. Análisis de rendimiento real	76
6. Checklist de instalación en cimentaciones.....	76

• Revisión de proyecto geotérmico y estructural	77
• Verificación de materiales y certificados de origen	77
• Ensayo hidrostático previo en fábrica	77
• Montaje de serpentines según trazado aprobado	77
• Control de verticalidad y posicionamiento con topografía	77
• Pulsado de limpieza y llenado con fluido portador	77
• Ensayo de estanqueidad en obra (6 bar, 24 h)	77
• Instalación de sensores y dataloggers en cabeza de pilote	77
• Vertido de hormigón con control de temperatura de fraguado	78
• Commissioning térmico: ciclo piloto de inyección/extracción	78
• Entrega de documentación (actas, planos revisados, manuales)	78
PARTE QUINTA.	79
Geotermia en obra pública e infraestructuras.....	79
Capítulo 9: Proyectos en túneles, estaciones y aeropuertos	79
1. Aprovechamiento de calor en túneles.....	79
a. Perfiles térmicos subterráneos.....	79
b. Integración con ventilación	79
c. Casos de estudio	80
2. Estaciones de metro y ferrocarril	80
a. Geotermia en la plataforma	80
b. Sistemas de intercambio subterráneo	80
c. Proyecto Metro de Viena.....	81
3. Aeropuertos y deshielo de pistas.....	81
a. Redes de agua caliente	81
b. Eficiencia y seguridad	81
c. Ejemplos globales	81
4. Almacenamiento estacional subterráneo.....	82
a. Acumulación en roca caliente	82
b. Cánones de diseño	82
c. Protocolos de extracción	82
5. Redes de calor urbanas	82
a. Diseño modular	82
b. Balance térmico de distrito	83
c. Integración de múltiples fuentes	83
6. Formulario técnico: esquema de red de calor.....	84
• Generación geotérmica	84
• Intercambiadores de red	84
• Tuberías de distribución	85
• Nudos de regulación	85
• Estaciones de usuario	85
• Control y monitorización	85
Capítulo 10: Obras lineales y proyectos civiles con geotermia.	86
1. Carreteras y pavimentos termoactivos	86
a. Materiales y capas funcionales.....	86
b. Mejora de durabilidad.....	86
c. Reducción de hielo y nieve	87

2. Muros y estructuras pantalla	87
a. Captación pasiva vs. activa	87
b. Estabilidad geotécnica	88
c. Ejecución en obra	88
3. Puentes y estructuras elevadas	89
a. Control de dilataciones	89
b. Gestión del calor residual	89
c. Casos emblemáticos	90
4. Tuberías enterradas y conducciones	90
a. Protección térmica	90
b. Aislamiento y trazado	91
c. Monitoreo remoto	92
5. Geosintéticos en aplicaciones geotérmicas	92
a. Barreras y separadores	92
b. Conductividad térmica	93
c. Certificaciones y normas	93
6. Checklist de obra civil geotérmica	94
• Revisión de proyecto geotérmico y civil conjunto	94
• Verificación de materiales (PE-X, hormigón, geosintéticos)	95
• Control topográfico de zanjas y cimientos	95
• Montaje de serpentines según trazado aprobado	95
• Ensayo hidrostático de colectores (6 bar, 24 h)	95
• Instalación de aislamiento y geotextiles	95
• Vertido controlado de hormigón y mortero	96
• Protección mecánica y relleno de capa de asiento	96
• Conexión a sala de bombas y puesta en carga	96
• Monitoreo inicial (DTS, caudalímetros, sondas térmicas)	96
• Documentación final: planos como construidos, actas de ensayo y manual de operación	96
PARTE SEXTA	97
Economía, normativa y gestión de proyectos con geotermia	97
Capítulo 11: Análisis económico y modelos de financiación de proyectos con geotermia	97
1. Estimación de costes de inversión	97
a. Captación y equipos	97
b. Obras civiles y montaje	97
c. Contingencias	98
2. Costes de operación y mantenimiento	98
a. Energía auxiliar	98
b. Revisiones periódicas	98
c. Repuestos críticos	98
3. Esquemas de financiación	98
a. Subvenciones y ayudas públicas	98
b. Préstamos blandos (líneas ICO, BEI)	98
c. Inversión privada y PPA	99
4. Indicadores de viabilidad	99
a. TIR, VAN, pay-back	99
b. Sensibilidad a precios energéticos	99

c. Riesgos financieros	99
5. Marco legal y permisos	99
a. Licencias de perforación	99
b. Declaraciones ambientales.....	100
c. Responsabilidad y seguros.....	100
6. Formulario técnico: hoja de cálculo de viabilidad.....	100
Pestaña "Inputs"	100
Pestaña "Cálculos"	101
Pestaña "Outputs"	101
Ejemplo multidimensional.....	102
Metodologías avanzadas.....	102
Proceso de validación.....	102
Capítulo 12: Normativa, estándares internacionales y buenas prácticas	103
1. Principales normas ISO y EN	103
a. ISO 17741, EN 15336	103
b. Adaptaciones nacionales.....	103
c. Requisitos clave	104
2. Directivas europeas y regulaciones locales.....	104
a. Energía Renovable (RED II)	104
b. Eficiencia Energética (EED).....	104
c. Requisitos de edificación (EPBD)	104
3. Certificaciones de sostenibilidad	105
a. LEED, BREEAM, DGNB.....	105
b. Criterios geotérmicos	105
c. Estudios de caso	105
4. Protocolos de ensayo y monitoreo	105
a. TRT (Thermal Response Test)	105
b. Inspecciones periódicas.....	105
c. Informes de seguimiento.....	106
5. Manuales de operación y mantenimiento.....	106
a. Estructura de un manual	106
b. Planos y diagramas.....	107
c. Registros obligatorios	107
6. Checklist de cumplimiento normativo.....	108
a. Declaración CE y marcados CE de todos los componentes	108
b. Certificados de refrigerante y registro en F-Gas	108
c. Autorizaciones de perforación (Normativa y CH local).....	109
d. Informes RED II y EED archivados.....	109
e. Documentación nZEB (EPBD) si aplica.....	109
f. Certificaciones LEED/BREEAM/DGNB y evidencias de auditoría	109
g. Ensayos TRT y EN 12201 archivados.....	110
h. Manual O&M completo con P&ID y esquemas eléctricos	110
i. Registro digitalizado de mantenimiento y actuaciones correctivas	110
PARTE SÉPTIMA.....	111
Innovación, digitalización y tendencias futuras.....	111
Capítulo 13: Digitalización e IoT en proyectos geotérmicos	111

1. Sensórica avanzada y dataloggers.....	111
a. Tipos de sensores	111
b. Protocolos de comunicación	112
c. Integración SCADA/IoT	112
2. Gemelos digitales (digital twins).....	112
a. Modelos en tiempo real	112
b. Simulación de performance	113
c. Mantenimiento predictivo.....	113
3. Big Data y análisis predictivo	113
a. Plataformas analíticas	113
b. Algoritmos de predicción	113
c. Casos de aplicación	113
4. Automatización de controles.....	114
a. Reglajes automáticos.....	114
b. Optimización energética	114
c. Interfaz hombre-máquina.....	114
5. Realidad aumentada y virtual.....	114
a. Formación y verificación en obra	114
b. Soporte remoto	114
c. Inspección de activos.....	114
6. Formulario técnico: registro IoT y KPIs.....	115
Parámetros recogidos y arquitecturas de sensorización.....	115
KPIs claves para evaluación de rendimiento	116
Registro de eventos y procesos de análisis	116
Procesos de validación y mejora continua	117
Capítulo 14: Geotermia de ultra-baja temperatura y fuentes híbridas.....	118
1. Concepto y ámbito de aplicación	118
a. Definición de ultra-baja temperatura.....	118
b. Comparativa con baja temperatura	118
c. Casos de necesidad.....	118
2. Fuentes híbridas y sinergias.....	119
a. Biomasa, solar térmica, bombas de calor aire-agua.....	119
b. Integración con redes de frío	119
c. Modelos de control combinados	119
3. Sistemas de acumulación térmica.....	119
a. Acumuladores acuáticos y sólidos	119
b. Almacenamiento sensible vs. latente.....	120
c. Dimensionamiento y materiales.....	120
4. Proyectos piloto y experiencias reales	120
a. Europa	120
b. América del Norte	120
c. Asia-Pacífico.....	120
5. Barreras y retos técnicos	120
a. Rendimiento estacional.....	120
b. Compatibilidad de equipos.....	121

c. Regulación y normativas.....	121
6. Checklist de diseño híbrido.....	122
a. Evaluación del ΔT inicial del terreno (TRT extendido)	122
b. Selección de bomba de calor UBT de dos etapas con economizador	122
c. Integración de solar térmico o biomasa: dimensionamiento de colectores/tanque	123
d. Diseño de sistema de acumulación sensible o PCM.....	123
e. Desarrollo de algoritmo MPC y pruebas en gemelo digital	123
f. Definición de protocolos de inyección/verano y extracción/invierno	123
g. Pruebas de rendimiento y ajuste de curvas de control tras primer ciclo anual	124
h. Documentación de integración híbrida y manual O&M específico.....	124
PARTE OCTAVA.....	125
Herramientas de proyectos geotérmicos	125
Capítulo 15: Checklists y formularios técnicos para proyectos geotérmicos	125
1. CHECKLIST — Prospección y exploración inicial	125
Sección 1 — Parámetros mínimos.....	125
Sección 2 — Procedimientos de muestreo	125
Sección 3 — Seguridad en campo	126
2. FORMULARIO Nº 1 — Ensayo de respuesta térmica (TRT)	126
Sección 1 — Datos de perforación	126
Sección 2 — Registro de temperaturas	126
Sección 3 — Informe de análisis.....	127
3. FORMULARIO Nº 2 — Memoria de cálculo de intercambiadores geotérmicos.....	127
Sección 1 — Geometría y profundidades.....	127
Sección 2 — Cálculos de caudal y pérdida de carga	127
Sección 3 — Resultados tabulados.....	127
4. FORMULARIO Nº 3 — Evaluación económica preliminar	128
Sección 1 — Flujos de caja proyectados.....	128
Sección 2 — Indicadores financieros.....	128
Sección 3 — Sensibilidades	128
5. CHECKLIST — Cumplimiento normativo	128
Sección 1 — Permisos y licencias	128
Sección 2 — Declaraciones ambientales.....	129
Sección 3 — Documentación final.....	129
6. FORMULARIO Nº 4 — Registro de mantenimiento y seguimiento	129
Sección 1 — Cronograma de tareas	129
Sección 2 — Parámetros de control	129
Sección 3 — Historial de intervenciones	130
Capítulo 16: Plantillas de documentación y software de apoyo.....	131
1. FORMULARIO — Plantilla de informe técnico de proyecto geotérmico	131
Sección 1 — Datos generales	131
Sección 2 — Memoria descriptiva.....	131
Sección 3 — Memoria de cálculo	132
Sección 4 — Memoria de sostenibilidad	132
Sección 5 — Tablas de resultados normalizadas.....	132
2. FORMULARIO— Hoja de cálculo automatizada «DIM-SONDAS v2.3».....	132

Sección 1 — Datos de entrada	132
Sección 2 — Resultados automáticos.....	133
Sección 3 — Macros incluidas	133
3. CHECKLIST — Software de modelización y simulación	133
Sección 1 — Programas FEM/FEA	133
Sección 2 — Plugins BIM	133
Sección 3 — Herramientas Open Source complementarias	133
4. CHECKLIST — Biblioteca de objetos BIM geotérmicos.....	134
Sección 1 — Bombas de calor y sondas	134
Sección 2 — Sistemas de distribución y válvulas.....	134
Sección 3 — Documentación de atributos	134
5. FORMULARIO — Base de datos de costes y parámetros (extracto 2025-Q4).....	134
Sección 1 — Unidades de coste actualizadas.....	134
Sección 2 — Propiedades termofísicas por suelo	135
Sección 3 — Factores de emisiones estándares.....	135
6. CHECKLIST — Guía rápida de personalización y actualización	135
Sección 1 — Adaptación a normativas locales	135
Sección 2 — Versionado y control de cambios	135
Sección 3 — Buenas prácticas de documentación	135
PARTE NOVENA	136
Práctica de la Geotermia en la Edificación y en la Obra Pública.	136
Capítulo 17. Práctica de la Geotermia en la Edificación y en la Obra Pública.	136
Caso práctico 1. "GEOTERMIA EN INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN Y OBRA PÚBLICA." Optimización energética de un centro de datos mediante sondas geotérmicas.....	136
Causa del Problema	136
Soluciones Propuestas.....	137
1. Integración de sondas geotérmicas verticales	137
2. Sistema híbrido geotermia-aire con gestión inteligente.....	137
3. Recuperación de calor residual para servicios auxiliares.....	137
Consecuencias Previstas.....	138
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	138
Lecciones Aprendidas.....	139
Caso práctico 2. "GEOTERMIA EN INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN Y OBRA PÚBLICA." Diseño de un sistema geotérmico de baja entalpía para un edificio de oficinas de gran altura.	140
Causa del Problema	140
Soluciones Propuestas.....	140
1. Campo vertical de sondeos de circuito cerrado agua-glicol	140
2. Integración de sistema geotérmico con fan-coils de alta eficiencia	140
3. Almacenamiento térmico estacional en depósito subterráneo	141
Consecuencias Previstas.....	141
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	142
Lecciones Aprendidas	142
Caso práctico 3. "GEOTERMIA EN INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN Y OBRA PÚBLICA." Implementación de climatización geotérmica en un colegio público de primaria.	144
Causa del Problema	144
Soluciones Propuestas.....	144
1. Sondas geotérmicas horizontales en taludes perimetrales	144

2. Integración con suelo radiante y fan-coils de baja temperatura	144
3. Recuperación de calor y uso de energía solar térmica combinada	145
Consecuencias Previstas.....	145
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	146
Lecciones Aprendidas.....	146
Caso práctico 4. "GEOTERMIA EN INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN Y OBRA PÚBLICA." Red de distrito geotérmico para un barrio residencial de nueva urbanización.	148
Causa del Problema.....	148
Soluciones Propuestas.....	148
1. Campo geotérmico vertical compartido en parcela comunitaria	148
2. Red de tuberías subterráneas con preaislamiento	148
3. Subestaciones individuales con medidores y controles.....	149
Consecuencias Previstas.....	149
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	150
Lecciones Aprendidas.....	150
Caso práctico 5. "GEOTERMIA EN INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN Y OBRA PÚBLICA." Rehabilitación energética de un edificio histórico de viviendas sociales mediante sistema geotérmico de baja temperatura.	151
Causa del Problema.....	151
Soluciones Propuestas.....	151
1. Captadores geotérmicos horizontales bajo patio interior	151
2. Bomba de calor geotérmica reversible con distribuidor hidráulico zonificado	151
3. Integración de ACS geotérmico con apoyo solar térmico en pétalos de cubierta inclinada.....	152
Consecuencias Previstas.....	152
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	153
Lecciones Aprendidas.....	153
Caso práctico 6. "GEOTERMIA EN INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN Y OBRA PÚBLICA." Sistema geotérmico de alta eficiencia para un hospital universitario.....	155
Causa del Problema	155
Soluciones Propuestas.....	155
1. Sondeos verticales de alta entalpía en circuito abierto	155
2. Bombas de calor geotérmicas de respaldo en cascada	155
3. Recuperación de calor de condensación y vapor para lavandería.....	156
Consecuencias Previstas.....	156
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	156
Lecciones Aprendidas	157
Caso práctico 7. "GEOTERMIA EN INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN Y OBRA PÚBLICA." Optimización de sistema térmico en bloque de viviendas de consumo casi nulo.	158
Causa del Problema	158
Soluciones Propuestas.....	158
1. Campo vertical de sondas en circuito cerrado.....	158
2. Sistemas de distribución mixta: suelo radiante y fan-coils	158
3. Recuperación de calor de ventilación y apoyo solar fotovoltaico	159
Consecuencias Previstas.....	159
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	160
Lecciones Aprendidas.....	160
Caso práctico 8. "GEOTERMIA EN INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN Y OBRA PÚBLICA." Diseño e implementación de cimentaciones termoactivas en edificio de oficinas de obra nueva.....	161
Causa del Problema.....	161

Soluciones Propuestas.....	161
1. Pilotes termoactivos (cimentación activa)	161
2. Bomba de calor geotérmica monobloc en cascada	161
3. Integración con fan-coils de baja temperatura y recuperación de calor de condensados	162
Consecuencias Previstas.....	162
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	163
Lecciones Aprendidas.....	163

Caso práctico 9. "GEOTERMIA EN INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN Y OBRA PÚBLICA." Proyecto de climatización geotérmica en túnel ferroviario urbano.164

Causa del Problema	164
Soluciones Propuestas.....	164
1. Campo de captadores sumergidos en depósito de agua subterránea	164
2. Sistemas de ventilación geotérmica pasiva	164
3. Recuperación de calor residual de frenos de trenes.....	165
Consecuencias Previstas.....	165
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	166
Lecciones Aprendidas	166

Caso práctico 10. "GEOTERMIA EN INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN Y OBRA PÚBLICA." Implementación de pavimento termoactivo en carretera de montaña para prevención de hielo y nieve.....167

Causa del Problema	167
Soluciones Propuestas.....	167
1. Pavimento termoactivo con tubería embebida en asfalto	167
2. Sistema de control meteorológico y activación automática	167
3. Recuperación de calor estacional con depósito subterráneo.....	168
Consecuencias Previstas.....	168
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	169
Lecciones Aprendidas	169

Caso práctico 11. "GEOTERMIA EN INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN Y OBRA PÚBLICA." Análisis económico y modelo de financiación para un polideportivo municipal geotérmico.....171

Causa del Problema	171
Soluciones Propuestas.....	171
1. Dimensionamiento y estimación de costes de campo geotérmico cerrado	171
2. Modelos de financiación y estructura de costes.....	171
3. Análisis de indicadores de viabilidad y sensibilidad	172
Consecuencias Previstas.....	172
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	173
Lecciones Aprendidas	173

Caso práctico 12. "GEOTERMIA EN INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN Y OBRA PÚBLICA." Adaptación de un complejo universitario a normas ISO y EN para proyecto geotérmico integral.174

Causa del Problema	174
Soluciones Propuestas.....	174
1. Plan de implementación normativo y mapeo de requisitos	174
2. Integración de procesos de ensayo y documentación técnica	175
3. Sistema de gestión documental y auditorías internas	175
Consecuencias Previstas.....	176
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	176
Lecciones Aprendidas	177

Caso práctico 13. "GEOTERMIA EN INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN Y OBRA PÚBLICA." Digitalización e IoT en la gestión de una instalación geotérmica para un campus corporativo.178

Causa del Problema	178
--------------------------	-----

Soluciones Propuestas.....	178
1. Implantación de sensórica avanzada y dataloggers IoT.....	178
2. Desarrollo de plataforma SCADA/IoT y dashboard interactivo.....	179
3. Creación de gemelo digital y analítica predictiva.....	179
Consecuencias Previstas.....	179
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	180
Lecciones Aprendidas.....	180

Caso práctico 14. "GEOTERMIA EN INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN Y OBRA PÚBLICA." Implantación de geotermia de ultra-baja temperatura y sistema híbrido con biomasa en un conjunto residencial piloto.181

Causa del Problema.....	181
Soluciones Propuestas.....	181
1. Campo geotérmico horizontal de ultra-baja temperatura.....	181
2. Sistema híbrido geotermia-biomasa con control inteligente.....	182
3. Almacenamiento térmico y apoyo solar híbrido.....	182
Consecuencias Previstas.....	182
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	183
Lecciones Aprendidas.....	183

Caso práctico 15. "GEOTERMIA EN INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN Y OBRA PÚBLICA." Desarrollo de checklist y protocolo de prospección inicial para un parque industrial.....184

Causa del Problema.....	184
Soluciones Propuestas.....	184
1. Elaboración de checklist técnico de prospección.....	184
2. Establecimiento de protocolo de ensayos de campo.....	184
3. Protocolos de seguridad y medioambientales en prospección.....	185
Consecuencias Previstas.....	185
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	186
Lecciones Aprendidas.....	186

Caso práctico 16. "GEOTERMIA EN INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN Y OBRA PÚBLICA." Desarrollo e implantación de hoja de cálculo automatizada para dimensionamiento de intercambiadores geotérmicos.187

Causa del Problema.....	187
Soluciones Propuestas.....	187
1. Diseño de plantilla única y parametrizable.....	187
2. Validación con datos de campo y automatización de informes.....	188
3. Formación y control de versiones.....	188
Consecuencias Previstas.....	188
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	189
Lecciones Aprendidas.....	189

Caso práctico 17. "GEOTERMIA EN INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN Y OBRA PÚBLICA." Desarrollo e integración de un plugin BIM para diseño geotérmico en Revit.190

Causa del Problema.....	190
Soluciones Propuestas.....	190
1. Desarrollo de plugin con Revit API y Dynamo.....	190
2. Exportación paramétrica a software de simulación.....	190
3. Formación y despliegue colaborativo.....	191
Consecuencias Previstas.....	191
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	191
Lecciones Aprendidas.....	192

Caso práctico 18. "GEOTERMIA EN INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN Y OBRA PÚBLICA." Implantación de red de calor urbana geotérmica en distrito residencial y comercial.193

Causa del Problema	193
Soluciones Propuestas.....	193
1. Creación de campo geotérmico vertical modular en zona pública	193
2. Red de distribución subterránea preaislada	193
3. Subestaciones térmicas compactas con facturación y control individual.....	194
Consecuencias Previstas.....	194
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	195
Lecciones Aprendidas	195

Caso práctico 19. "GEOTERMIA EN INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN Y OBRA PÚBLICA." Deshielo geotérmico de pistas en aeropuerto regional.....196

Causa del Problema	196
Soluciones Propuestas.....	196
1. Sondeos geotérmicos verticales bajo franjas laterales de la pista.....	196
2. Almacenamiento estacional de calor en depósito subterráneo	196
3. Instalación de paneles solares térmicos en hangares para precalentamiento de fluido	197
Consecuencias Previstas.....	197
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	198
Lecciones Aprendidas	198

Caso práctico 20. "GEOTERMIA EN INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN Y OBRA PÚBLICA." Optimización de climatización y ACS en complejo hotelero de montaña.199

Causa del Problema	199
Soluciones Propuestas.....	199
1. Circuito abierto geotérmico mediante sondeos verticales	199
2. Recuperación de calor residual del spa y piscinas	200
3. Instalación de paneles híbridos fotovoltaico-térmicos (PVT) en pérgolas de aparcamiento	200
Consecuencias Previstas.....	201
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	201
Lecciones Aprendidas	201

Caso práctico 21. "GEOTERMIA EN INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN Y OBRA PÚBLICA." Rehabilitación de estación de tren histórica con pilotes termoactivos y geotermia de baja temperatura.203

Causa del Problema	203
Soluciones Propuestas.....	203
1. Pilotes termoactivos integrados en la cimentación existente	203
2. Bomba de calor geotérmica de baja temperatura y fan-coils silenciosos.....	204
3. Suelo radiante en vestíbulos y sala de espera principal	204
Consecuencias Previstas.....	204
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	205
Lecciones Aprendidas	205

Caso práctico 22. "GEOTERMIA EN INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN Y OBRA PÚBLICA." Integración de geotermia y climatización evaporativa en centro comercial.206

Causa del Problema	206
Soluciones Propuestas.....	206
1. Campo geotérmico vertical con sondas de gran profundidad	206
2. Climatización evaporativa adiabática en pérgolas exteriores.....	207
3. ACS geotérmico con apoyo de termosifón solar en cubierta secundaria	207
Consecuencias Previstas.....	207
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	208
Lecciones Aprendidas	208

Caso práctico 23. "GEOTERMIA EN INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN Y OBRA PÚBLICA." Proyecto piloto de intercambiadores sumergidos en presa para climatización de instalaciones deportivas.....209

Causa del Problema	209
Soluciones Propuestas.....	209
1. Instalación de captadores sumergidos en presa	209
2. Suelo radiante ligero en pistas cubiertas	210
3. Recuperación de calor de circuito de agua de piscina	210
Consecuencias Previstas.....	210
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	211
Lecciones Aprendidas.....	211

Caso práctico 24. "GEOTERMIA EN INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN Y OBRA PÚBLICA." Desarrollo de plantilla de informe de viabilidad económica con metodología PPA para proyectos geotérmicos comerciales.212

Causa del Problema	212
Soluciones Propuestas.....	212
1. Plantilla Excel-VBA integrada para simulación de PPA geotérmicos.....	212
2. Módulo de generación automática de propuesta en Word	213
3. Portal web de preevaluación y control de versiones	213
Consecuencias Previstas.....	214
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	214
Lecciones Aprendidas.....	214

Caso práctico 25. "GEOTERMIA EN INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN Y OBRA PÚBLICA." Desarrollo de prototipo de bomba de calor geotérmica transcritical con CO₂ para laboratorio de investigación.216

Causa del Problema	216
Soluciones Propuestas.....	216
1. Diseño de circuito transcritical con CO ₂ y compresor de alta presión.....	216
2. Campo horizontal de muy baja entalpía con intercambiador de placas de alta conductividad	217
3. Sala de banco de pruebas y protocolos de seguridad ATEX	217
Consecuencias Previstas.....	218
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	218
Lecciones Aprendidas.....	218

Caso práctico 26. "GEOTERMIA EN INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN Y OBRA PÚBLICA." Red de calor de agua de mina en Rhondda Cynon Taf.....220

Causa del Problema	220
Soluciones Propuestas.....	220
1. Captadores sumergidos en balsas de remediación.....	220
2. Bomba de calor geotérmica de 300 kW y sistema híbrido con aerotermia	221
3. Red de distribución preaislada y subestaciones modulares	221
Consecuencias Previstas.....	222
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	222
Lecciones Aprendidas.....	222

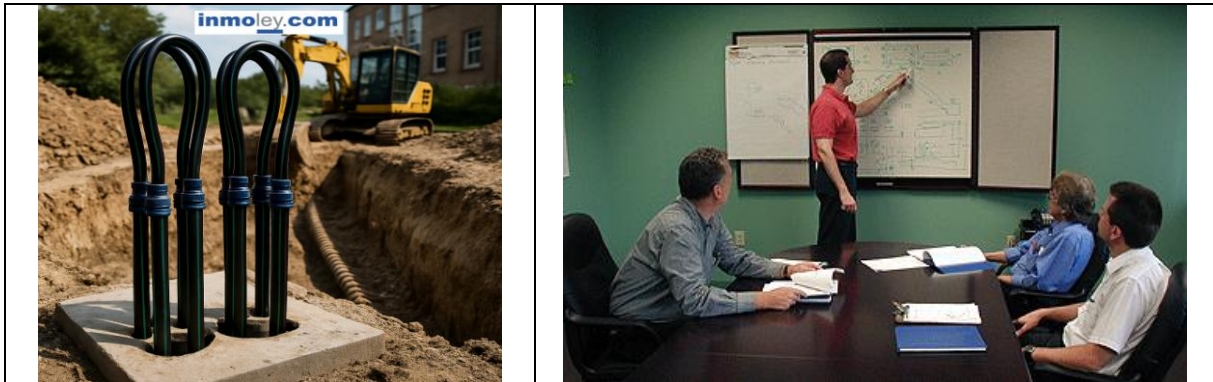
Caso práctico 27. "GEOTERMIA EN INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN Y OBRA PÚBLICA." Esquema de calor de agua de mina en Caerphilly – apoyo a distrito escolar y polideportivo.223

Causa del Problema	223
Soluciones Propuestas.....	223
1. Captadores sumergidos en balsas con sistema de intercambio modular	223
2. Bomba de calor geotérmica de 200 kW y apoyo con caldera de biomasa	223
3. Red de distribución en anillo y subestaciones mixtas.....	224
Consecuencias Previstas.....	224



Resultados de las Medidas Adoptadas.....	224
Lecciones Aprendidas.....	225
Caso práctico 28. "GEOTERMIA EN INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN Y OBRA PÚBLICA." Red de calor de agua de mina en Flintshire – integración con polígono industrial y vivienda plurifamiliar.....	226
Causa del Problema.....	226
Soluciones Propuestas.....	226
1. Captadores sumergidos modulares en balsas de mina.....	226
2. Bombas de calor geotérmicas en cascada N+1 con apoyo aerotérmico	226
3. Red de distribución centralizada y subestaciones mixtas.....	227
Consecuencias Previstas.....	227
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	228
Lecciones Aprendidas.....	228
Caso práctico 29. "GEOTERMIA EN INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN Y OBRA PÚBLICA." Red de calor de agua de mina en Blaenau Gwent – integración con viviendas sociales y pabellón cultural.....	229
Causa del Problema.....	229
Soluciones Propuestas.....	229
1. Captadores sumergidos modulares en balsas mineras.....	229
2. Ingeniería de bombeo en cascada N+2 y apoyo solar híbrido	229
3. Red de distribución multi-anillo y subestaciones inteligentes.....	230
Consecuencias Previstas.....	230
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	230
Lecciones Aprendidas.....	231
Caso práctico 30. "GEOTERMIA EN INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN Y OBRA PÚBLICA." Red de calor de agua de mina en Torfaen – modelo bivalente con solar térmico de media temperatura.....	232
Causa del Problema.....	232
Soluciones Propuestas.....	232
1. Captadores sumergidos en balsas de mina con gestión dinámica de caudal	232
2. Bombas de calor en cascada N+1 con apoyo de paneles solares térmicos de media temperatura ..	232
3. Red de distribución zonificada y subestaciones inteligentes.....	233
Consecuencias Previstas.....	233
Resultados de las Medidas Adoptadas.....	234
Lecciones Aprendidas.....	234

¿QUÉ APRENDERÁ?



- Comprender el contexto histórico y la evolución de la geotermia.
- Conocer los principios físicos y la clasificación de recursos geotérmicos.
- Identificar los métodos geofísicos y geoquímicos de exploración térmica.
- Realizar estudios geotécnicos y modelización numérica de yacimientos.
- Diseñar intercambiadores de calor horizontales, verticales y sumergidos.
- Seleccionar y dimensionar bombas de calor geotérmicas y sistemas auxiliares.
- Integrar instalaciones geotérmicas en viviendas y edificios existentes.
- Planificar y ejecutar cimentaciones termoactivas en obra nueva y rehabilitación.
- Aplicar geotermia en infraestructuras públicas: túneles, estaciones y aeropuertos.
- Evaluar la viabilidad económica y los modelos de financiación de proyectos.
- Conocer la normativa, estándares internacionales y buenas prácticas.
- Analizar casos prácticos reales para consolidar conocimientos.

Introducción.



¡Imagina aprovechar el calor constante del subsuelo para reducir drásticamente tus facturas energéticas, mejorar el confort de cualquier edificio y convertir proyectos públicos en referentes de sostenibilidad! Nuestra Guía Práctica de Geotermia en Ingeniería de Edificación y Obra Pública es la llave para transformar esa visión en realidad.

Con ella descubrirás paso a paso cómo:

- Localizar y caracterizar recursos geotérmicos mediante métodos avanzados (geofísica, geoquímica y SIG).
- Diseñar y dimensionar intercambiadores de calor horizontales, verticales y sumergidos, adaptados a cada proyecto.
- Seleccionar y optimizar bombas de calor para calefacción, refrigeración y ACS, garantizando el máximo rendimiento (COP).
- Integrar soluciones termoactivas en cimentaciones, pavimentos y redes de calor urbanas, consiguiendo obras emblemáticas.
- Cumplir normativa y financiar con éxito cualquier instalación, desde licencias de perforación hasta subvenciones y modelos PPA.

Además, encontrarás:

- Plantillas y checklists que agilizan tu trabajo (informes geotécnicos, memorias de cálculo, TRT, mantenimiento...).
- Casos prácticos reales de edificios, túneles, aeropuertos y urbanizaciones que te inspirarán con lecciones aplicables.
- Herramientas digitales y BIM para modelizar, monitorizar y anticipar resultados con gemelos digitales e IoT.



Si quieres liderar proyectos innovadores, maximizar la eficiencia y posicionarte como experto en energías renovables, esta guía es tu socio imprescindible. ¡Empieza hoy a explorar el poder de la geotermia y conviértete en un referente de la transición energética!