

Tabla de Contenido

1. Introducción	1
1.1. Motivación	1
1.2. Objetivos	3
1.2.1. Objetivo general	3
1.2.2. Objetivos específicos	3
1.3. Alcances	3
2. Antecedentes	4
2.1. Energía geotérmica	4
2.1.1. Uso directo de energía geotérmica	5
2.2. Ubicación y contexto geológico	6
2.2.1. Favorabilidad geotérmica	8
2.3. Bombas de calor geotérmicas BCG	8
2.4. Intercambiadores de calor verticales	10
2.5. Sondeos geotérmicos	12
2.5.1. Número y profundidad de pozos	13
2.6. Agua caliente sanitaria por uso de bomba de calor geotérmica	14
3. Metodología	15
4. Bases de diseño	16
4.1. Fundamentos térmicos del terreno	16
4.1.1. Método para calcular la evolución de temperatura del terreno	16
4.1.1.1. Temperatura máxima y mínima del terreno	17
4.1.2. Propiedades térmicas del terreno	17
4.1.2.1. Conductividad	17
4.1.2.2. Capacidad térmica	18
4.1.2.3. Difusividad	18
4.2. Gestión Energética en el Sector Hotelero	18
4.2.1. ACS	19
4.2.1.1. Selección de la potencia necesaria	19
4.2.2. Calefacción	20
4.3. Diseño del intercambiador de calor enterrado	21
4.3.1. Elección de la bomba de calor	21
4.3.2. Elección del fluido	21
4.3.3. Elección de la configuración a emplear	22
4.3.4. Elección de los tubos	22
4.3.5. Dimensionamiento del intercambiador de calor enterrado	23

4.3.5.1.	Temperaturas máximas y mínimas de entrada del fluido a la bomba de calor	24
4.3.5.2.	Diferencia de temperatura entre el terreno y el circuito	24
4.3.5.3.	Resistencia de los tubos al flujo de calor	25
4.3.5.4.	Factor de utilización (fracciones de enfriamiento y calefacción)	25
4.3.5.5.	Resistencia térmica de los intercambiadores (R_s)	26
4.3.5.6.	Longitud del intercambiador enterrado	26
4.3.6.	Selección bomba de circulación	26
4.4.	Tuberías, bombas e hidráulica del sistema de circuito cerrado	26
4.4.1.	Resistencia hidráulica de las tuberías	28
4.4.2.	Resistencias hidráulicas en serie y en paralelo	29
4.4.3.	Resistencia en accesorios	29
5.	Resultados	31
5.1.	Ubicación, temperatura y propiedades térmicas del terreno	31
5.1.1.	Propiedades térmicas del terreno	32
5.2.	Diseño del intercambiador de calor enterrado	33
5.2.1.	Elección bomba de calor	33
5.2.1.1.	Bomba de calor EcoGeo 25-100	33
5.2.2.	Elección del fluido del intercambiador de calor enterrado	37
5.2.3.	Elección tubos de polietileno	37
5.2.3.1.	Polietileno de alta densidad PE_{100}	37
5.2.4.	Estudio de las temperaturas	38
5.2.4.1.	Casos 1, 2 y 3	39
5.2.4.2.	Casos 4, 5 y 6	40
5.2.5.	Resistencia de los tubos del intercambiador al flujo de calor	40
5.3.	Longitudes de intercambiadores verticales	41
5.3.1.	Caso 1	42
5.3.2.	Caso 2	42
5.3.3.	Caso 3	43
5.3.4.	Caso 4	43
5.3.5.	Caso 5	44
5.3.6.	Caso 6	44
5.4.	Selección de bombas de agua	45
5.4.1.	Caso 1	46
5.4.2.	Caso 2	50
5.4.3.	Caso 3	51
5.4.4.	Caso 4	52
5.4.5.	Caso 5	53
5.4.6.	Caso 6	54
6.	Evaluación económica	55
6.1.	Instalación y Mantenimiento Proyectos de Geotermia	56
6.1.1.	G-2. Precio BC geotérmica reversible para clima y ACS	56
6.1.2.	G-7. % Costo de instalación BC geotérmica de circuito cerrado	57
6.1.3.	G-9. Precio por metro lineal de cañería enterrada de circuito cerrado vertical	58

6.1.3.1.	Caso 1	58
6.1.3.2.	Caso 2	59
6.1.3.3.	Caso 3	59
6.1.3.4.	Caso 4	59
6.1.3.5.	Caso 5	59
6.1.3.6.	Caso 6	59
6.1.4.	G-10. Precio mantención preventiva BC geotérmica	59
6.2.	Precio final de proyecto	60
6.2.1.	Caso 1	60
6.2.2.	Caso 2	61
6.2.3.	Caso 3	61
6.2.4.	Caso 4	61
6.2.5.	Caso 5	62
6.2.6.	Caso 6	62
6.3.	Flujo Económico	63
7.	Análisis de resultados y discusión	65
8.	Conclusiones	70
8.1.	Trabajo a futuro	71
	Bibliografía	72
A.	Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios	74
A.1.	Diseño	74
A.1.1.	Condiciones interiores	74
A.1.2.	Condiciones exteriores	75
A.1.3.	Empleo de la energía eléctrica	75
A.1.4.	Producción centralizada de agua caliente sanitaria	75
A.1.5.	Aislamiento térmico	75
A.1.6.	Instalaciones colectivas para edificios	75
A.1.7.	Proyecto de remodelación	76
A.2.	Cálculo	76
A.2.1.	Condiciones interiores	76
A.2.2.	Condiciones exteriores	76
A.2.3.	Cargas térmicas	76