



RENIECYT - LATINDEX - Research Gate - DULCINEA - CLASE - Sudoc - HISPANA - SHERPA UNIVERSIA - E-Revistas - Google Scholar
DOI - REBID - Mendeley - DIALNET - ROAD - ORCID

Title: Sistema de climatización geotérmico de baja entalpía

Author: María del Carmen ESPARZA DELGADO

Editorial label ECORFAN: 607-8324
BCIERMIMI Control Number: 2017-02
BCIERMIMI Classification (2017): 270917-0201

Pages: 26
Mail: *maria.esparza@cimav.edu.mx*
RNA: 03-2010-032610115700-14

ECORFAN-México, S.C.
244 – 2 Itzopan Street
La Florida, Ecatepec Municipality
Mexico State, 55120 Zipcode
Phone: +52 1 55 6159 2296
Skype: ecorfan-mexico.s.c.
E-mail: contacto@ecorfan.org
Facebook: ECORFAN-México S. C.

Twitter: @EcorfanC

www.ecorfan.org

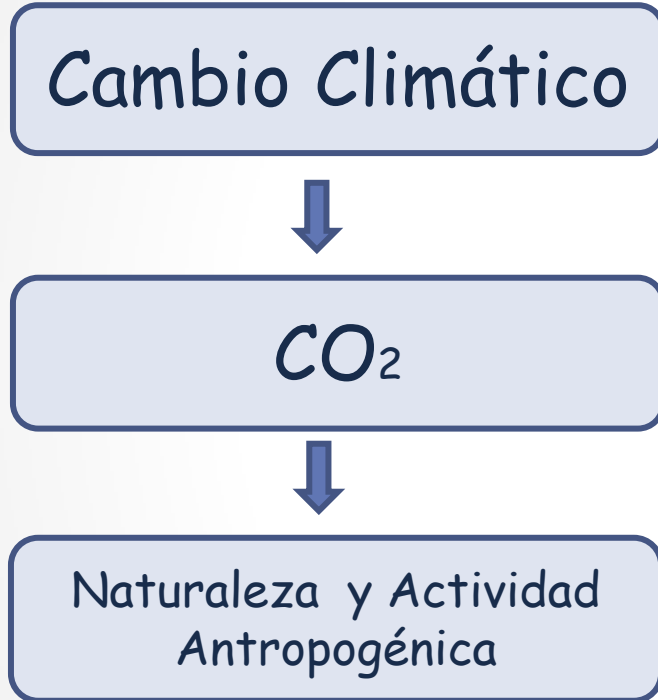
Holdings

Bolivia	Honduras	China	Nicaragua
Cameroon	Guatemala	France	Republic of the Congo
El Salvador	Colombia	Ecuador	Dominica
Peru	Spain	Cuba	Haití
Argentina	Paraguay	Costa Rica	Venezuela
Czech Republic			

Contenido

- 1 Introducción
 - Hipótesis
 - Objetivos
- 2 Metodología
- 3 Resultados
- 4 Conclusiones
- 5 Referencias

1 Introducción




EL CLIMA

- LA TEMPERATURA
- LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA
- EL VIENTO
- LAS PRECIPITACIONES

Cambio Climático

LA ATMOSFERA

Nitrógeno:	780.000 ppm
Oxígeno:	210.000 ppm
Argón:	9.000 ppm
CO₂:	400 ppm
CH₄	2 ppm

H₂O: entre 0 y 40.000 ppm

GASES DE EFECTO INVERNADERO

Fuentes de emisión de CO₂

Uso de combustibles fósiles

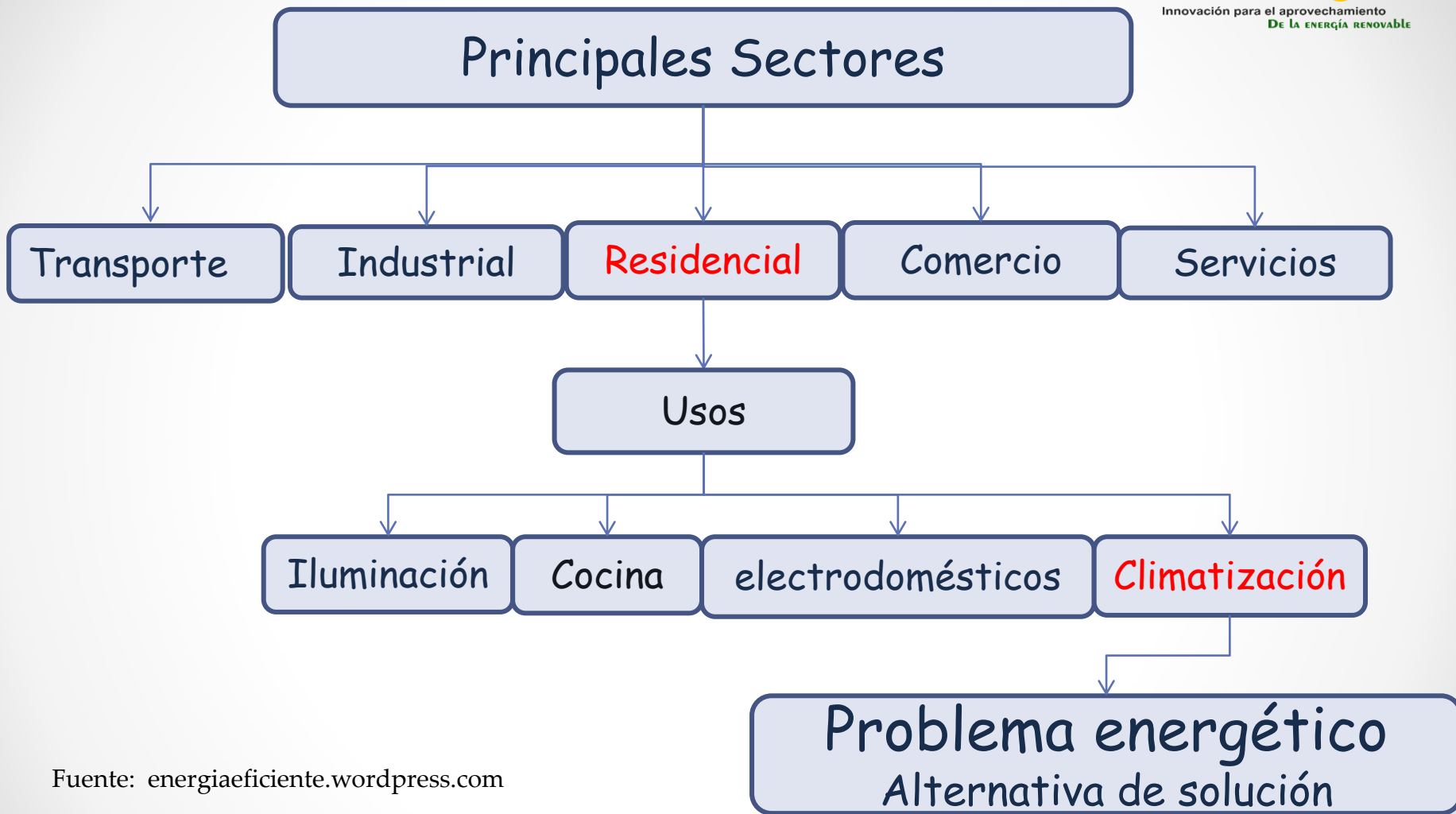
Fuentes de energía primarias:

- Petróleo
- Gas natural
- Carbón

Fuentes energía secundarias:

- **Electricidad**
- Gasolina
- Gasoil
- Diesel

Fuente: energiaeficiente.wordpress.com



Fuente: energiaeficiente.wordpress.com

Energías Renovables

TIPOS DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS

Las podemos encontrar en la naturaleza por lo tanto son renovables.

- ▣ Energía solar
- ▣ Energía eólica
- ▣ Energía hidráulica
- ▣ Energía mareomotriz
- ▣ Energía de biomasa
- ▣ Energía geotérmica



<http://www.cit.upc.edu>

Imagen: Parque Eólico Tehachapi 2017

Energía Geotérmica

Energía en forma de calor que se encuentra bajo la superficie de la tierra.
(Th, U, K)isotopos

Alta entalpía
 $T > 150^{\circ}\text{C}$

Media entalpía
 $100^{\circ}\text{C} < T < 150^{\circ}\text{C}$

Baja entalpía
 $T < 100^{\circ}\text{C}$

Yacimientos
de agua caliente
Secos
Géiseres

Aplicaciones

(Vercelli, 2012)

Eléctricas

Térmicas

Se propone un sistema de **climatización** geotérmica basado en pozos provenzales o canadienses.

G. Florides, S. Kalogirou / Renewable Energy 32 (2007) 2462–2478

2465

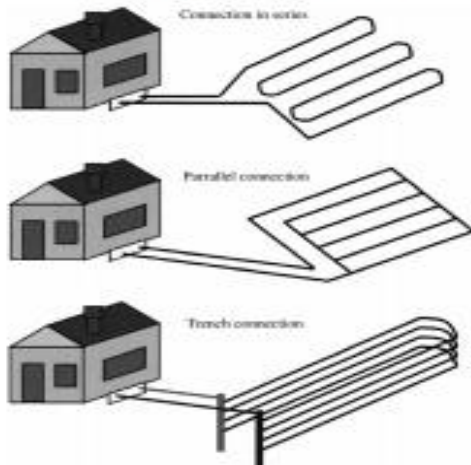


Fig. 4. Horizontal-type ground heat exchangers (redrawn from Ref. [2]).

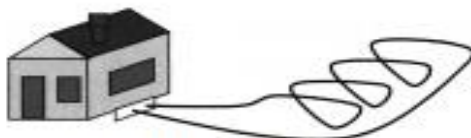
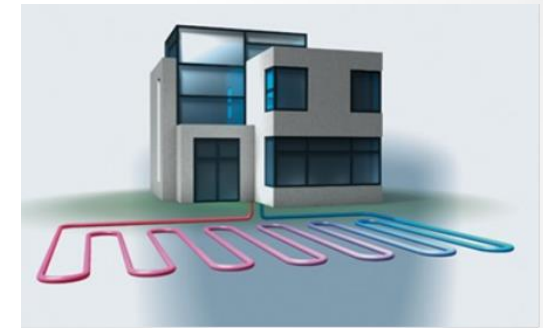


Fig. 5. "Slinky"-type ground heat exchanger.

Atemperar



Fuente: <http://viviendasecologicasengranada.com>

- # Hipótesis

- El sistema de climatización geotérmico posibilitará el mantener una temperatura estable dentro de una habitación expuesta a las diferentes condiciones naturales del clima durante el año.

- # Objetivos

Objetivo General:

- Estudio de las variables y condiciones para la viabilidad teórica del sistema de climatización geotérmico de baja entalpía.

• Objetivos

Objetivos Específicos:

- Crear un modelo para simular el comportamiento de un sistema de climatización geotérmico de baja transferencia de calor.
- Determinar las características de funcionamiento óptimo del sistema como:
 - Diámetro de la tubería
 - Longitud
 - Distancia mínima para la distribución de tubos
- Determinar las condiciones que vuelven al sistema inoperante.

2.- Metodología

Características:

- Sistema
- Construcción de la habitación
- Suelo
- Medio ambiente
- Diseño del sistema

Características del sistema

- Sistema de tubos enterrados, distribuidos en forma de
- Serpentín.
- Profundidad: 2.5m. [ATECYR. \(2010\).](#)
- Diámetro: 0.10m (4", 6" ... 16")
- Longitud: 20m
- Fluido en circulación: aire.
- Vel. del aire: 4m/s (Iannelli 2012).

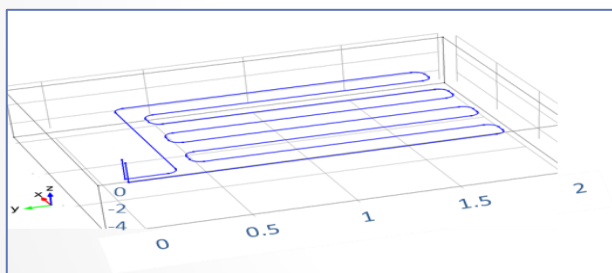


Figura 1 Diseño del sistema de climatización geotérmico.

Fuente: Elaboración propia

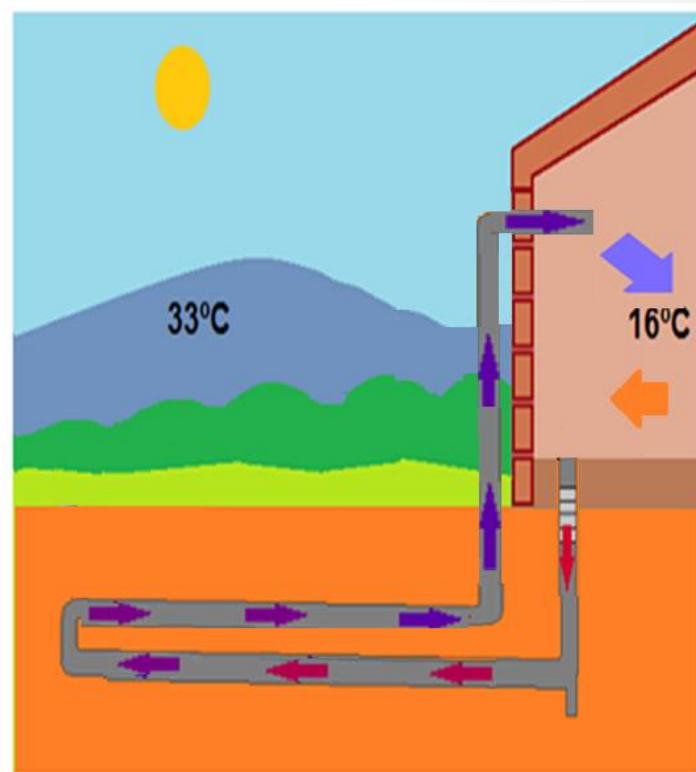


Fig. 2: Sistema de climatización geotérmico.

Fuente: <http://www.sitiosolar.com>

Características de la habitación:

- Muros de concreto:
 - ✓ conductividad térmica del block 0.24W/mK ,
 - ✓ densidad 760 Kg/m^3 .
- Ventanas:
 - ✓ superficie 5 m^2
 - ✓ vidrio sencillo de 6mm
- Habitación :
 - ✓ $5\text{m}\times 4.5\text{m}\times 3\text{m}$



Características del suelo:

- Suelo mixto seco: combinación de arcilla, limo, arena y grava.
- Capacidad térmica volumétrica de $1.2\text{ MJ/m}^3\text{K}$.
- Temperatura promedio del suelo 21°C (Dickson 2004).



Tabla temperaturas en la Cd. de Chihuahua. Periodo 1990-2016				
Temperatura en °C				
	Año	Máxima	Mínima	Promedio
1	1990	40	2	22.6
2	1991	39	2	20.4
3	1992	41	-6	20.5
4	1993	38	-6	21.4
5	1994	40	-7	22.3
6	1995	39	-4	22.5
7	1996	39	-10	21.3
8	1997	37	-10	19.7
9	1998	40	-6	21.4
10	1999	38	-8	20.7
11	2000	38	-10	20.4
12	2001	38	-11	20.3
13	2002	38	-9	20.4
14	2003	38	-12	20.5
15	2004	38	-8	19.2
16	2005	39	-6	20.3
17	2006	38	-8	20.5
18	2007	38	-8	19.8
19	2008	39	-8	20.3
20	2009	38	-7	20.7
21	2010	41	-10	20
22	2011	40	-18	21.3
23	2012	39	-6	21
24	2013	38	-9	20.9
25	2014	39	-8	19.6
26	2015	38	-7	19.7
27	2016	37	-9	17.8
		1045	-207	
		Promedio		20.57

Características de Medio ambiente

- Cd. de Chihuahua
- pA: 84500 N/m²
- 1500 MSNM
- Lat. 28,701752
- Long -105,965538
- T_{max}: 42°C
- T_{min}: -18°C
- T_{prom}: 21°C

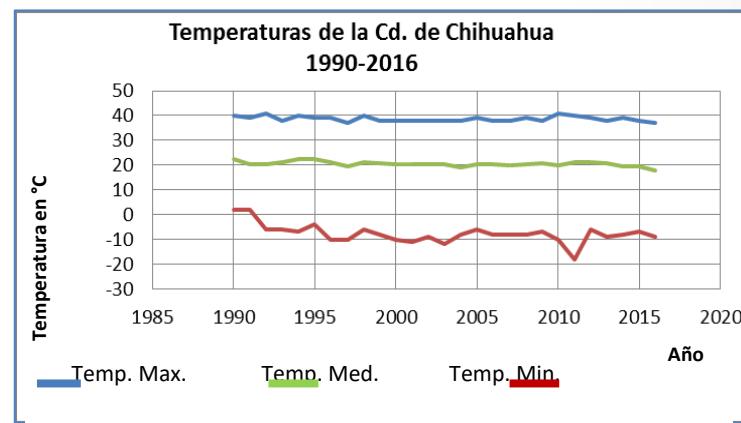


Tabla 1 Temperaturas

Fuente: https://www.meteored.mx/clima_Chihuahua-America+Norte-Mexico-Chihuahua-MMCU-sactual-22376.html

Gráfico 1: Gráfico que muestra las temperaturas máxima, mínima y media de la Cd. de Chihuahua en el periodo 1990-2016.

Diseño del Sistema:

- Ecuaciones:

- Paire = se calcula . Obedece a la ecuación de estado.

$$PV = nRT$$

- Ecuación de transferencia de calor en solidos.

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} + \rho C_p u \nabla T + \nabla(-k \nabla T) = Q$$

$$\rho C_p u \nabla T = \nabla(k \nabla T) + Q$$

- Ley de Fourier. Describe la relación entre el campo vectorial de flujo de calor q y el gradiente de temperatura.

$$q = -k \nabla T$$

- Aislamiento térmico.

$$n(k \nabla T) = 0$$

- Flujo de calor convectivo.

$$-n(-k \nabla T) = h(T_{ext} - T)$$

- Ley de enfriamiento de Newton .

$$Q_{convección} = hA(T_s - T_f)$$

Diseño geométrico del modelo

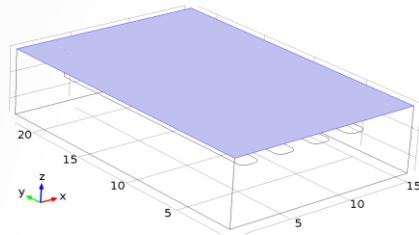


Fig. 3 Temperatura externa
Fuente: Elaboración propia

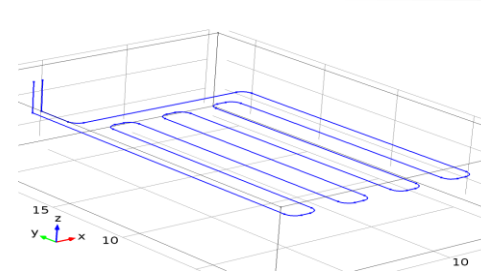


Fig 4 Diseño de la tubería
Fuente: Elaboración propia

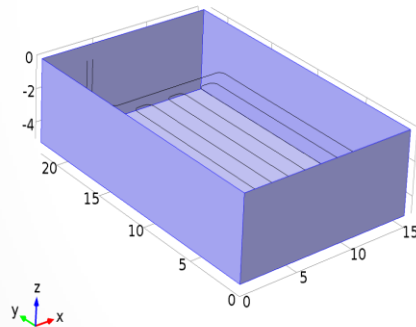


Fig. 5 Aislamiento térmico
Fuente: Elaboración propia

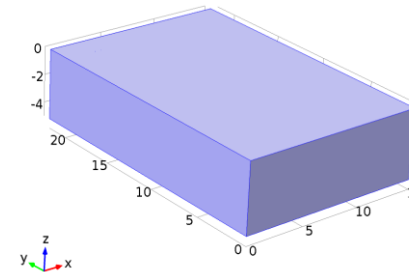


Fig. 6 Dominio
Fuente: Elaboración propia

El panorama

Temperatura máxima, media, mínima y rango de la Cd. de Chihuahua, 2015				
TI [°C]				
MES	T MEDI	TMAXI	TMINI	TMAXI-TMINI RANGO
1	8.9	24	-7	31
2	13.7	30	-1	31
3	15.3	30	-2	32
4	19.4	32	4	28
5	23.7	36	6	30
6	27	38	15	23
7	26.2	35	14	21
8	26.9	37	14	23
9	26.6	35	12	23
10	21	33	6	27
11	15.8	29	-2	31
12	11.3	27	-6	33

Tabla 2 Temperaturas de la Cd. de Chihuahua 2015
Fuente Elaboración propia. Información sitio Meteored

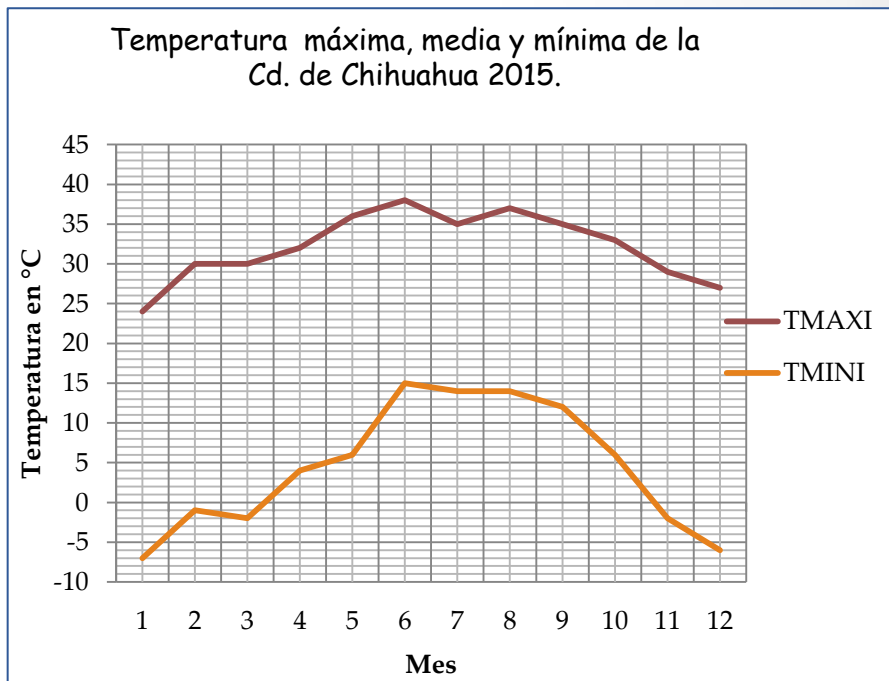


Gráfico 2 Temperaturas máximas y mínimas de la Cd. de Chihuahua
Fuente: Elaboración propia

3.- Resultados

1. Se diseñó e implementó un SCG en la Universidad Tecnológica de Chihuahua.
2. Se creó un modelo de simulación.

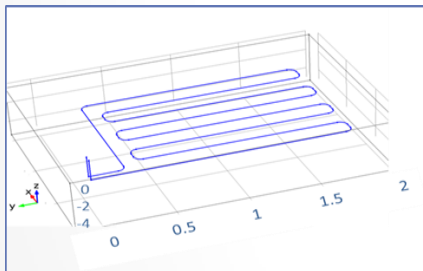


Figura 7 Diseño del sistema de climatización geotérmico.
Fuente: Elaboración propia

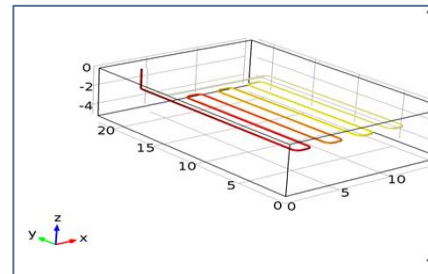


Figura 8 Diseño del sistema de climatización geotérmico. Muestra la transferencia de calor por colorimetría en un sistema donde la temperatura entrada es mayor a la del subsuelo.
Fuente: Elaboración propia

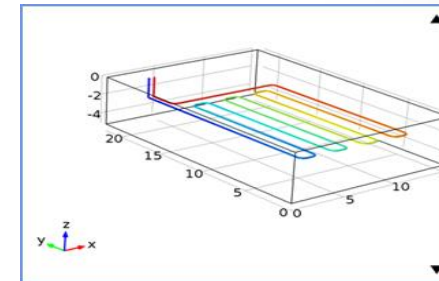


Figura 9 Diseño del sistema de climatización geotérmico. Muestra la transferencia de calor por colorimetría en un sistema donde la temperatura entrada es menor a la del subsuelo.
Fuente: Elaboración propia

3. El presente estudio permitió determinar la funcionalidad del sistema de climatización geotérmico de baja entalpía.

Parámetros considerados para el desarrollo del sistema de climatización.			
Profundidad 2.5m, Diámetro 0.1m, Long 20m			
	Temp.	Temp.	
	Entrada	Salida	Te-Ts
	°C	°C	°C
1	-20	-1.17	18.83
2	-10	4	14
3	10	14	4
4	30	24	6
5	39	28.6	10.4
6	40	29	11
7	50	34	16

Tabla 3 Parámetros de prueba para el desarrollo del sistema de climatización.

Fuente: Elaboración propia

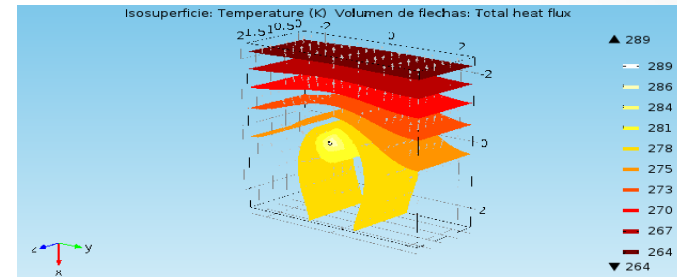


Fig. 10 Comparativas de temperatura entrada y salida en el sistema

Fuente: Elaboración propia

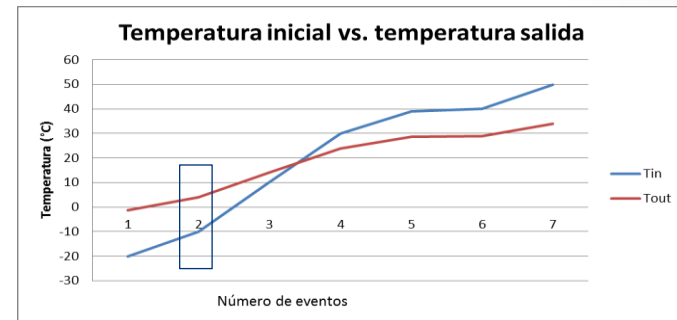
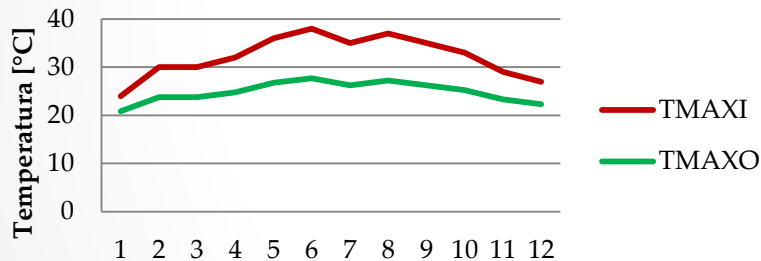


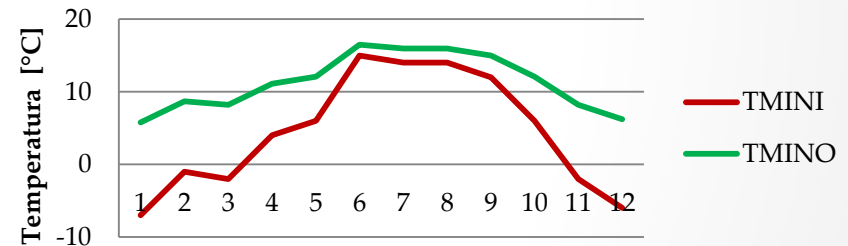
Gráfico 3 Comparativas de temperatura entrada y salida en el sistema

Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 4 de Temperatura
máxima (TI) vs Temperatura
de salida del sistema (TO)...**



**Gráfico 5 de temperatura
mínima (TI) vs Temperatura de
salida del sistema (TO) 2015**



Intervalos de temperatura máxima y mínima		
Mes	Rango de Temperatura externa °C	Rango de Temperatura acondicionada
1	31	15.09
2	31	15.11
3	32	15.61
4	28	13.67
5	30	14.66
6	23	11.26
7	21	10.27
8	23	11.26
9	23	11.24
10	27	13.18
11	31	15.12
12	33	16.09
Diferencia promedio	28	14

Tabla 4 Intervalos de temperatura máxima y mínima externa y temperatura acondicionada por el sistema.

Fuente: Elaboración Propia

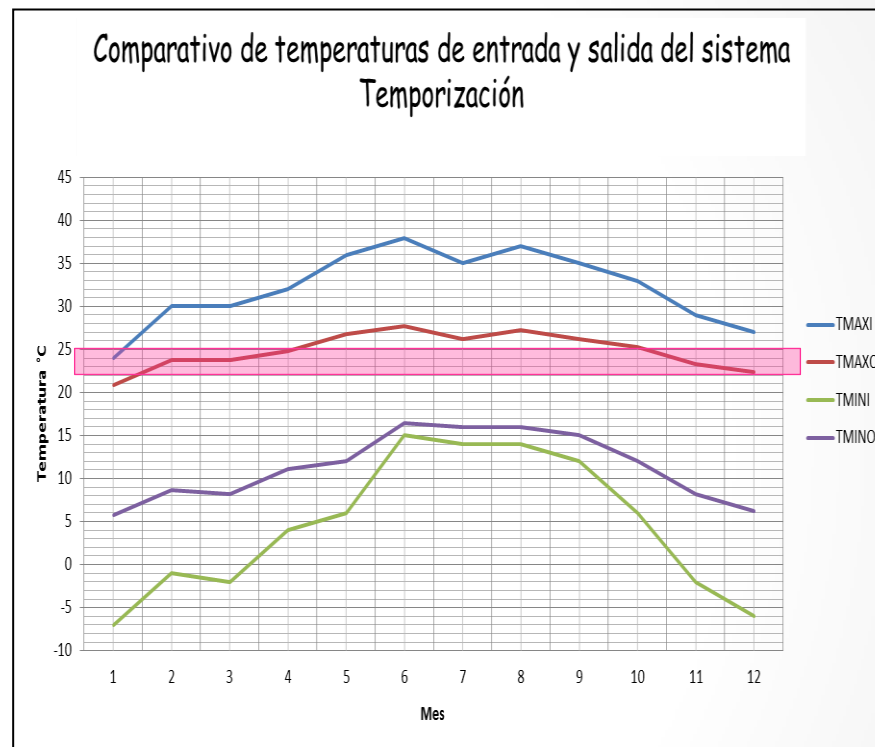


Grafico 6 Comparativo de temperaturas de entrada y salida Fuente: Elaboración propia

4. Se determinaron las características de funcionamiento óptimo para diámetro y longitud.
5. Se determinaron las condiciones de operación mas desfavorables.

*Tabla de resultados
Se efectuaron variaciones
de diámetro, longitud de
tubería y temperatura
inicial.*

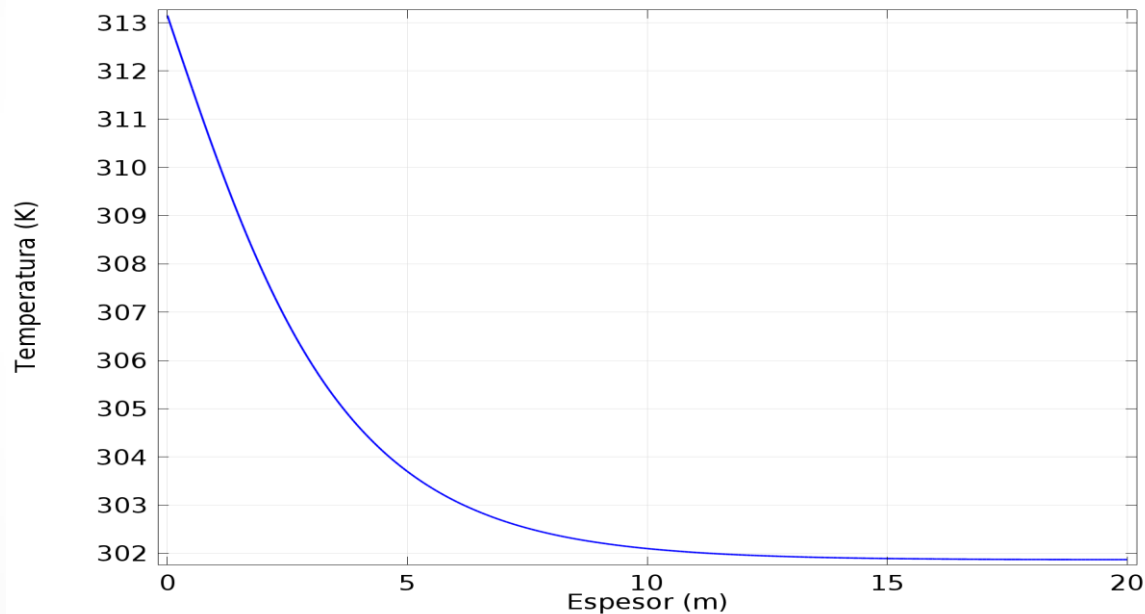
Diámetro		Longitud	Temperatura a la entrada del sistema					
m	Inch		m	-10°C	0°C	10°C	20°C	30°C
0.1016	4	10	4.44	9.09	14.02	18.90	23.78	28.70
0.1016	4	20	4.43	9.08	14.02	18.90	23.79	28.71
0.1016	4	30	4.37	9.05	14.00	18.90	23.81	28.75
0.1016	4	40	4.36	9.03	13.99	18.91	23.82	28.78
0.1524	6	10	5.47	9.89	14.38	18.80	23.24	27.71
0.1524	6	20	5.48	9.90	14.38	18.80	23.24	27.71
0.1524	6	30	5.46	9.89	14.38	18.80	23.25	27.72
0.1524	6	40	5.43	9.86	14.37	18.81	23.26	27.75
0.2032	8	10	6.15	10.33	14.57	18.75	22.95	27.18
0.2032	8	20	6.16	10.33	14.58	18.75	22.95	27.17
0.2032	8	30	6.15	10.33	14.57	18.75	22.95	27.18
0.2032	8	40	6.13	10.32	14.42	18.76	22.96	27.19
0.254	10	10	7.01	10.88	14.81	18.68	22.57	26.49
0.254	10	20	7.02	10.89	14.81	18.68	22.57	26.49
0.254	10	30	7.02	10.89	14.81	18.68	22.57	26.49
0.254	10	40	7.01	10.88	14.81	18.68	22.57	26.50
0.3048	12	10	7.52	11.21	14.95	18.64	22.35	26.09
0.3048	12	20	7.52	11.21	14.95	18.64	22.35	26.09
0.3048	12	30	7.53	11.21	14.96	18.64	22.35	26.09
0.3048	12	40	7.52	11.21	14.95	18.64	22.35	26.09
0.3556	14	10	8.20	11.65	15.14	18.59	22.06	25.55
0.3556	14	20	8.20	11.65	15.15	18.59	22.06	25.55
0.3556	14	30	8.21	11.65	15.15	18.59	22.05	25.54
0.3556	14	40	8.20	11.65	15.14	18.59	22.06	25.55

Tabla 5 de resultados. Muestra la temperatura de salida del sistema .

Fuente : Elaboración propia

Grafico 7 lineal de temperatura para un sistema con longitud de tubería de 20m , diámetro de tubería de 0.10m y temperatura inicial de 40°C

Gráfico lineal: Temperatura (K)



4.- Conclusiones

- El rango de temperatura exterior promedio es de 28°C, el rango atemperado promedio es 14°C lo que significa que el sistema reduce un 48% esa diferencia de temperatura.
- Variaciones en la longitud del sistema de tubos no genera variaciones de temperatura mayores a 1°C.
- Por cambio de diámetro la variación de temperatura es hasta 4°C.
- El sistema de tubos con longitud de 20m presenta una mejor respuesta ante las variaciones del diámetro en el 50% de los casos.
- La mejor comportamiento del sistema se presentó bajo las siguientes características: $d = 14''$ o 0.35m , $L = 30m$
- Las característica del sistema con un comportamiento menos favorable es: $d = 4''$ o 0.10m, $L = 40m$
- En todos los escenarios se obtuvo mejora.

4.- Referencias

- 1) AIE/SENER. (2011). *Indicadores de Eficiencia Energética en México: 5 sectores, 5 retos*. Agencia Internacional de Energía / Secretaria de Energía. British Embassy, Mexico City: Gobierno Federal.
- 2) [ATECYR, \(2010\)](#). *Guía técnica de diseño de sistemas de bomba de calor geotérmica*. Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración . Madrid: IDAE.
- 3) Cengel, Y. (2004). *Termodinámica*. MC GRAW HILL.
- 4) Chen, B., Wang, T., Maloney, J., & Newman, M. (1983). Measured and predicted cooling performance of earth cooling tubes. ASES (Annual Meeting Minneapolis).
- 5) Dickson, M.H. y col – 2004 – What is Geothermal Energy? - Instituto de Geociencia y Recursos Geológicos, CNR, Pisa, Italia –
- 6) E. Santoyo, M. G.-Z. (2010). *Estrategias de transición para promover el uso de tecnologías y combustibles más limpios en el tema de la energía geotérmica*. México: UNAM.
- 7) Flores, S., & Lesino, G. (2000). Intercambiadores tierra-aire: uso del suelo para enfriamiento pasivo. Buenos Aires, Salta, Argentina.

- 8) Gehringer, M. L. (2012). *Geothermal handbook: planning and financing power generation. Technical Report 002/12.*. The World Bank Group, Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP),.
- 9) Iannelli, L., & Gil, S. (March de 2012,). Acondicionamiento térmico de aire usando energía geotérmica-ondas de calor. *Lat. Am. J. Phys. Educ.*, 6(1), 99-105.
- 10) IGME, I. p. (2008). *Manual de Geotermia*. Madrid: IDAE.
- 11) León, J. L. (2007). *MANUAL DE GEOTERMIA Ciencias de la Tierra e Ingeniería de Reservorios*. Mexico.
- 12) LLOPIS TRILLO, G., & ANGULO, V. R. (2008). *Guía de la Energía Geotérmica*. Madrid: Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid.
- 13) Sitiosolar. (2013). *Sitiosolar.com*. Recuperado el 18 de Diciembre de 2016, de <http://www.sitiosolar.com/contacta-con-sitiosolar/>
- 14) WEC. (2013). *WORLD ENERGY COUNCIL*. Recuperado el 10 de 10 de 2016, de https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2014/04/WEC_16_page_document_21.3.14_ES_FINAL.pdf
- 15) ZIGURAT. (2013). Recuperado el 09 de octubre de 2016, de Global Institute of Technology: <http://www.e-zigurat.com/noticias/soluciones-bioclimaticas-pozos-provenzales-canadienses/>



ECORFAN®

© ECORFAN-Mexico, S.C.

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BCIERMIMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- (www.ecorfan.org/ booklets)