



Title: Determinación de profundidad optima para intercambiadores de calor tierra-aire en Saltillo, Coahuila

Authors: MOLAR-OROZCO, María Eugenia, RÍOS-ARRIOLA, Juan, BOJÓRQUEZ-MORALES, Gonzalo y REYES-LOPEZ, Jaime Alonso

Editorial label ECORFAN: 607-8695
BCIERMMI Control Number: 2020-04
BCIERMMI Classification (2020): 211020-0004

Pages: 6
RNA: 03-2010-032610115700-14

ECORFAN-México, S.C.
143 – 50 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		
Mexico	Colombia	Guatemala
Bolivia	Cameroon	Democratic
Spain	El Salvador	Republic
Ecuador	Taiwan	of Congo
Peru	Paraguay	Nicaragua



ECORFAN®

Introducción

Saltillo Coahuila: Invierno: temperaturas con valores menores al **límite inferior de confort estimado (19°C)** (Molar & Velázquez, 2015).

Temperaturas mínimas -3.4°C afectan 471,725 habitantes, efectos ambientales y morbilidad.

Intercambiador de calor tierra aire (EAHE, por sus siglas en inglés) es alternativa **viable para acondicionamiento térmico de edificaciones**.

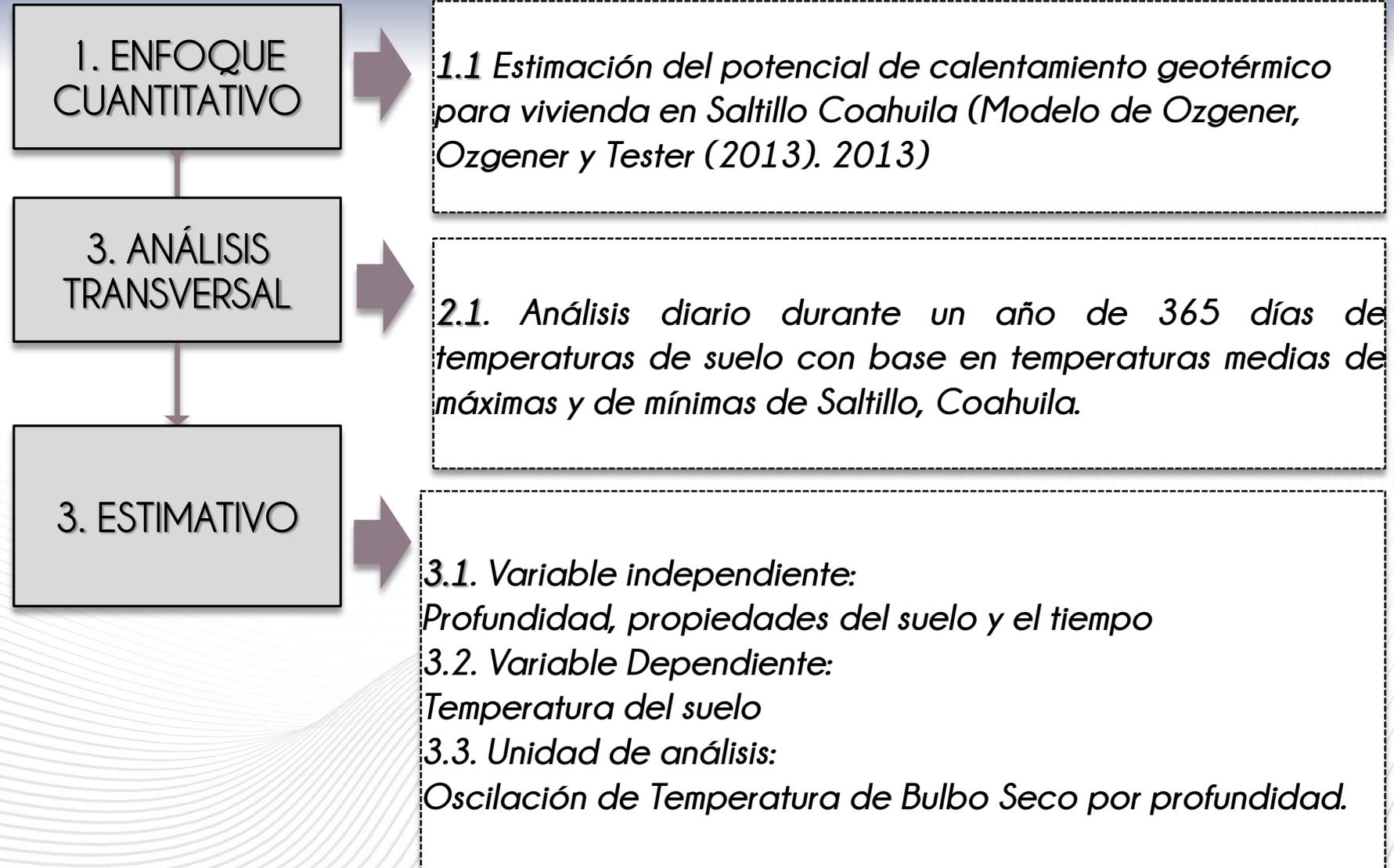
Aumento de temperatura del aire que ingresa a las edificaciones durante el **invierno** y a la **reducción de esta durante el verano**. El principio básico es **aprovechar inercia térmica de la tierra** a profundidades entre 1 y 10 m.





ECORFAN®

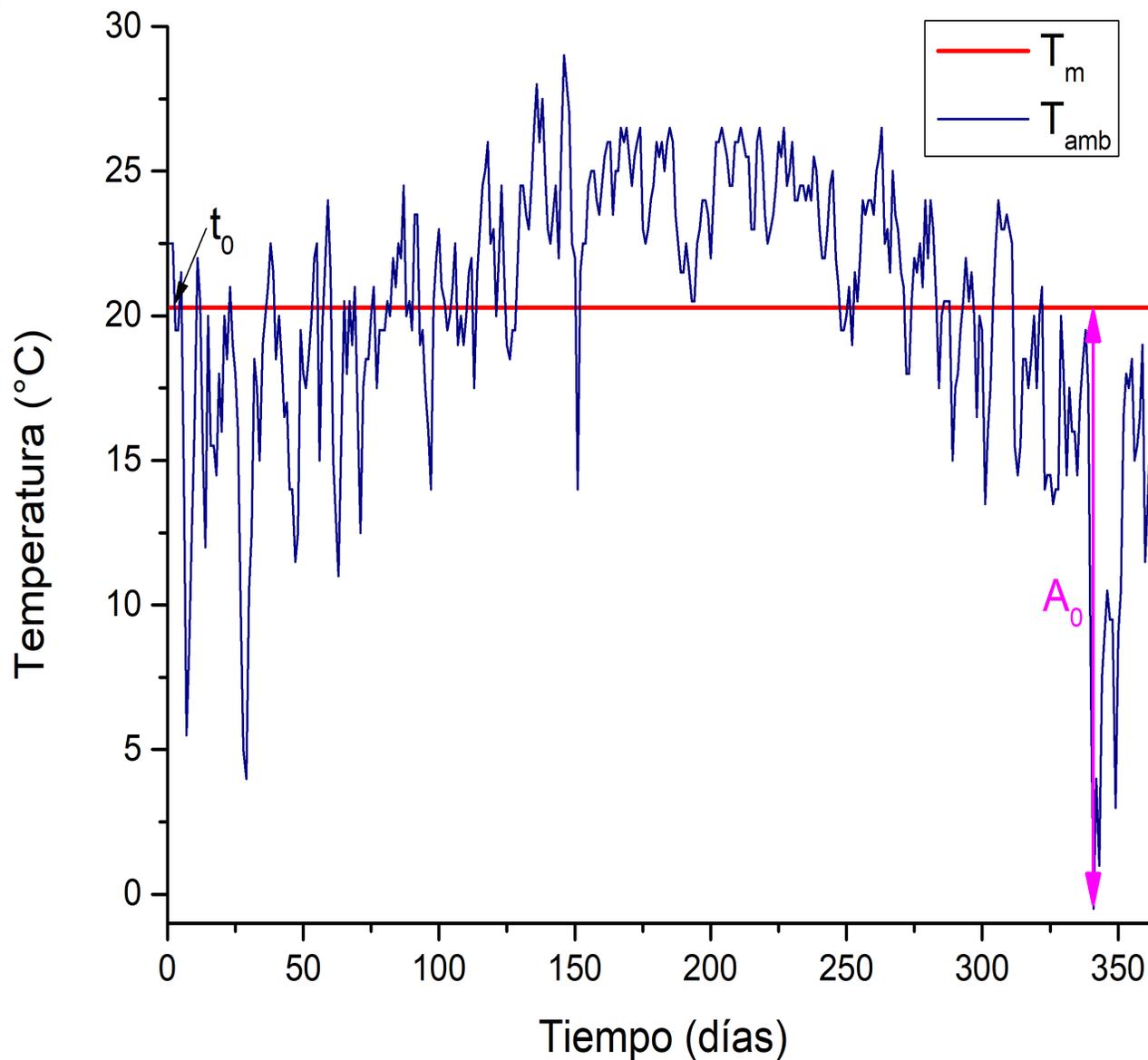
Metodología



Determinación de parámetros del modelo teórico A_0 y t_0



ECORFAN®



Temperatura del suelo en función de la profundidad:
ecuación (1) de Ozgener, Ozgener y Tester (2013):

$$T(z,t) = T_m + A_0 \text{ sen } [2\pi/P (t - t_0) - \gamma z - \pi/2] \quad (1)$$

Donde:

T temperatura del subsuelo (°C);

z profundidad del suelo (m);

t tiempo (h),

T_m la temperatura media anual del aire (°C);

A_0 amplitud de la onda de temperatura del aire (°C);

P el periodo (h);

t_0 el tiempo al cual la temperatura del aire cruza la temperatura media (h); γ representa el inverso de la profundidad de amortiguamiento (m^{-1})

Resultado:

Temperatura media anual: $T_m = 20.28^\circ\text{C}$

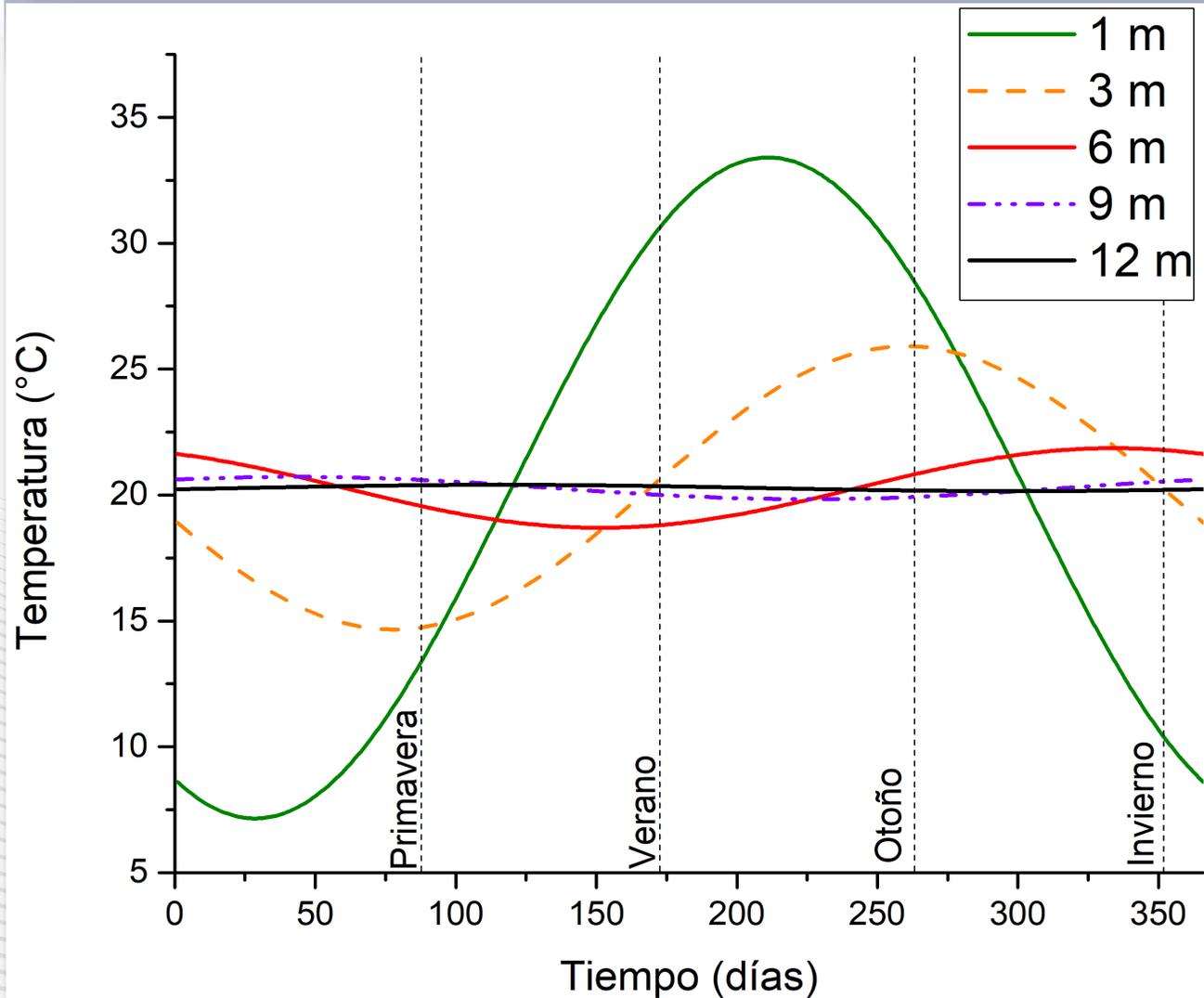
Amplitud de onda de temperatura $A_0 = 20.05^\circ\text{C}$,

Tiempo que la temperatura ambiente tarda en cruzar a T_m $t_0 = 72 \text{ h}$.



ECORFAN®

Temperatura del suelo en función de Z y T



12 m de profundidad: 0% de diferencia entre mínima y máxima. Temperatura constante de $\approx 20^{\circ}\text{C}$ todo el año.

9 m: varía de 5% respecto a la máxima y 0% con la mínima. Temperatura con variación de $\pm 0.42^{\circ}\text{C}$. Escenario favorable.

6 m: diferencia de 10 % respecto a la máxima y 5% con la mínima. Temperatura con variación $\pm 1.5^{\circ}\text{C}$. Escenario favorable.

3 m: diferencia es de 30% respecto a la máxima y 25% con la mínima. Temperatura con variación de $\pm 5.5^{\circ}\text{C}$, mejor escenario por viabilidad técnica.

1 m: presenta 65% (máxima y mínima) con respecto a la temperatura estable. Temperatura similar al ambiente.

Nota: Temperatura constante T_m (20.27°C).



ECORFAN®

Conclusiones

Se cumplió con el objetivo: **Estimar la profundidad optima** para la instalación de un **intercambiador de calor tierra-aire** como **sistema pasivo de calefacción** de viviendas en Saltillo Coahuila.

La **estimación** de temperatura en el subsuelo se hizo con un **modelo matemático validado experimentalmente**, esto representa una **herramienta para dimensionamiento previo** a la instalación de un **intercambiador de calor tierra-aire**.

Para **mayor precisión** de la temperatura del suelo en base a profundidad y tiempo, es recomendable realizar estudios en sitio sobre: **1) Clases texturales del suelo, 2) Contenido de humedad, 3) Densidad, 4) Determinar experimentalmente propiedades termofísicas.**

Este modelo analítico es una **herramienta para la evaluación aproximada de la variación de temperatura en el subsuelo**, que evita los **costos de perforación e instrumentación**. En una segunda etapa del estudio **se pretende realizar una validación experimental** que permita comparar los resultados obtenidos en este trabajo.



ECORFAN®

Referencias Principales

1. Abu-Hamdeh, N. H. (2003). Thermal Properties of Soils as affected by Density and Water Content. *Biosystems Engineering (2003) 86(1), 97-102* doi:10.1016/S1537-5110(03)00112-0
2. Brunat, I. & Escuer, J., 2010. Intercambiadores tierra-aire y técnicas emparentadas. Ejemplos y experiencias, Lleida: Geoconsultores Técnicos y Ambientales, S.L.
3. Cabezas, A. M (2012). Eficiencia energética a través de utilización de pozos canadienses con el análisis de datos de un caso real "casa pomaret". Tesina de master. Barcelona: UPC, pp. 2 a 10, 21 a 24, 54 a 64, 83 a 85, 112 a 115.
4. Calvache, M. (2002). Manejo del agua: principios fundamentales. Ecuador: VIII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/303691521_MANEJO_DEL_AGUA_PRINCIPIOS_FUNDAMENTALES
5. Escuer, J. (2008). Intercambiadores tierra-aire en la climatización de construcciones. España: Geoconsultores. Acceso libre en PDF.
6. Fernández, F. (2015). Diseño y caracterización de un sistema intercambiador de calor tierra-aire para obtener confort y ahorro de energía en edificios habitacionales. Tesis doctoral en Diseño Línea de Investigación: Arquitectura Bioclimática. CDMex: Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco.
7. López-Alonso, C., Claridge, D. E. & Kreider, J. F. (1995). Analytical Model to Predict Annual Soil Surface Temperature Variation. *Journal of Solar Energy Engineering*; may 1995, Vol. 117/91. Recuperado de <http://solarenergyengineering.asmedigitalcollection.asme.org/> on 01/30/2016.
8. Ozgener, O., Ozgener, L. & Tester, J. (2013). A practical approach to predict soil temperature variations for geothermal (ground) heat exchangers applications. *International Journal of Heat and Mass Transfer* 62 pp. 473-480
9. Pich Aguilera, F. & Batle, T. (2012). Casa Pomaret Manual de Uso, Barcelona: Pich Aguilera Arquitectos.
10. Ramírez-Dávila, L., Xamán, J., Arce, J., Álvarez, G., & Hernández-Pérez, I. (2014). Numerical study of earth-to-air heat exchanger for three different climates, *Energy and Buildings*, 76, 238-248
11. Ríos, J. (2019). Análisis de factibilidad para climatización de edificaciones con energía geotérmica de baja entalpia en el ejido "Bonil" Santa Rosalía B.C.S. Tesis de licenciatura. Baja California: Universidad autónoma de baja california, escuela de ciencias de la ingeniería y tecnología.
12. Rubio, C. (2014). Transient Thermal Flux as a Way to Stimulate the Loss Dormancy on Weed Seeds. *Applied Ecology and Environmental Sciences*. Vol. 2 No. 2, 43-47.
13. The U.S. Department of Energy. (2014). PNNL-23479 Prepared for the U.S. Department of Energy under Contract DE-AC05-76RL01830ANSI/ASHRAE/IES Standard 90.1-2013. Determination of Energy Savings: Quantitative Analysis. Recuperado de https://www.energycodes.gov/sites/default/files/documents/901-2013_finalCommercialDeterminationQuantitativeAnalysis_TSD.pdf



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. BCIERMMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- (www.ecorfan.org/ booklets)