



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

Title: Simulación numérica de un intercambiador de calor terrestre vertical tipo “U” usando condiciones de frontera de zona costera

Author: Darío Colorado-Garrido

Editorial label ECORFAN: 607-8324
BCIERMIMI Control Number: 2016-01
BCIERMIMI Classification(2016): 191016-0101

Pages: 13

Mail: *dcolorado@uv.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			



Universidad Veracruzana

Plan de exposición

1. Introducción

- 1.1.- Intercambiadores de calor terrestres.
- 1.2.- Objetivo general.

2. Determinación del perfil de temperaturas y propiedades termo-físicas de la tierra

3. Modelo matemático

4. Coeficientes empíricos para las ecuaciones gobernantes

5. Resultados y discusión

Conclusiones y perspectivas



**Congreso Interdisciplinario de Energías Renovables,
Mantenimiento Industrial, Mecatrónica e Informática**

2016





Intercambiadores de calor terrestres.

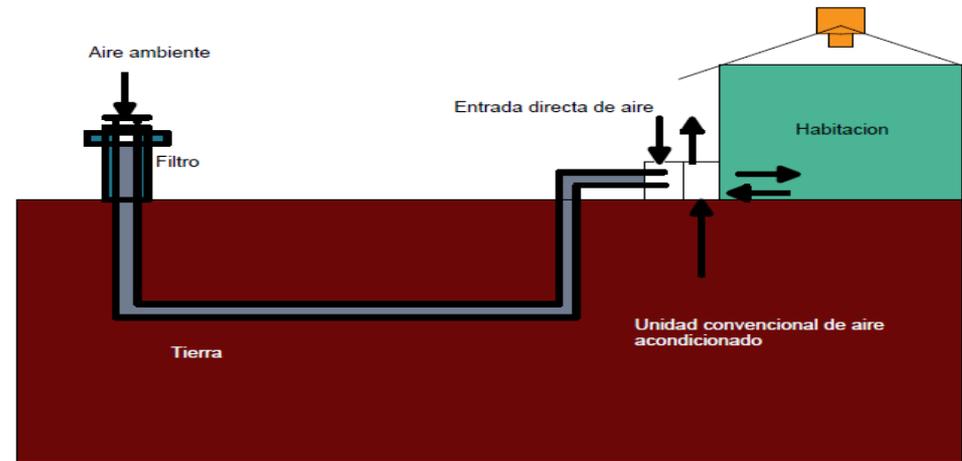


Fig. 1 Forma básica para el pre- acondicionamiento térmico de una habitación.

Antecedentes:

- G. Florides, S. Kalogirou. Ground heat exchangers. A review of systems, models and applications, Renewable Energy 32: 2461–2478, 2007.
- G. Florides, S. Kalogirou. First in situ determination of the thermal performance of a U-pipe borehole heat exchanger, in Cyprus. Applied Thermal Engineering, 28: 157–163, 2008



Universidad Veracruzana

Objetivo general

Desarrollar la simulación numérica de un intercambiador de calor terrestre usando un perfil de temperaturas experimental en una zona costera.

Objetivos Específicos:

- Medición del perfil de temperatura desde la superficie hasta 3 metros de profundidad en el suelo. Caso de estudio: Universidad Veracruzana Campus Coatzacoalcos (latitud $18^{\circ}08'39''$ N, longitud oeste $94^{\circ}28'36''$ y altitud 10 msnm).
- Formulación matemática y solución de las ecuaciones de continuidad, cantidad de movimiento y energía en el flujo y elementos sólidos aplicados a un intercambiador terrestre.
- Evaluación y diseño de un intercambiador de calor terrestre para enfriamiento de agua.



Universidad Veracruzana

Determinación del perfil de temperaturas y propiedades termo-físicas de la tierra

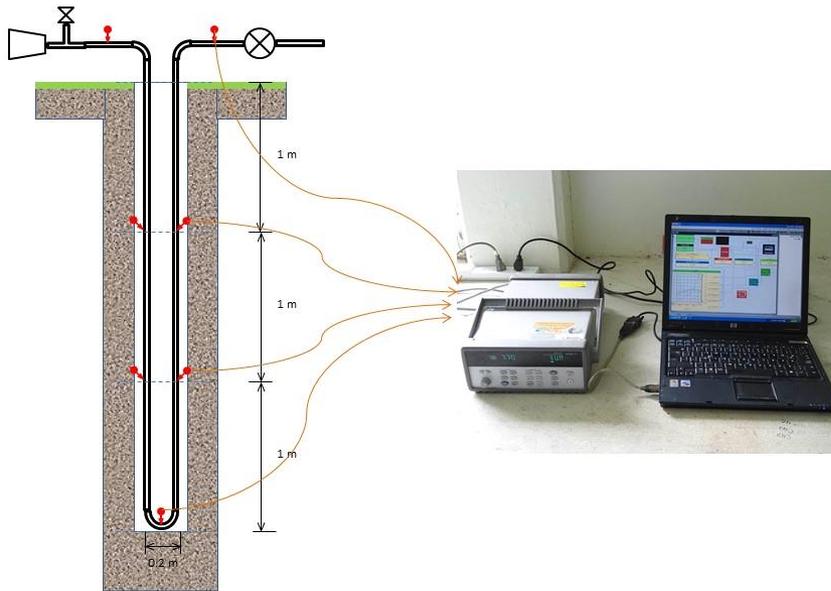


Fig. 2 diseño experimental

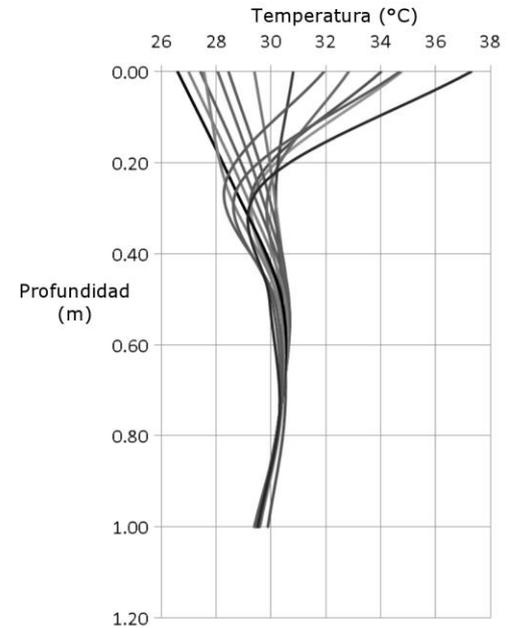


Fig. 3 Perfil de temperaturas en el subsuelo



Ec. Continuidad

$$\dot{m}_{i+1} = \dot{m}_i - \frac{A\Delta z\rho_l}{\Delta t}$$

Ec. de cantidad de movimiento

$$p_{i+1} = p_i - \frac{\Delta z}{A} \left[\frac{\bar{f}_l}{4} \frac{\dot{m}^{-2}}{2\rho A^2} P + \bar{\rho} Ag \sin\theta + \frac{[\dot{m}(v_l)]_i^{i+1}}{\Delta z} + \frac{\dot{m}^{-0}}{\Delta t} \right]$$

Ec. Energía

$$T_{i+1} = \frac{2\dot{q}P\Delta z - \dot{m}_{i+1} a + \dot{m}_i b + \frac{A\Delta z}{\Delta t} c}{Cp_{i+1} \left[\dot{m}_{i+1} + \dot{m}_i + \frac{\rho_l A\Delta z}{\Delta t} \right]}$$

Donde : $e = \left(h + \frac{v^2}{2} + gz \right)$

$$[x]_i^{i+1} = x_{i+1} - x_i$$

Se asumen las siguientes **consideraciones**:

- Flujo unidimensional (solamente se consideran los valores promediados de las variables de la sección transversal).
- Fluidos newtonianos.
- Diámetros y rugosidades en tuberías constantes.
- Se desprecia la transferencia de calor por radiación.
- Se desprecia la conducción de axial en el fluido
- Se desprecia los efectos de estratificación en el fluido externo

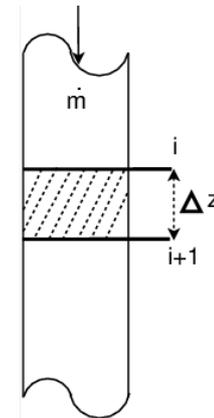


Fig. 3 Volumen de control en el flujo.



Se asumen las siguientes **consideraciones:**

- Distribución de temperaturas unidimensional
- Se desprecia el calor de intercambio por radiación

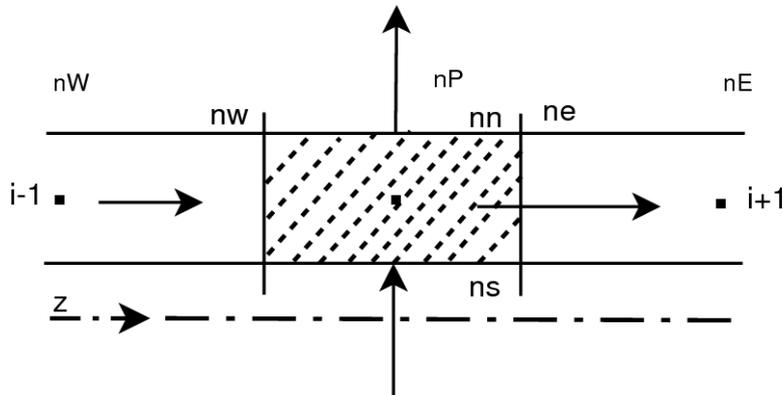


Fig. 4 Volumen de control en elementos solidos

Flujo de calor en la pared

$$(\tilde{q}_s P_s - \tilde{q}_n P_n) \Delta z + (\tilde{q}_w - \tilde{q}_e) A = m \frac{\partial \tilde{h}}{\partial t}$$

Solución

$$aT_i = bT_{i+1} + cT_{i-1} + d$$

$$a = \frac{\lambda_w A}{\Delta z} + \frac{\lambda_e A}{\Delta z} + \left(\alpha_s P_s + \frac{\lambda_{tr} P_{tr}}{\Delta z} \right) \Delta z + \frac{A \Delta z}{\Delta t} \rho c_p;$$

$$b = \frac{\lambda_e A}{\Delta z} \quad c = \frac{\lambda_w A}{\Delta z};$$

$$d = \left(\alpha_s P_s T_{tubo} + \frac{\lambda_{tr} P_{tr} T_{tr}}{\Delta z} \right) \Delta z + \frac{A \Delta z}{\Delta t} \rho c_p T_i^0$$



Universidad Veracruzana

Coeficientes empíricos para las ecuaciones gobernantes

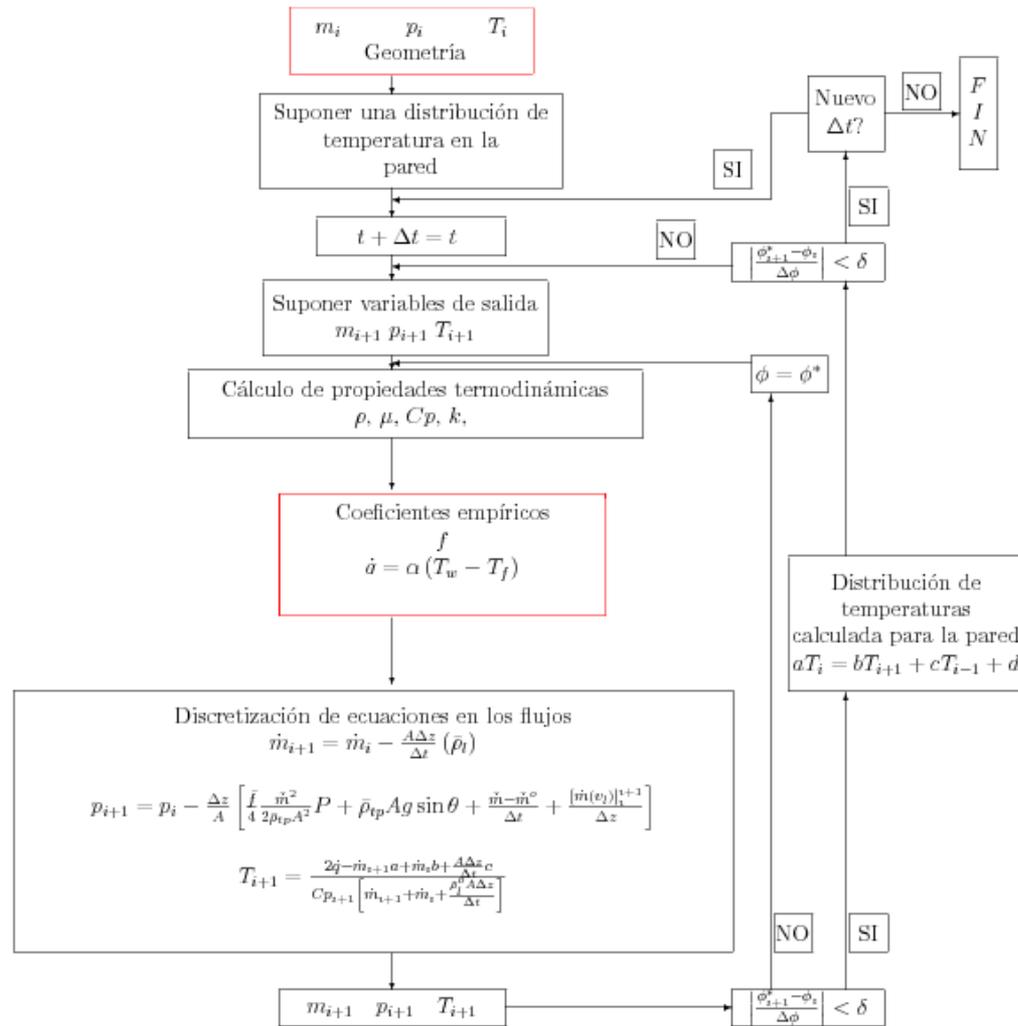
Factor de fricción en una sola fase	Re \leq 2300	$f = \frac{64}{Re}$
	Laminar	
	Re $>$ 2300	$f = 1.216 Re^{-0.25}$
	Turbulento	

Coeficiente Convectivo

En una sola fase	Re \leq 2300	$Nu = 3.66$
	Laminar	
	Re $>$ 2300	$Nu = 0.23 Re^{0.8} Pr^{coef}$
	Turbulento	donde:
		$coef = 0.4$, si la $T_{pared} > T_{fluido}$
		$coef = 0.3$, si la $T_{pared} < T_{fluido}$



Algoritmo de solución específico.



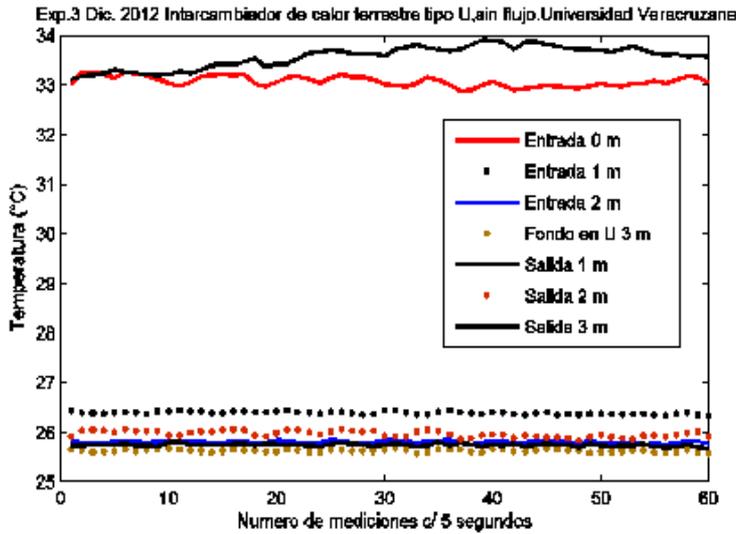


Fig. 5 Distribución de temperaturas de la tierra medidas hasta una profundidad de 3 metros.

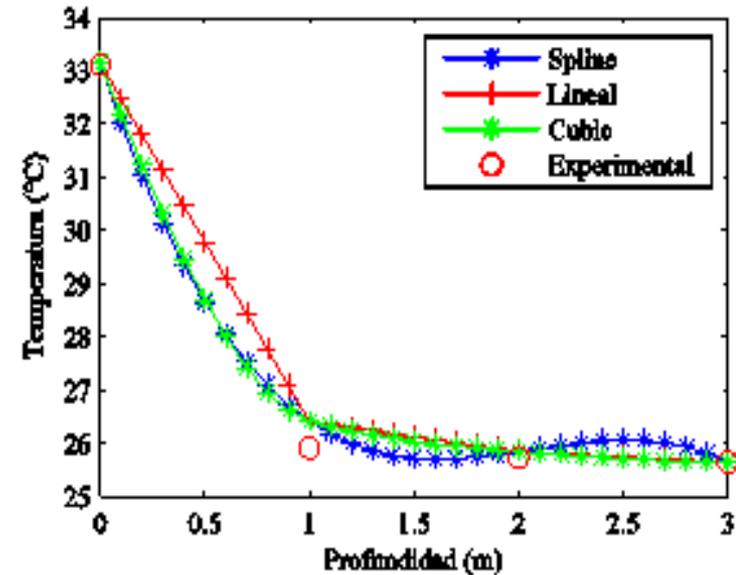


Fig. 6 Interpolaciones de temperatura de tierra y temperaturas experimentales desde la superficie hasta la profundidad de 3m.



Tabla 1 Parámetros de diseño base del intercambiador de calor terrestre.

Parámetro	
Materiales evaluados	PVC, acero 316, aluminio, cobre,
Diámetro Exterior	33.4 mm
Diámetro interior	30.4 mm
Longitud del tubo	6 m
T_{entrada}	40 °C
P_{entrada}	atmosférica
Flujo volumétrico	0.68 m ³ /hr



Tabla 2 Flujo de calor simulado usando temperatura de tierra experimental como condición de frontera.

Diámetro Nominal 1 pulg						
PVC (caso base)						
Tiempo	5s	60 s	120 s	180 s	240s	300 s
T salida (°C)	38.2432	38.2442	38.2482	38.2425	38.2436	38.2417
Flujo de calor (kW)	1.3932	1.3924	1.3893	1.3938	1.3929	1.3944
ACERO 316 L						
Tiempo	5s	60 s	120 s	180 s	240s	300 s
T salida (°C)	38.2311	38.2322	38.2361	38.2305	38.2316	38.2297
Flujo de calor (kW)	1.4027	1.4019	1.3988	1.4032	1.4024	1.4039
ALUMINIO						
Tiempo	5s	60 s	120 s	180 s	240s	300 s
T salida (°C)	38.0919	38.0929	38.0968	38.0912	38.0923	38.0904
Flujo de calor (kW)	1.5122	1.5114	1.5083	1.5128	1.5119	1.5134
COBRE						
Tiempo	5s	60 s	120 s	180 s	240s	300 s
T salida (°C)	37.9782	37.9792	37.9830	37.9774	37.9785	37.9767
Flujo de calor (kW)	1.6016	1.6008	1.5978	1.6022	1.6014	1.6028



Universidad Veracruzana

Conclusiones

Se desarrolló una herramienta computacional asumiendo un análisis unidimensional de las ecuaciones gobernantes (continuidad, cantidad de movimiento y energía) en un intercambiador de calor terrestre, con la finalidad de ayudar en el diseño y optimización de esta clase de equipos.

Se utilizaron datos experimentales de temperatura de tierra como condiciones de frontera para la solución del algoritmo. PVC, acero, aluminio y cobre fueron considerados como materiales de construcción, su desempeño en el ICT vertical de tubo en U fue estimada.

Dentro de lo cual se concluye lo siguiente:

- De los cuatro materiales simulados con las mismas condiciones del caso base, con diámetro nominal (DN) de 1 pulgada, el cobre es el que obtiene mayor intercambio térmico con el subsuelo. Obteniendo una potencia media de 1.6011 kW.
- El incremento de flujo de calor en la tubería DN 1 pulgada vs la tubería de PVC (caso base) de DN 1 pulgada está dada de la siguiente manera: acero = 0.73%, Aluminio = 8.54% y cobre = 14.96%.



Universidad Veracruzana

Simulación numérica de un intercambiador de calor terrestre vertical tipo “U” usando condiciones de frontera de zona costera

Colorado-Garrido Dario¹, Antonio-González Vicente², Silva-Aguilar Oscar², Herrera-Romero J. Vidal³

¹Centro de Investigación en Recursos Energéticos y Sustentables. Universidad Veracruzana. Av. Universidad km 7.5 Col. Santa Isabel, C.P. 96535, Coatzacoalcos, Veracruz, México

²Facultad de Ingeniería, Universidad Veracruzana. Campus Coatzacoalcos, Av. Universidad km 7.5 Col. Santa, Isabel, C.P. 96535, Coatzacoalcos, Veracruz, México



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)