

Rendimiento de un intercambiador de calor de tipo pozo: La influencia de la estimación de propiedades térmicas bajo fluctuación de mareas.

PROBLEMA

Varios Termal Response Test (TRT) se aplicaron para determinar las propiedades térmicas del suelo a lo largo de Guayaquil. Los resultados experimentales del TRT realizado en un pozo junto al estuario del río Guayas mostraron fluctuaciones en el perfil de temperatura lo que puede alterar la estimación de las propiedades térmicas del suelo.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar cómo el flujo de agua subterránea inducido por la marea influye en el rendimiento de un intercambiador de calor de tipo pozo (BHE) utilizando un caso de estudio en Guayaquil, Ecuador.

PROPUESTA

Se desarrolló una solución analítica para estimar el nivel freático cerca de la costa para predecir las propiedades térmicas del suelo, considerando las fluctuaciones del nivel del agua subterránea. Se evaluó la disipación de calor de un intercambiador de calor de pozo a través de una simulación para un año de operación utilizando el software TRNSYS Simulation Studio y las condiciones climáticas de Guayaquil.

Modelo Lineal para análisis de resultados de un TRT.

$$T_f(t) - T_o = \frac{q'}{4\pi\lambda_{eff}} \ln(t) + \frac{q'}{4\pi\lambda_{eff}} \left[\ln\left(\frac{4\alpha}{r^2}\right) - \gamma \right] + q' \left(R_b + \frac{R_f + R_p}{2} \right)$$

$$m = \frac{q'}{4\pi\lambda_{eff}} \quad b = \frac{q'}{4\pi\lambda_{eff}} \left[\ln\left(\frac{4\alpha}{r^2}\right) - \gamma \right] + q' \left(R_b + \frac{R_f + R_p}{2} \right) \quad \lambda_{eff} = \frac{q'}{4\pi m}$$

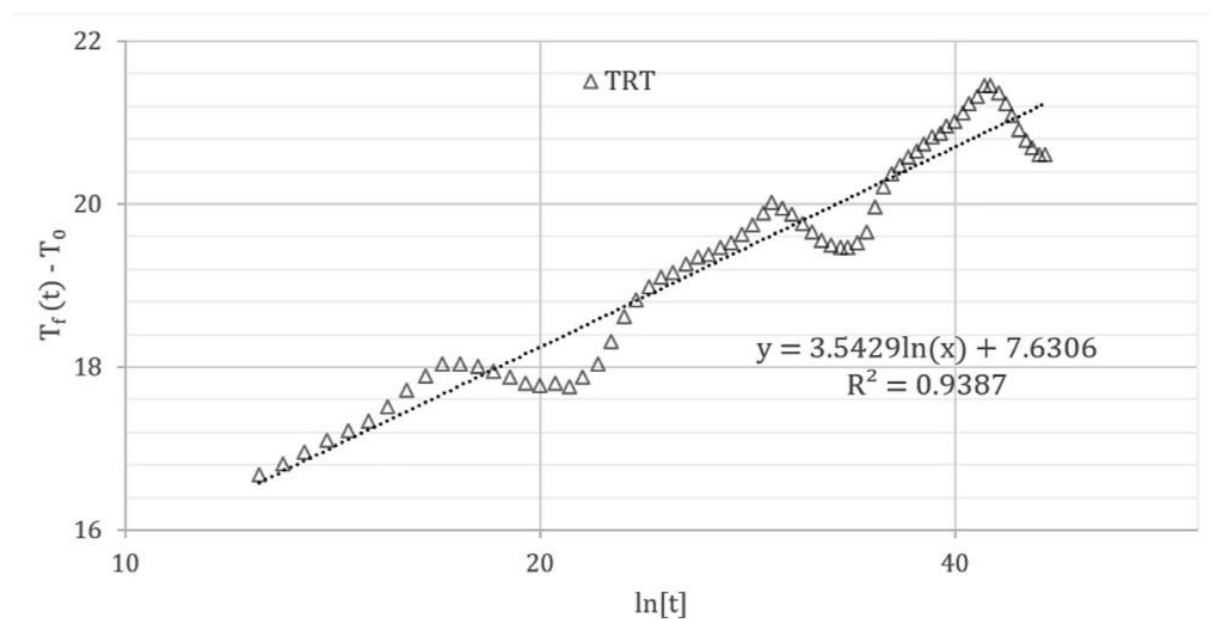


Fig3. Análisis de los datos experimentales con el modelo lineal

Propuesta analítica del efecto nivel freático inducidas por las mareas sobre las propiedades térmicas.

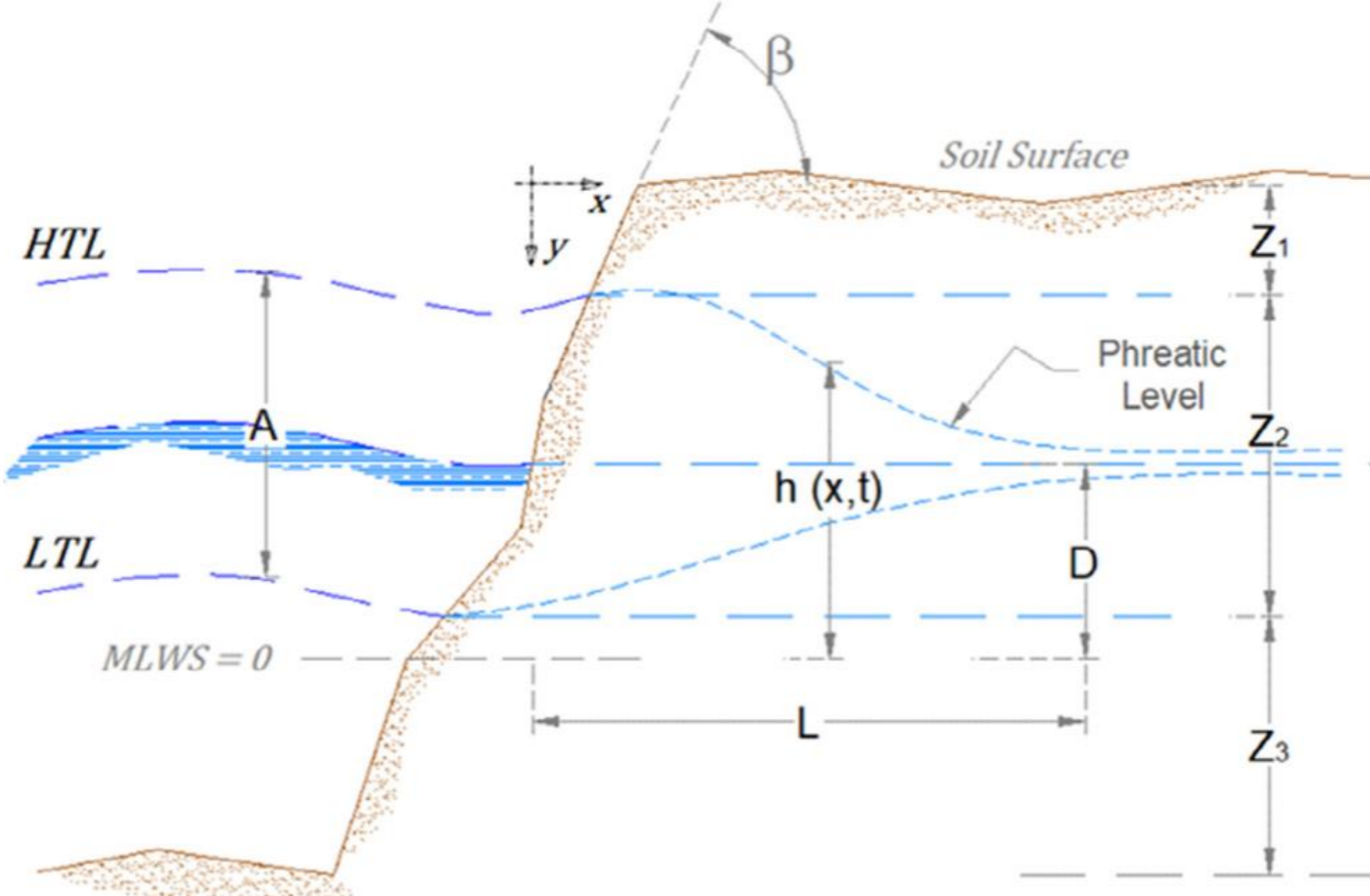


Fig4. Esquema físico del nivel freático fluctuante

$$C_{eff} = \sum_i C_i \quad C_i = \phi_i \rho_i c_p \quad \phi = f(h(x, t))$$

$$C_{eff} = \phi_2 \rho_2 c_p + (C_1 + C_2) \quad C_{eff} = \frac{\lambda_{eff}}{\alpha_{eff}} \quad \lambda_{eff} = \lambda_w^\eta \lambda_s^{1-\eta}$$

$$RMSE = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\Delta T_{adj} - \Delta T_{TRT}) \right]^{1/2}$$

RESULTADOS

Se aplicó el esquema analítico propuesto y se logró un RMSE de 3.4 °C con relación a los datos experimentales. En la simulación del intercambiador de calor bajo las condiciones climáticas de Guayaquil se registró que, en el caso de las propiedades térmicas ajustadas, el intercambiador de calor disipa un 12% menos de calor por metro que si no se considerara la fluctuación del nivel freático.

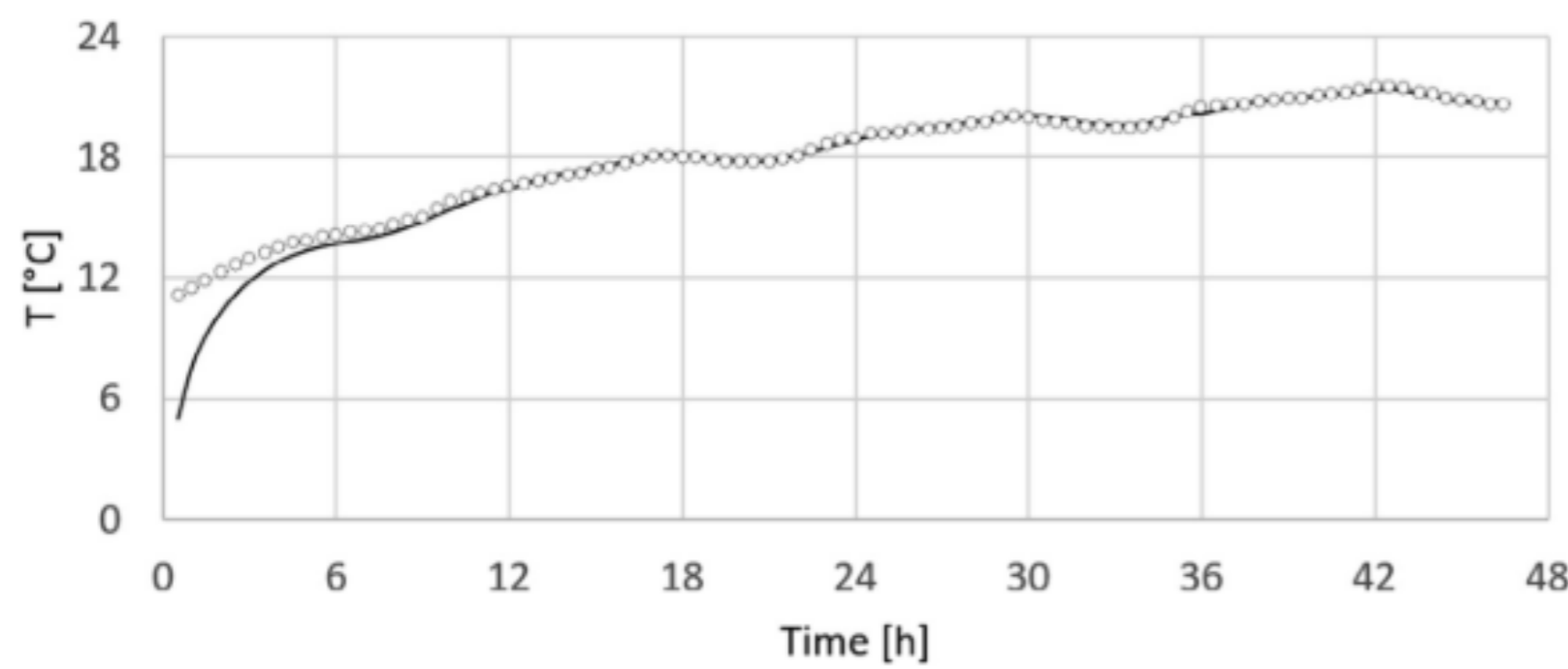


Fig7. Datos Experimentales del TRT y Ajuste analítico propuesto.

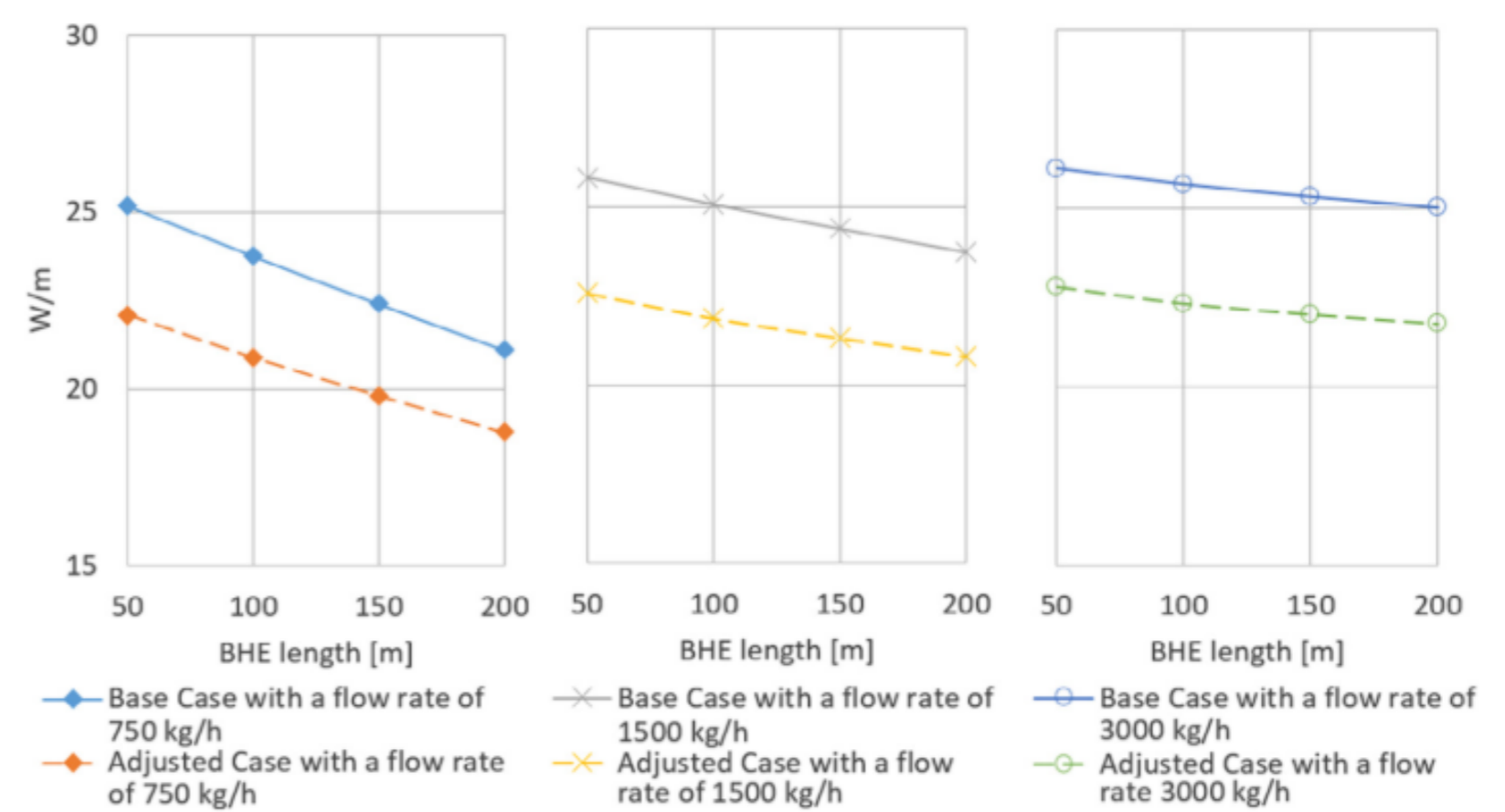


Fig6. Resultados de simulación en condiciones de climáticas de Guayaquil.

Tabla1. Propiedades térmicas efectivas en cada caso analizado

Nº of case	Denomination	Thermal Conductivity (W/mK)	Heat Capacity kJ/m³K	Thermal Diffusivity (m²/s)
1	Base (BC)	1.25	3587.9	3.47x10 ⁻⁷
2	Adjusted case (AC)	1.13	1569.4	7.20x10 ⁻⁷

CONCLUSIONES

- Mediante el análisis de los valores de las propiedades térmicas del suelo obtenidos del TRT cerca del estuario del Guayas, el equipo identificó una influencia en la respuesta térmica del suelo debido a la marea. Se estimaron nuevamente las propiedades térmicas del suelo. Estas se utilizaron en una simulación para probar el rendimiento de un BHE considerando la marea y utilizando la corrección en los resultados de la TRT. Los resultados mostraron una mejora del 12% en la predicción del rendimiento del BHE

RECONOCIMIENTOS

- Los autores desean agradecer a la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación – SENESCYT (Ecuador) por financiar esta investigación.
- Agradecemos el apoyo continuo de ESPOL y al Instituto de Investigación Geológico y Energético IIGE en este proyecto.