
ANÁLISIS DE FUNDACIONES PROFUNDAS BAJO CARGAS LATERALES EN ARENAS UTILIZANDO EL MÉTODO DE DIFERENCIAS FINITAS

Grajales-Saavedra, Francisco

Universidad Tecnológica de Panamá
Panamá, Panamá

<https://orcid.org/0000-0003-1705-864X>

Li, Saddy

Universidad Tecnológica de Panamá
Panamá, Panamá

<https://orcid.org/0009-0000-8825-028X>

Abstract

Piles are structural elements that receive the loads of the structure and transmit them to a soil capable of receiving lateral loads or a combination of lateral and axial loads. Due to their great importance in structural works, this paper presents an analysis of the performance of deep foundations subjected to static and cyclic lateral loads, based on the finite difference method, using p-y curves proposed by Reese et al. (1974). A code is developed in the MatLab compiler, applying the Method studied for piles under lateral loads in sandy soil and the data obtained in the MatLab code are validated by making a comparison with experimental data obtained in Mustang Island and with values obtained from the commercial software RSpile, so that, after the comparisons, few discrepancies between the data were observed.

Keywords: piles, finite differences, p-y curves, lateral loads, deflection.

Resumen

Los pilotes son elementos estructurales que reciben las cargas de la estructura y las transmiten a un terreno capaz de recibir cargas laterales o una combinación de cargas laterales y axiales. Debido a su gran importancia en las obras estructurales, en este artículo se presenta un análisis del desempeño de fundaciones profundas sometidas a cargas laterales estáticas y cíclicas, basándose en el método de diferencias finitas, utilizando curvas p-y propuestas por Reese et al. (1974). Se desarrolla un código en el compilador de MatLab, aplicando el Método estudiado para pilotes bajo cargas laterales en suelo arenosos y se validan los datos arrojados en el Código Matlab realizando una comparación con data

experimental obtenida en Mustang Island y con valores obtenidos del software comercial RSpile, de modo que, luego de las comparaciones, se observaron pocas discrepancias entre los datos.

Palabras claves: pilotes, diferencias finitas, curvas p-y, cargas laterales, deflexión.

1. INTRODUCCIÓN

Los pilotes son estructuras que se han implementado ampliamente en el área de la ingeniería civil, con el objetivo de soportar cargas axiales y laterales a la cual una infraestructura o estructura estará sometida, incluyendo edificios pesados, líneas de transmisión, centrales eléctricas y estructuras de carreteras. Si bien es cierto, estas cimentaciones en la mayoría de los casos están sometidas cargas axiales (peso propio de la estructura), las cargas horizontales o laterales pueden tener un gran impacto significativo en muchas obras de ingeniería.

Los pilotes son ampliamente utilizados en edificios pesados, centrales eléctricas, muelles de contención apoyados sobre pilotes, los cuales están sometidos a una carga permanente en su cabezal, plataformas marinas sujetas a oleajes, estructuras off-shore o fuera de costas, las cuales están sometidas carga lateral proveniente del movimiento del agua y sus oleajes, todas estas cargas son transmitidas desde el suelo frágil hasta la capa de suelo fuerte.

Cuando las estructuras están sometidas a una carga lateral considerable, las zapatas no tienen la capacidad suficiente para soportar dicha carga, en esos casos los pilotes son las fundaciones adecuadas para garantizar la seguridad de dichas estructuras, mediante la distribución de presiones. En la Figura 1.a, se muestra las distribuciones generales de presiones de reacción del suelo tanto para la zapata bajo cargas verticales, mientras que la Figura 1.b, se puede mostrar la distribución de las presiones ejercidas como respuesta del suelo.

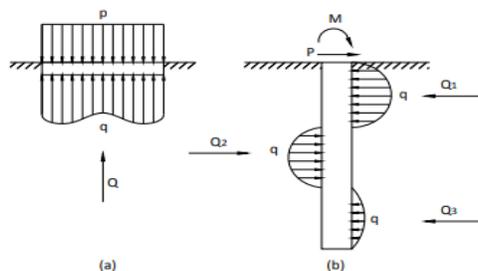


Fig 2.1 Distribución General de Presiones de Reacción del Suelo
 (a) Cimentación superficial bajo carga vertical distribuida
 (b) Cimentación profunda bajo cargas laterales

Figura 1. Distribución General de Presiones de Reacción del Suelo

Fuente: Vásquez, 2010

Para el estudio de pilotes bajo cargas laterales se requiere un análisis dinámico entre el

suelo y la estructura (Pacheco et al., 2007), la misma entra en contacto con el suelo y se produce presiones en el sistema, lo que representa una respuesta inmediata del suelo debido a las cargas transmitidas.

2. MÉTODO

En la Figura 2, se muestra la metodología empleada en esta investigación. Primeramente, se realiza una revisión de la literatura existente relacionada al tema de pilotes bajo cargas laterales, de manera que permita identificar el método de análisis y diseño a utilizar. Una vez identificado el método se procede a desarrollar un código en el compilador MatLab para análisis de pilotes cargados lateralmente en suelos arenosos. Seguidamente, se valida el código mediante la debida comparación con resultados disponibles en la literatura, tal como lo son: datos recolectados en campo basado en una prueba real y datos analíticos arrojados en el programa Rocscience: Rspile. Por último, se realizar un estudio paramétrico para determinar la sensibilidad del código ante la variación de distinto parámetro de diseño.

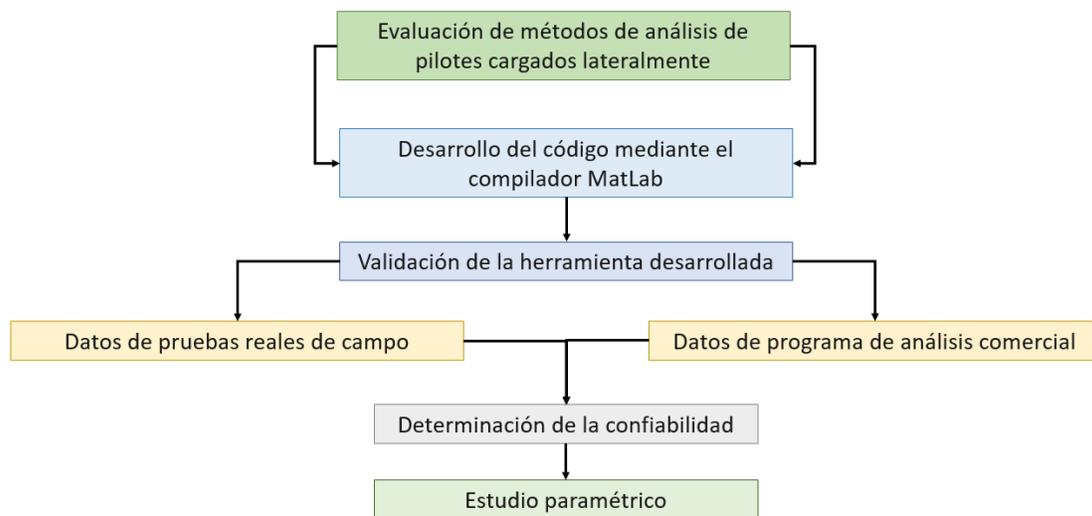


Figura 2. Metodología de la investigación

Para el desarrollo del código, se aplicó un modelo numérico, para describir la respuesta del suelo alrededor del pilote, utilizando resortes equivalentes verticales, correspondientes a las curvas t-z para análisis de cargas axiales como se ven en la figura, así como resortes equivalentes horizontales, el cual se analiza mediante las curvas p-y para evaluar las cargas laterales, que al deformarse el suelo genera una respuesta modelada por resortes y aplicando el método de diferencias finitas, como se muestra en la Figura 3.

Dichos resortes, no se consideran acoplados para efectos de modelar su comportamiento, es decir, el método numérico permite realizar un análisis separado entre los tipos de resortes y relacionarlos entre sí, mediante cálculo de fuerzas internas. Luego de obtener las curvas p-y, se procede a calcular las deflexiones, momentos flectores, cortante mediante el método de diferencias finitas. Esto conlleva realizar una discretización del pilote y aplicar las curvas p-y a cada elemento.

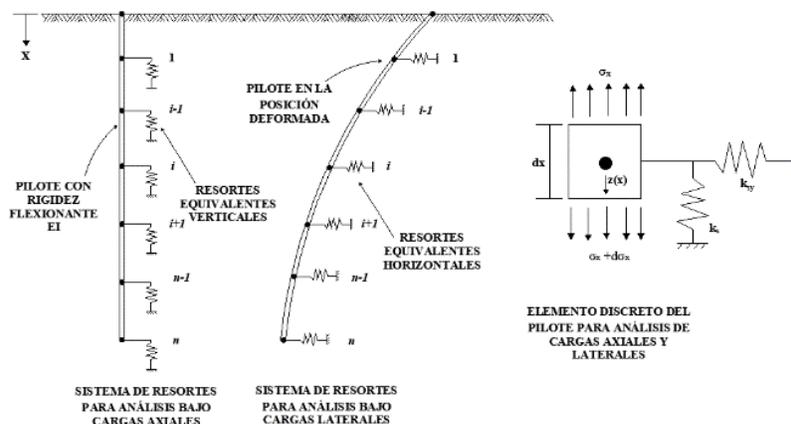


Figura 3. Modelo de diferencias finitas para pilotes cargados lateralmente

El método de análisis utilizado para el desarrollo del código fue presentado por (Reese et al, 1974). Ver Figura 4. Las ecuaciones planteadas en dicho método están basadas en las gráficas de curvas p-y, aplicando relaciones no lineales, lo cual es posible gracias a la aplicando la metodología de introducir una matriz de rigidez de resorte equivalente, planteada a partir del concepto de módulo secante, el cual está en función de la deflexión del pilote.

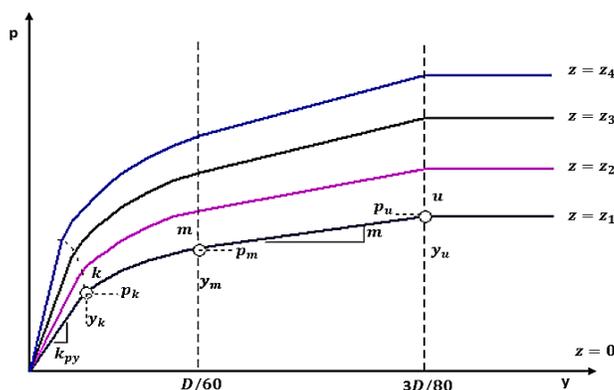


Figura 4. Curva p-y en arena bajo y sobre el nivel freático
Fuente : Reese, Cox y Koop (1974)

3. RESULTADOS

Para llevar a cabo la validación del código Matlab programado para arenas aplicando el método de curvas p-y desarrollado por Reese et al (1974), se comparó los resultados arrojados en el mismo contra los datos obtenidos de la prueba realizada en Mustang Island. Las comparaciones de Deflexiones laterales vs Cargas laterales entre 2 series se muestran en la Figura 5.

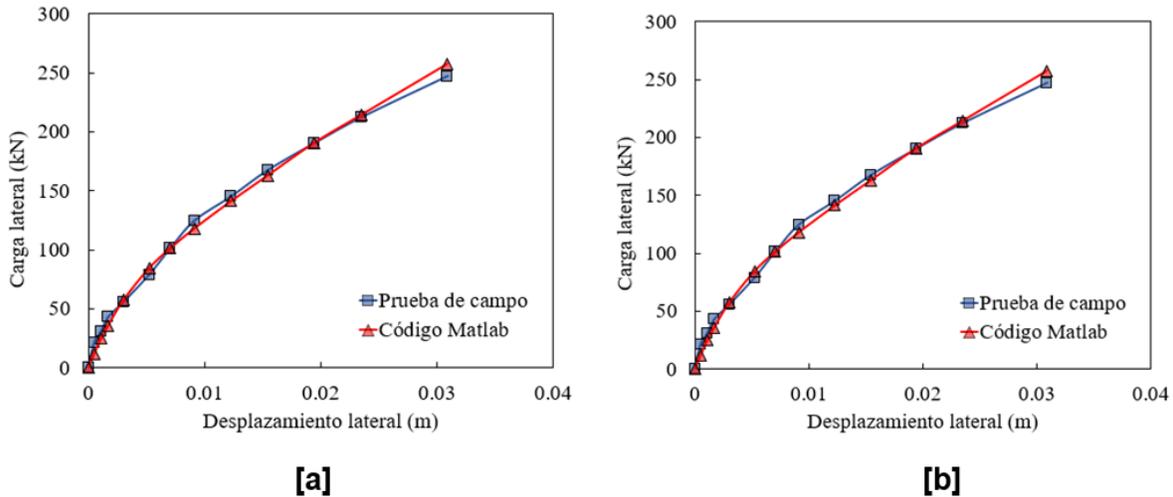


Figure 5. Comparación de resultados obtenidos entre Prueba de Campo y el código aplicando [a] carga estática y [b] carga cíclica

La comparación realizada con el programa de RSpile, se desarrolló tomando en cuanto a un pilote de acero bajo carga lateral estática, el cual tiene como longitud de 15 m, posee un diámetro de 0.8 m; el suelo donde se asentará el pilote es una arena con ángulo de fricción igual a 36° y un peso específico de 18.5 kN/m3. Ver Figura 6.

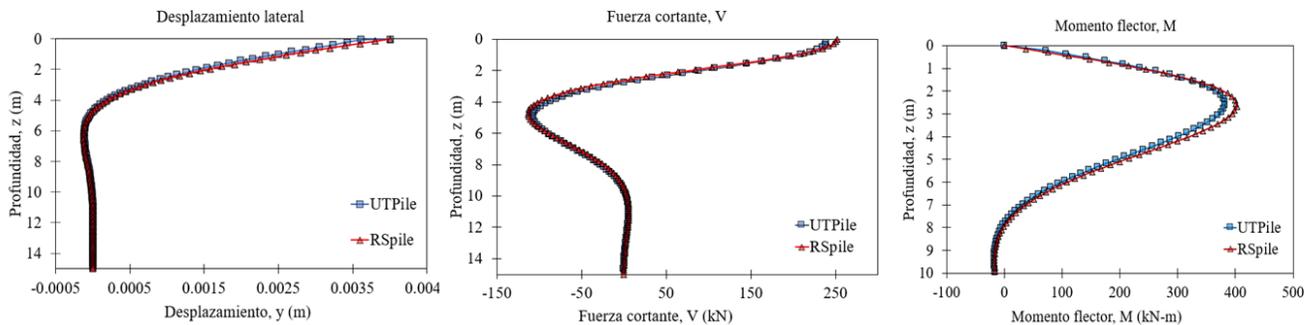


Figure 6. Comparación de resultados obtenidos de RSpile y el código desarrollado.

4.CONCLUSIONES

Tal como se evidencia, en este trabajo investigativo, las cargas laterales, representan un factor significativo a considerar para el diseño geotécnico, específicamente, para pilotes. Por tal motivo, las consecuencias, de omitir su efecto, podría producir fallas y colapsos en las infraestructuras.

Las curvas p-y de Reese et al. (1974), fue optado para desarrollar las investigaciones planteadas en este documento, debido a que toma en consideración parámetros reales del sistema, para determinar constantes significativas en el cálculo de las deflexiones del pilote y la repuesta del suelo, por lo que los datos obtenidos, están más acorde a la realidad.

Mediante la validación de la herramienta desarrollada, con la ayuda del experimento que se realizó en Mustang Island y datos que se obtuvieron del Software RSpile, se concluye que, el código programado en el compilador de MatLab es apto para ser utilizado por profesionales en el diseño geotécnico y estructural, debido a que, los valores obtenidos presentan una alta similitud con el ensayo de Campo y RSpile. De igual manera, se concluye que los datos que arroja el Código de MatLab, son más conservadores, con respecto a los efectos reales, sin embargo, dicha discrepancia es menor.

REFERENCIAS

- [1] American Petroleum Institute & Approved American National Standards. (2015). Geotechnical and Foundation Design Considerations (2015th ed.). United State of America.
- [2] Vásconez, P. (2010). Comportamiento de pilotes individuales bajo carga lateral: Evaluación de un caso real. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Retrieved from <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/1182/1/T-UCSG-PREING-IC-26.pdf>
- [3] Pacheco, G. E., Suárez, L. E., & Pando, M. (2007). Modelo Simplificado Para El Análisis Dinámico De Pilotes Sometidos a Carga Horizontal. ENIEF2007 – XVI Congreso Sobre Métodos Numéricos y Sus Aplicaciones, 2754–2765. <http://www.cimec.org.ar/ojs/index.php/mc/article/viewFile/1189/1137>
- [4] Reese, L. C. (1974). Analysis of Laterally Loaded Piles in Sand.
- [5] Cox, W., Reese, L, & Grubbs, B.(1974). Field Testing of laterally Loaded piles in sand.

AUTORIZACIÓN Y LICENCIA CC

Los autores autorizan a APANAC XIX a publicar el artículo en las actas de la conferencia en Acceso Abierto (Open Access) en diversos formatos digitales (PDF, HTML, EPUB) e integrarlos en diversas plataformas online como repositorios y bases de datos bajo la licencia CC:

Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>.

Ni APANAC XIX ni los editores son responsables ni del contenido ni de las implicaciones de lo expresado en el artículo.