



Caracterización física-mecánica del suelo utilizado como cimentación para edificaciones de hasta tres niveles, barrio Altamira- Manta

Physical-mechanical characterization of the soil used as foundations for buildings of up to three levels, Altamira-Manta neighborhood

Caracterização físico-mecânica do solo utilizado como fundação para edificações de até três pavimentos, bairro Altamira-Manta

Suriany Zambrano ^I

Zambrano-suriany9709@unesum.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0008-7630-7689>

Jaime Adrián Peralta-Delgado ^{II}

jaime.peralta@unesum.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-3830-9719>

Digna Elizabeth Loor-Sierra ^{III}

digna.loor@unesum.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-4322-9852>

Correspondencia: Zambrano-suriany9709@unesum.edu.ec

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 23 de enero de 2023 * **Aceptado:** 14 de febrero de 2023 * **Publicado:** 23 de marzo de 2023

- I. Ingeniero Civil. Universidad Estatal del Sur de Manabí. Jipijapa – Manabí – Ecuador.
- II. Ingeniero Civil - Master en Gestión Ambiental mención Gestión Ambiental de Evaluación del Impacto Ambiental- Docente de la Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Estatal del Sur de Manabí. Jipijapa – Manabí – Ecuador.
- III. Ingeniero Civil – Magister en Geotecnia- Docente de la Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Estatal del Sur de Manabí. Jipijapa – Manabí – Ecuador.

Resumen

El presente artículo se refiere a las propiedades físicas y mecánicas del suelo, mismas que son una variable básica a la hora de construir, porque a menudo se observan edificios que son demasiado grandes o demasiado pequeños, lo que tiene como consecuencia altos costos de trabajo o riesgos para los ocupantes. La presente investigación estuvo orientada a determinar el comportamiento geotécnico del suelo en estado natural del barrio "Altamira" en el cantón Manta, bajo requerimientos de carga de edificaciones de hasta tres niveles. Para determinar las propiedades físico-mecánicas del suelo del sector, se realizó una investigación de campo y descriptiva. Los resultados obtenidos determinaron que el índice de plasticidad es mayor que 18% y la relación entre la humedad natural y el límite líquido es menor a 0.80, por lo que el suelo es considerado no susceptible a la licuefacción. También se identificó el tipo de suelo, mismo que al ser un suelo clase D es apto para la construcción de hasta tres pisos de edificaciones porque tienen una capacidad de carga aceptable. Finalmente se especifica que el método adecuado para realizar una caracterización físico-mecánica del suelo es la prueba de penetración estándar de acuerdo con las normas de construcción ecuatorianas y las normas de la Sociedad Americana de Ensayos y Materiales.

Palabras Clave: Suelo; Propiedades; Carga; Caracterización; Normas.

Abstract

This article refers to the physical and mechanical properties of the soil, which are a basic variable when building, because buildings that are too large or too small are often observed, which results in high labor costs or risks to the occupants. The present investigation was oriented to determine the geotechnical behavior of the soil in its natural state of the "Altamira" neighborhood in the Manta canton, under load requirements of buildings of up to three levels. To determine the physical-mechanical properties of the soil in the sector, a field and descriptive investigation was carried out. The results obtained determined that the plasticity index is greater than 18% and the relationship between natural humidity and the liquid limit is less than 0.80, so the soil is considered not susceptible to liquefaction. The type of soil was also identified, which, being a class D soil, is suitable for the construction of up to three floors of buildings because they have an acceptable load capacity. Finally, it is specified that the appropriate method to perform a physical-mechanical characterization of the soil is the standard penetration test in accordance with Ecuadorian construction standards and the standards of the American Society of Testing and Materials.

Keywords: Floor; Properties; Burden; Characterization; Rules.

Resumo

Este artigo refere-se às propriedades físicas e mecânicas do solo, que são variáveis básicas na hora de construir, pois muitas vezes são observadas edificações muito grandes ou muito pequenas, o que resulta em alto custo de mão de obra ou riscos para os ocupantes. A presente investigação foi orientada para determinar o comportamento geotécnico do solo em seu estado natural do bairro "Altamira" no cantão de Manta, sob solicitações de carga de edifícios de até três níveis. Para determinar as propriedades físico-mecânicas do solo no setor, foi realizada uma pesquisa de campo e descritiva. Os resultados obtidos determinaram que o índice de plasticidade é superior a 18% e a relação entre a humidade natural e o limite líquido é inferior a 0,80, pelo que o solo é considerado não suscetível à liquefação. Também foi identificado o tipo de solo, que por ser um solo classe D, é adequado para a construção de edificações de até três pavimentos por apresentarem capacidade de carga aceitável. Finalmente, especifica-se que o método adequado para realizar uma caracterização físico-mecânica do solo é o teste de penetração padrão de acordo com os padrões de construção equatorianos e os padrões da Sociedade Americana de Testes e Materiais.

Palavras-chave: Chão; Propriedades; Fardo; Caracterização; Regras.

Introducción

Todas las estructuras civiles imaginables hasta el momento se apoyan sobre el suelo o mantienen algún tipo de interacción con él. Por lo que es indispensable realizar un correcto estudio de mecánica de suelos a la hora de proyectar o construir, para de esta manera caracterizarlo y definir cuáles son sus características físicas-mecánicas sin importar la envergadura de la construcción.

Ante lo expuesto es importante recordar que las características físicas y mecánicas de un suelo son variables básicas a la hora de construir edificaciones, ya que a menudo se observan edificios que son demasiado grandes o demasiado pequeños, lo que tiene como consecuencia altos costos de trabajo o riesgos para los ocupantes.

En la ciudad de Manta existen edificaciones de hasta tres niveles, sin embargo, son pocas las construcciones que cuentan con un estudio de suelo donde se haya verificado el estado del mismo y se haya determinado si el suelo es apto para implantar este tipo de edificios, a esto se añade que

son raros los proyectos constructivos en proceso o ya ejecutados, que aplican lo que establece la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC, 2015).

En la actualidad se desconocen las características físicas-mecánicas del suelo del barrio Altamira de la ciudad de Manta el cual es utilizado como cimentación para edificaciones de hasta tres niveles, aunque se tiene como referencia que la zona de estudio está calificada como de muy alta peligrosidad sísmica ubicándose en la VI posición según la norma técnica NEC, lo cual indica que este sector está propenso al movimiento telúrico de alta y baja magnitud.

La importancia de este trabajo radica en la necesidad de realizar una investigación del suelo del barrio Altamira-Manta y establecer sus propiedades físicas y mecánicas, para determinar si este es apto para ser utilizado para la construcción de edificaciones de hasta tres niveles.

El estudio incluye determinar los métodos necesarios para obtener la información del sitio y realizar las pruebas requeridas especificadas en las normas técnicas del NEC, procesar los datos obtenidos y determinar las propiedades del suelo adecuadas para los cimientos de edificios de bajo nivel. Asimismo, esta investigación se realiza para aplicar los conocimientos teóricos y prácticos sobre la mecánica del suelo, utilizando la literatura, métodos de campo y de laboratorio para obtener resultados generales sobre su interacción con las edificaciones.

Desarrollo

Cimentación

Es una parte estructural del edificio y sirve para transferir la carga al suelo. Este es el único factor que no podemos elegir (Vera et al., 2019, págs. 222). En este sentido, la profundidad del terreno no se encuentra igual, la cual es otro factor que afecta a la elección de la cimentación. Según INPRES (2015) cuando hablamos de cimentaciones también hablamos de la parte más importante de la edificación, ni el material ni el mantenimiento se deben salvar, pues sus defectos son siempre fisuras provocadas por que la carga de la cimentación es mayor que su resistencia.

Condiciones de cimentación

Según (Perales, 2014) la cimentación es considerada como un elemento intermedio dentro de la ingeniería civil, el cual es importante ya que permite que la carga soportada por la estructura se comunique con el suelo profundo para que pueda soportar la capacidad portante del tipo de suelo, y se permita la deformación generada en la estructura. Por tanto, para realizar la cimentación

correcta se deben considerar las características geotécnicas del suelo, y se debe ajustar el tamaño del cuerpo de cimentación como elemento de hormigón para que tenga la resistencia suficiente.

Características del terreno

Las características topográficas que deben considerarse en la cimentación son: la profundidad de la capa de resistencia, a capacidad de asentamiento de la capa de soporte, nivel de agua subterránea y sus cambios, el grado de socavación causado por el flujo de agua subterránea y cambios en la formación de hielo y la humedad en la superficie. (Construmatica, 2015)

Origen del suelo

Según (Orozco & Centeno et al., 2014) son una colección de varios minerales, pero a veces también pueden estar compuestos por un solo mineral. Las rocas se pueden formar a diferentes profundidades de muchas formas diferentes.

Rocas

Ígneas: para (Orozco & Centeno et al., 2014) este tipo de rocas son formadas por medio del enfriamiento y congelación de roca fundida y magma.

Intrusivas o plutónicas: para (Acero, 2013) el magma los enfría lentamente y se forman dentro de la corteza terrestre.

Extrusivas o volcánicas: según lo establece (León, 2001) se forman por el rápido enfriamiento del magma en la superficie o cerca de ella, y se forman cuando el magma fundido se eleva desde las profundidades y llena las grietas cercanas a la superficie o cuando el magma entra en erupción a través de un volcán.

Sedimentarias: son el resultado de procesos físicos y químicos a largo plazo y existen en gran número en la superficie de la tierra. (León, 2000)

Formación del suelo

Una vez que la superficie de la tierra se enfría, se determina el manto rocoso o lecho rocoso, luego de una serie de transformaciones, el suelo se origina a partir de él. Para (Figuerola et al., 2018) estas transiciones son el resultado de los efectos combinados de diferentes variables climáticas (humedad, lluvia, temperatura), tipos de rocas, topografía, vegetación y clima sobre los que actúan

estas variables. Se describe al desarrollo o formación del suelo como un desarrollo gradual en el cual las rocas se llegan a descomponer adoptando una forma más pequeña. Dependiendo del proceso de formación, el suelo puede depositarse, ser residual y rellenado artificialmente.

Características físicas del suelo

Textura: se explica cómo cada una de las proporciones de componentes inorgánicos las cuales presentan diferentes formas y tamaños, como arena, limo y arcilla. Para la FAO (2016) la textura es aquella propiedad que afecta directamente a la fertilidad y la retención de agua, la aireación, el drenaje, el contenido de materia orgánica y otras propiedades. El triángulo de textura del suelo de la FAO se utiliza como herramienta para la clasificación de texturas.

Estructura: las partículas de la textura del suelo, como arena, limo y arcilla, se combinan para formar agregados y unidades más grandes, que llevan el nombre de peds. Según Irigion (2015) la estructura del suelo es conocida por ser la principal razón que afecta a una estructura, debido a que, a factores como la conducción de calor, y el crecimiento de las raíces provocan problemas al momento de construir una edificación. Otro factor que tiene una influencia significativa en la estructura del suelo es el agua. La estructura interviene para que las partículas del suelo realicen una unión la cual forma grumos. De acuerdo con esta característica, se pueden distinguir suelos con estructura esférica (agregados redondos), estratificados (agregados laminados), prismáticos (prismáticos), masivos (terrones) y granulares (granulares).

Consistencia: dependiendo de su contenido de humedad, la consistencia del suelo puede ser dura, muy dura y blanda. Se mide por tres niveles de humedad, el aire es seco, húmedo y húmedo. Para (Campos, 2012) la construcción en él, es necesario medir la resistencia del suelo con mayor precisión antes del trabajo. La consistencia se refiere a la capacidad de resistir deformaciones o fracturas. Dependiendo de la resistencia, el suelo puede ser suelto, blando, duro, muy duro, etc.

Densidad: midiendo la densidad, se puede obtener la porosidad total del suelo. Se refiere al peso del suelo por volumen. Hay dos tipos de densidad, real y aparente. Según (Briones & Irigion, 2015) en lo que respecta al nivel de densidad real de las partículas encontradas en el suelo de textura densa depende de la proporción de los elementos que componen el suelo y suele rondar los 2,65.

Color: el tipo de color que presente un suelo estará relacionado con cada una de las propiedades que contenga ya que por lo general su color cambia debido al nivel de oxidación en la que se encuentra el agua, entre otros factores. Algunas propiedades del suelo pueden evaluarse como medidas indirectas. Según (Zeballos, 2007) el rojo indica el contenido de óxido de hierro y óxido de manganeso; el amarillo indica óxido de hierro hidratado; el blanco y el gris indican la presencia de cuarzo, yeso y caolín; el negro y el marrón indican materia orgánica.

Porosidad: el espacio poroso del suelo se conoce como la participación del volumen en el que se encuentra el suelo no ocupado por sólidos. Por otro lado, para la FAO en lo que respecta a él volumen del suelo se encuentra compuesto por un 50% de organismos sólidos 45% de minerales y 5% de materia orgánica y finalmente en un 50% de espacio intersticial.

Perfiles del suelo: Se definen seis tipos de perfil de suelo. Los parámetros utilizados en la clasificación son los correspondientes a los 30 m superiores del perfil para los perfiles tipo A, B, C, D y E. Aquellos perfiles que tengan estratos claramente diferenciados deben subdividirse, asignándoles un subíndice i que va desde 1 en la superficie, hasta n en la parte inferior de los 30 m superiores del perfil. Para el perfil tipo F se aplican otros criterios, como los expuestos en la sección 10.5.4 (NEC) y la respuesta no debe limitarse a los 30 m superiores del perfil en los casos de perfiles con espesor de suelo significativo.

Suelo como terreno de fundación

Según (Flores, 2018) el problema es diseñar los cimientos, estribos de puentes, muros de contención, etc. del edificio. De forma funcional y económica, teniendo en cuenta la naturaleza del terreno, se consigue una seguridad suficiente mediante deformaciones o asentamientos compatibles con las tolerancias estructurales.

Ensayos de laboratorio

La norma técnica NEC-SE-GC (2015) establece, “Uno de los objetivos de la investigación de campo es obtener muestras de suelo representativas para que se puedan realizar los ensayos de laboratorio” (p. 64).

Ensayo de Penetración Standard (SPT): prueba de penetración estándar (SPT) y muestreo de suelo con tubo de separación. Este método describe un procedimiento comúnmente conocido como Prueba de Penetración Estándar (SPT), que penetra en un muestreador de rama para obtener una muestra de suelo representativa y mide la resistencia del suelo a la penetración.

Equipo para ensayo de Penetración Estándar (SPT): equipo de perforación: tubería de perforación o tubería de perforación, broca, zapatas; tubo de derivación o muestreador: DE = (50 mm o 2 pulgadas); equipo de aplicación de carga; flexómetro, aprox. +/- 1 mm; cubierta de plástico, tarjeta de identificación y libreta o registro de campo.

Licuación de los suelos: Se considera conocer el potencial de licuación de un suelo en todo proyecto de geotecnia, la mayoría de las veces están basados en los ensayos de penetración estándar (SPT), Bray y Sancio (2006) en su fórmula para obtener la licuación incluyen el índice de plasticidad, el contenido de humedad y el límite líquido, lo que conlleva a la siguiente fórmula (Aguay, 2010).

Ec.1

$$IP \leq 12Y \frac{Wc}{LL} > 0.85 = \text{Susceptible}$$

Ec.2

$$12 < IP \leq 18Y \frac{Wc}{LL} > 0.80 = \text{Moderadamente Susceptible}$$

Ec.3

$$IP > 18 = \text{No Susceptible}$$

Materiales y métodos

La presente investigación es de tipo experimental con un enfoque cualitativo porque permitió conocer la situación actual y la determinación de las propiedades física-mecánicas del suelo del sector Altamira de la ciudad de Manta.

El nivel o tipo de investigación fue de tipo descriptivo, porque se realizó el análisis de las condiciones del terreno y permitió identificar para que tipo de construcción se puede utilizar, esto gracias a los ensayos que se realizaron in situ.

En el estudio realizado se utilizó el equipo para ensayo de penetración estándar (SPT) para lo cual se tomaron 36 muestras del sector Altamira. Para los estudios de evaluación se contó con el número mínimo de sondeos, de acuerdo a la complejidad del terreno y el área: 267.427,96 hectáreas.

Resultados

Los resultados obtenidos mediante los ensayos realizados en el sector Altamira de la ciudad de Manta son los que se muestran a continuación:

Tabla 1

Evaluación de susceptibilidad a la licuación.

Profundidad (m)		Evaluación de susceptibilidad a la licuación					
		Sondeo 1	Sondeo 2	Sondeo 3	Sondeo 4	Sondeo 5	Sondeo 6
0,55	- 1,00	No susceptible	No susceptible	No susceptible	No susceptible	No susceptible	No susceptible
1,55	- 2,00	No susceptible	No susceptible	No susceptible	No susceptible	No susceptible	No susceptible
2,55	- 3,00	No susceptible	No susceptible	No susceptible	No susceptible	No susceptible	No susceptible
3,55	- 4,00	No susceptible	No susceptible	No susceptible	No susceptible	No susceptible	No susceptible
4,55	- 5,00	No susceptible	No susceptible	No susceptible	No susceptible	No susceptible	No susceptible
5,55	- 6,00	No susceptible	No susceptible	No susceptible	No susceptible	No susceptible	No susceptible

Tabla 2

Capacidad portante del suelo.

Profundidad (m)	$q_{adm}(Tn/m^2)$						
	Sondeo 2	Sondeo 3	Sondeo 4	Sondeo 5	Sondeo 6	Sondeo	
1							
0,55 - 1,00	15,05	22,33	13,96	10,64	14,18	9,46	
1,55 - 2,00	40,29	37,95	16,26	18,91	10,64	26,00	
2,55 - 3,00	99,77	28,53	43,05	17,73	37,82	40,19	
3,55 - 4,00	101,69	39,70	68,65	26,00	57,92	50,82	
4,55 - 5,00	156,57	60,46	104,18	45,54	87,07	65,64	
5,55 - 6,00	169,62	81,55	122,64	66,98	107,16	81,71	

Tabla 3

Resultados de sondeos.

Perforaciones	Suelo predominante según SUCS	Perfil de diseño Sísmico	Capacidad de carga (TN/M2)
SONDEO 1	Arcilla media plasticidad arenosa CL	D	97,17
SONDEO 2	Arcilla media plasticidad arenosa CL	D	45,09
SONDEO 3	Arcilla alta plasticidad arenosa CH	D	61,46
SONDEO 4	Arcilla media plasticidad arenosa CL	D	30,97
SONDEO 5	Arena arcillosa SC	D	52,47
SONDEO 6	Arcilla media plasticidad arenosa CL	D	45,64

El resumen de los ensayos de perforación realizados se muestra en las siguientes tablas:

Figura 1

Resumen del Sondeo 1.



Figura 2

Resumen del Sondeo 2.

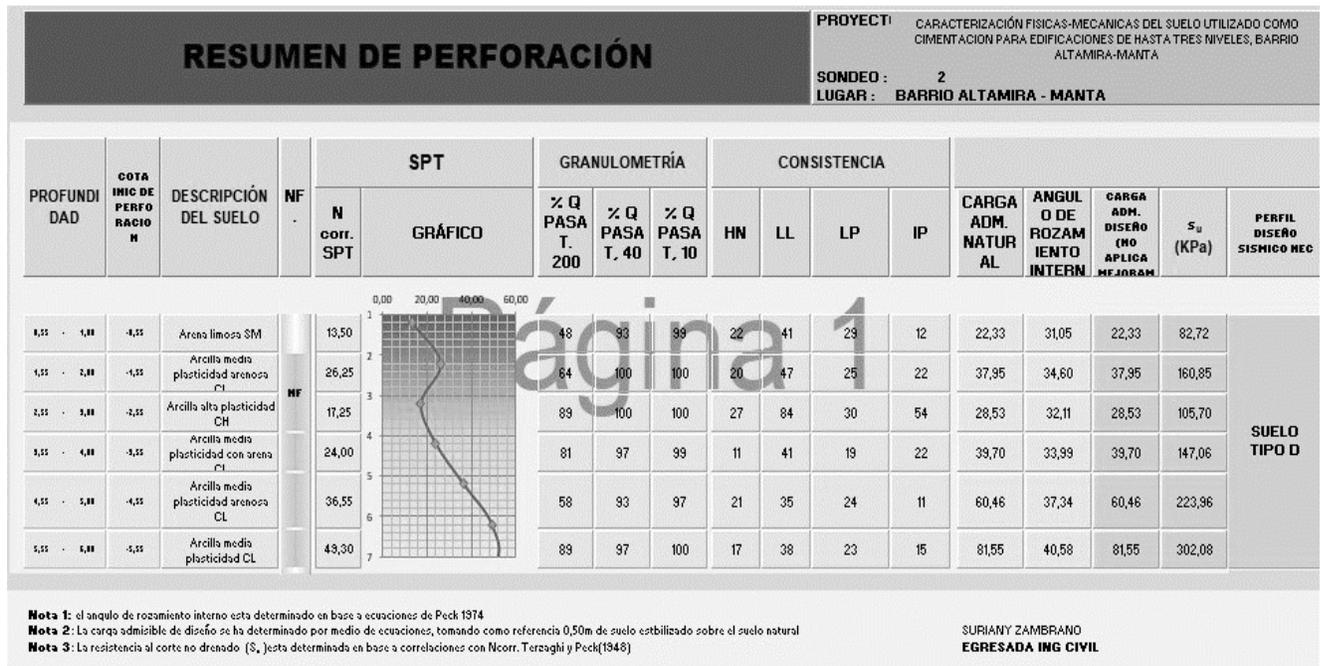


Figura 3

Resumen del Sondeo 3.

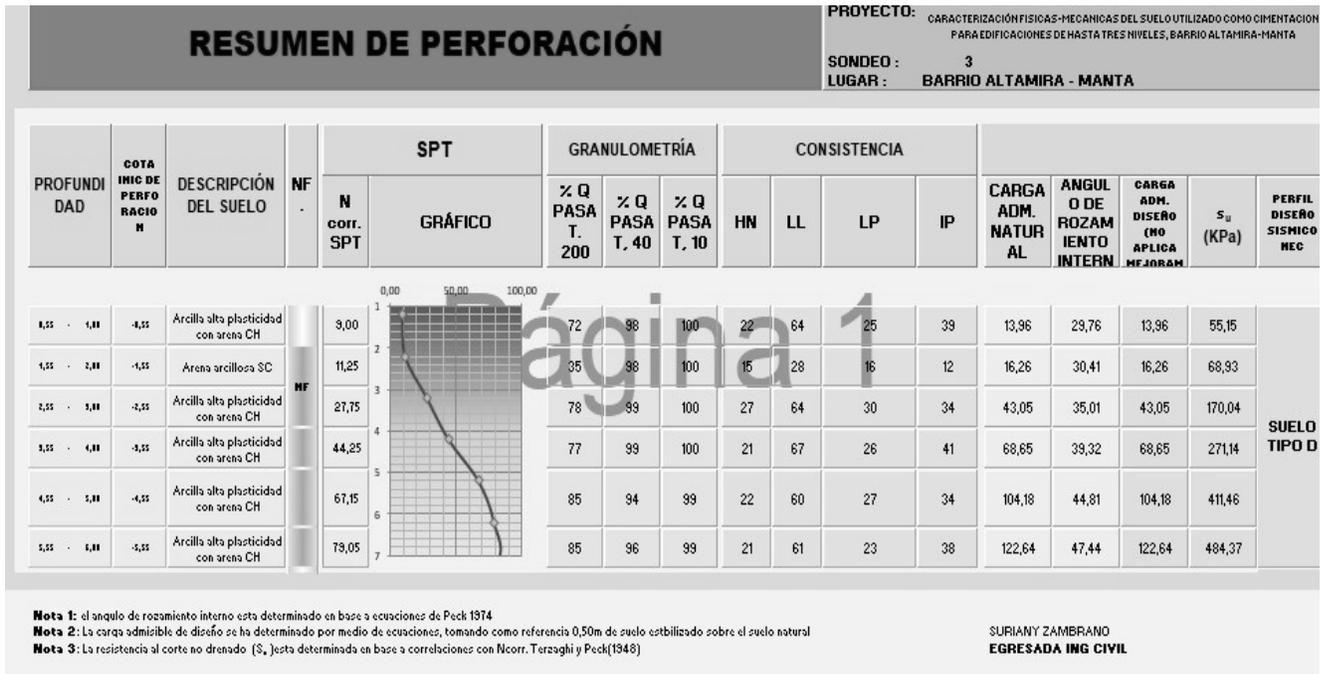


Figura 4

Resumen del Sondeo 4.

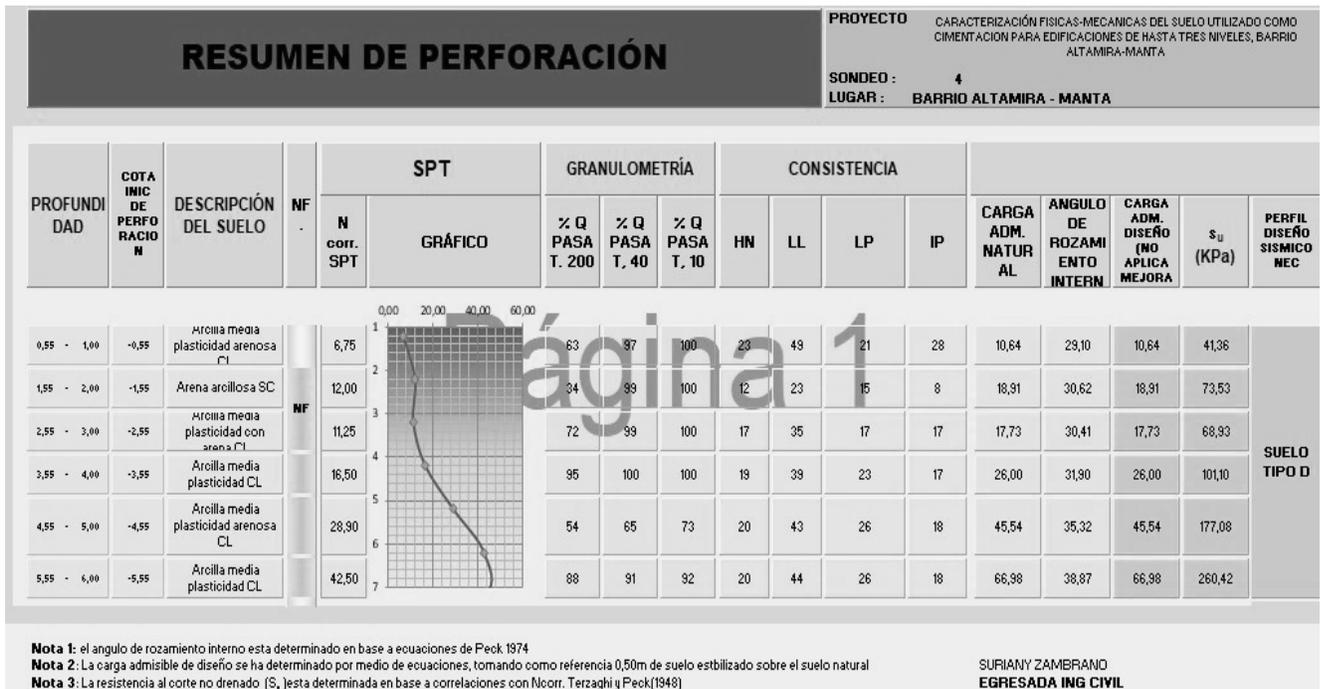


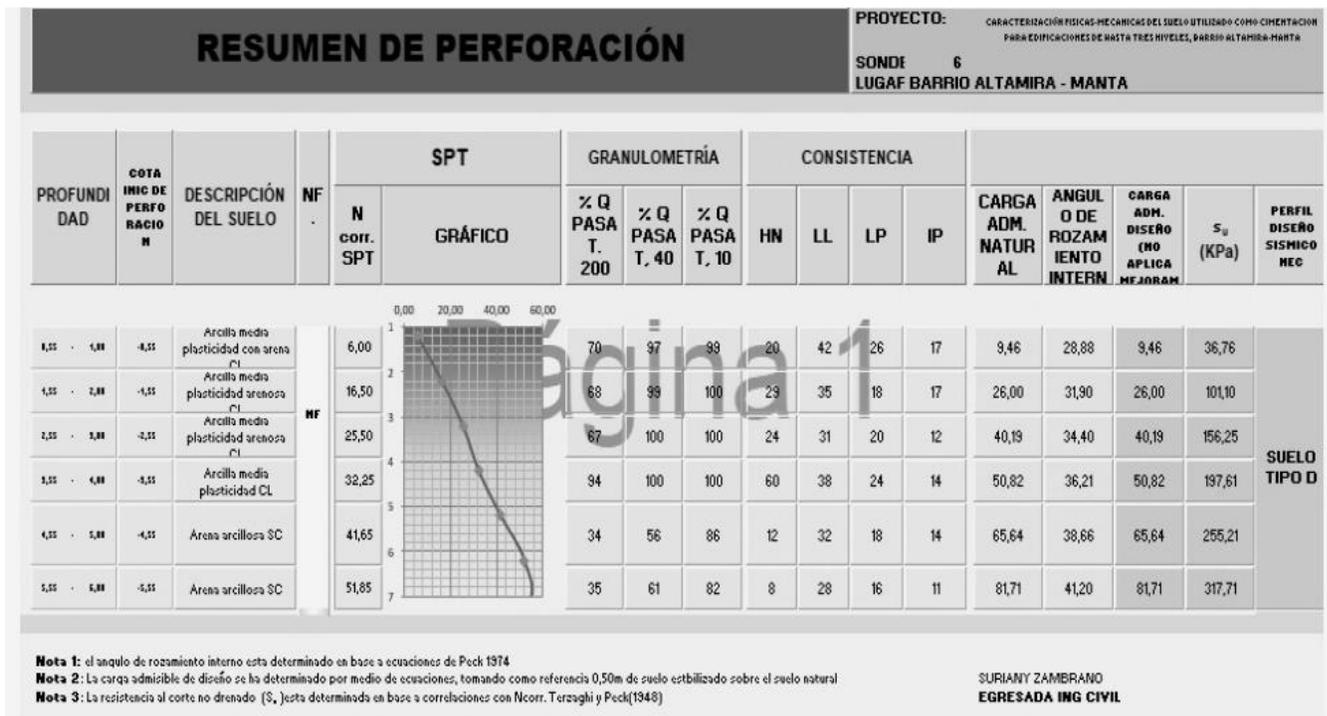
Figura 5

Resumen del Sondeo 5.



Figura 6

Resumen del Sondeo 6.



Conclusiones

El lugar de estudio nos dio como resultado que en los sondeos realizados se obtuvo un perfil del suelo tipo D, predominando Arcilla media plasticidad CL de acuerdo a la clasificación SUCS. Aunque el sondeo cinco es una arena arcillosa SC y el nivel freático se encuentra a la profundidad de 1.55 m, pero debido a su alto contenido de plasticidad lo hace no susceptible a licuefacción.

Se determina que el suelo en la comunidad de Altamira es apto para la construcción de hasta tres pisos de edificaciones porque tienen una capacidad de carga aceptable y ya no se consideran de alto riesgo sísmico.

Referencias

1. Briones, M., y Irigion, N. (2015). Zonificación mediante el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS) y la capacidad portante del suelo. Tesis de grado. Universidad Privada del Norte, Lima.
2. Campos-Muñoz, D. (2012). Estudio de la variabilidad del suelo de Piura a través del SPT para la valoración del FS. Tesis de grado. Universidad de Piura.
3. Construmatica. (2015). Construmática: Portal de Arquitectura, Ingeniería y Construcción.
4. Dranichnikova, T. (2008). Nuevas tendencias en la Mecánica de suelos. Ingenius. Revista de Ciencia y Tecnología, 28-33.
5. FAO. (14 de Julio de 2016). Guía para la descripción de suelo.
6. Ferreras, L. (2001). Parámetros físicos del suelo en condiciones no perturbadas y bajo laboreo. Pesq. agropec. bras., 12-17.
7. Figueroa , M., Martínez, M., Ortiz , C., y Fernández , D. (2018). Influencia de los factores formadores en las propiedades de los suelos en la Mixteca, Oaxaca, México. Terra Latinoamericana, 287-299.
8. Flores, R. (13 de Noviembre de 2018). Geografía.
9. León, R. (2001). Comparación de métodos de análisis mecánico de suelos. Terra Latinoamericana, 219-225.
10. León-Arteta, R. (2000). Ajustes metodológicos y fórmulas empíricas para el laboratorio de suelos. pp. 30. La investigación edafológica en México, 1992-1995.
11. NEC-SE-GC. (2015). NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN NEC-SE-GC GEOTÉCNIA Y CIMENTACIONES. Ecuador: NEC-SE-GC.

12. Orozco-Centeno, W., Branch, J., y Jiménez-Builes, J. (2014). Clasificación de rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas en secciones delgadas a través programación estructurada. *Boletín de Ciencias de la Tierra*, 5-9.
13. Perales, L. (2014). *Catedra de Ingenieria Rural*. Madrid: Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola de Ciudad Rea.
14. Vera, L., Hernández, A., Mesía, F., Cedeño, Á., Guzmán, Á., Ormaza, K., y López, G. (2019). Principales suelos y particularidades de su formación del sistema Carrizal- Chone, Manabí, Ecuador. *Cultivos Tropicales*, 40-42.
15. Zeballos, M. (2007). Aplicaciones de la mecánica de los suelos no saturados. Ponencia del XII Congreso Internacional y XVIII Congreso Nacional de Estudiantes de Ingeniería Civil. Armenia, 12-35.

© 2023 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)

(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).