



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**“Análisis de Suelos Arcillosos para el Diseño de Cimentaciones
Piloteadas en Malecón San José, Laguna Yarinacocha, Ucayali -
2020”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

AUTORES:

Bach. Arevalo Borbor, Stefani Lucero Código (ORCID: 0000-0003-2759-9204)
Bach. Villegas Flores, Piero Alexander Código (ORCID: 0000-0003-0711-840X)

ASESOR:

Ms. Ing. Aybar Arriola, Gustavo Adolfo Código (ORCID: 0000-0001-8625-3989)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
DISEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL**

LIMA - PERÚ

2021

Dedicatoria

Dedico en primer lugar a Dios por darme los motivos suficientes para poder cumplir con mis metas, a mis padres y hermanos quienes con su amor y sobre todo sus buenos valores inculcados me motivaron a cumplir mis sueños a pesar de las adversidades. A José Castillo Rivadeneira gran amigo y maestro, gracias por los conocimientos compartidos.

Stefani Lucero Arevalo Borbor

Dedico a mis queridos padres, que fueron pilares e impartieron amor en mí, la cual direccionan mi camino a lo largo de estos años para mi desarrollo profesional.

Piero Alexander Villegas Flores

Agradecimiento

La vida es un camino de obstáculos y retos, la universidad más allá de ser un reto, fue la base para nuestro entendimiento profesional y para la vida personal.

Agradecer a Dios por permitirnos estar al lado de nuestra familia, quienes han apoyado y deseado lo mejor en cada decisión y proyecto. Agradecemos a nuestro centro de estudios, a nuestros maestros y amigos por su dedicación para que finalmente pudiéramos graduarnos como unos buenos profesionales.

El camino no ha sido fácil hasta ahora, pero agradecemos a todos los involucrados por su aporte, su amor, su dedicación, y su apoyo incondicional. Hacemos presente nuestro gran afecto a todos ustedes.

Stefani Lucero Arevalo Borbor

Piero Alexander Villegas Flores

Índice

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Resumen	viiiv
Abstract	v
I. INTRODUCCIÓN	1
II, MARCO TEÓRICO.....	6
III. METODOLOGÍA.....	25
3.1. Tipo y diseño de investigación	25
3.2. Variables y operacionalización.....	25
3.3. Población, muestra, muestreo	25
3.4. Técnicas de recolección de datos e instrumentos	26
3.5. Procedimientos	26
3.6. Método de análisis de datos	26
3.7. Aspectos éticos.....	27
IV. RESULTADOS.....	35
V. DISCUSIÓN	55
VI. CONCLUSIONES	56
VII. RECOMENDACIONES	58
REFERENCIAS	59
ANEXOS	60

Índice de Tablas

Cuadro N°01	34
Resumen de características del suelo del área de estudio	34
Cuadro N°02	43
Cálculo de profundidad mínima de cimentación perforación 01	43
Cuadro N°03	45
Cálculo de profundidad mínima de cimentación perforación 02	45
Cuadro N°04	47
Cálculo de profundidad mínima de cimentación perforación 03	47

Índice de Gráficos y Figuras

Gráfico N°01	35
Análisis granulométrico de muestras de suelo	35
Gráfico N°02	35
Límites de consistencia	35
Gráfico N°03	36
Sondaje estándar penetration test (SPT-01)	36
Gráfico N°04	37
Sondaje estándar penetration test (SPT-02)	37
Gráfico N°05	38
Sondaje estándar penetration test (SPT-03)	38

Resumen

Este estudio fue realizado tomando como base el estudio de mecánica de suelos del área destinada para un malecón en San José de la laguna de Yarinacocha, cuyas características de acuerdo a las calicatas analizadas son de predominancia arcillosa, sobre todo en los primeros estratos, es por ello que se optó por la utilización de cimentación profunda dada la carga que se transmitirá al suelo con la construcción de la infraestructura.

Se hicieron tres sondajes tipo *Standar Penetration Test* (SPT) para determinar la resistencia de los suelos cada 15 centímetros, cuyos resultados fueron utilizados para calcular el tipo de cimentación y la profundidad de los mismos. Para los pilotes se utilizó el método de Décourt & Quaresma cuyos resultados mostraron una profundidad mayor a los 12 metros en todos los casos y pilotes de concreto elaborados en el sitio.

Palabras claves: Pilotes, *Standar Penetration Test*, Decourt & Quaresma.

Abstract

This study was carried out on the basis of the soil mechanics study of the area designated for a boardwalk in San José seawall in the Yarinacocha lagoon, whose characteristics according to the analyzed calicates of clay predominance, especially in the first strata, which is why the use of deep foundations was chosen given the load that will be transmitted to the ground with the construction of the infrastructure.

Three standard Penetration Test (SPT) probes were made to determine the resistance of the soils every 15 centimeters, the results of which were used to calculate the type of foundation and their depth. For the piles, the Décourt & Quaresma method was used, the results of which showed a depth greater than 12 meters in all cases and concrete piles made on site.

Keywords: Piles; *Standar Penetration Test*; Decourt & Quaresma

I. INTRODUCCIÓN

La amazonia peruana casi en su totalidad presenta una variedad de estructuras en su suelo, sin embargo, es conocido que en su gran mayoría presenta suelos arcillosos arenosos con proporciones de limo también conocido como greda. Chirinos A. (s.f.). (Denominación utilizada en la amazonia peruana), este tipo de arcilla hace que las cargas transmitidas por la estructura o edificación no pueda distribuirse adecuadamente en una cimentación superficial ya que excede su capacidad portante del suelo. Las características de las arcillas también hacen que los estratos cercanos, los cimientos produzcan asentamientos primarios o instantáneos, por otro lado, cuando este tipo de superficie este sometido a exorbitantes variaciones de temperatura generan incremento en el volumen o retracciones por expansión de las arcillas.

El estudio presenta información en base a los resultados obtenidos del análisis del suelo en el área destinada a la construcción de un malecón en San José Laguna de Yarinacocha. Se eligió la zona, debido al potencial turístico que ésta tiene, el cual bien podría incrementar la asistencia de turistas y sumar de sobre manera el comercio y su economía.

El estudio se inicia con la exploración del terreno mediante calicatas que se excavaron a lo largo del área de estudio, de las cuales se sacaron muestras de suelos para caracterizarlas, pudiéndose determinar el índice de plasticidad y tipo de suelo mediante el método SUCS, para la determinación de la capacidad portante se utilizó el ensayo de corte directo de los cuales se desprendieron los valores de ángulo de fricción y cohesión, estos resultados preliminares mostraron gran presencia de arcillas las cuales debido a su composición no son adecuadas para cimentación superficial por lo que se optó por utilizar ensayos de resistencia para tomar datos y diseñar con cimentación profunda.

El ensayo de penetración estándar SPT, fue realizado en el área de estudio, de donde se desprendió toda la información para el diseño de los pilotes, que fueron calculados de acuerdo al método de Decourt y Quaresma.

Mediante observación directa, los suelos presentes en la ribera de la laguna Yarinacocha, son predominantemente arcillosos, los cuales en su gran mayoría

presentan el fenómeno de expansibilidad reconocidos por su peligrosidad para la construcción por cambios importantes que tienen en su volumen.

Lo antes mencionado es entendido que estructuras con grandes cargas o diseñadas para albergar gran cantidad de personas por ser espacios públicos necesitan de un tipo diferente de cimentación a la superficial, ya que de considerarse estas podrían causar daños a la estructura, problemas por asentamientos o colapso.

La combinación de suelos arcillosos sobre consolidados en climas cálidos o áridos generalmente dan las mejores condiciones para los cambios más importantes de volumen en el suelo. En función a esto se puede presumir que los suelos presentes en la ribera de la laguna Yarinacocha presentan condiciones desfavorables en su utilización como material de apoyo en la cimentación (Llorca Aquesolo, p. 73).

Por otro lado, existe la problemática o necesidad de la construcción de un espacio público en el malecón San José por ser un balneario turístico muy concurrido los fines de semana y época de vacaciones, pero debido a la falta de infraestructura adecuada el balneario ve limitado su explotación en su real dimensión por la falta de espacios que hagan que la estancia en el lugar sea más placentero y adecuado para los visitantes o turistas.

Es sabido que en el mundo entero se busca priorizar el aprovechamiento de los recursos paisajísticos mediante la construcción de áreas destinadas al turismo. Por poner un ejemplo simbólico a la ciudad de Venecia, que se erigió con calles que contienen corrientes de agua hasta la actualidad. Sin embargo, su construcción tuvo que tener complicaciones, ya que como es conocido el agua es perjudicial en las edificaciones de cualquier tipo y su diseño tuvo complicaciones propias de la arquitectura a diseñar.

Identificada la realidad problemática se obtuvo el siguiente problema general:

¿Cuál podría ser la resistencia del suelo arcilloso obtenido mediante el ensayo de penetración estándar (SPT) para el diseño de cimentaciones piloteadas en el malecón San José, Laguna Yarinacocha?

Del problema general, se obtuvieron los problemas específicos:

¿Cuál será la capacidad portante y características del suelo presentes en el área de fundación del malecón San José, Laguna Yarinacocha?

¿Cuáles serán los tipos de cimentaciones adecuadas para los suelos en las áreas de fundación del malecón San José, Laguna Yarinacocha?

¿Qué profundidad de cimentación será segura, obtenida del ensayo de SPT para la fundación del malecón San José, Laguna Yarinacocha?

Esta investigación justifica su ejecución, que de acuerdo con los resultados se podrá plantear estudios definitivos para la construcción de estructuras turísticas como un malecón u obras portuarias en la zona de San José y así incentivar la generación de mayor afluencia de turistas en la zona.

Esta investigación se realiza con el fin de proporcionar conocimiento sobre el uso de las cimentaciones que se puedan ejecutar en la Amazonía, los cuales podrían ser utilizados en el diseño de cimentaciones en otras áreas de similar condición.

La aplicación y desarrollo de los estudios en la zona de influencia serán hechas de acuerdo a métodos científicos, las cuales podrán ser validados y utilizadas por otros investigadores para la solución de otros problemas de similar magnitud.

Se tuvo como objetivo general lo siguiente:

Analizar suelos arcillosos para diseñar cimentaciones con pilotes en el malecón San José, Laguna Yarinacocha obtenida mediante el ensayo de penetración estándar (SPT).

Y nuestros objetivos específicos fueron:

Mediante ensayos específicos de mecánica de suelos, determinar las características y resistencia del suelo presentes en el área de fundación del malecón San José, Laguna Yarinacocha.

Identificar las características de la cimentación adoptadas para los suelos en las áreas de fundación del malecón San José, Laguna Yarinacocha.

Conocida la profundidad de cimentación establecer si el estrato final no va a sufrir asentamientos o deformaciones mayores a las permisibles.

Para corroborar nuestro trabajo de investigación se planteó la siguiente hipótesis general:

La resistencia y capacidad portante del suelo arcilloso en la rivera de la laguna Yarinacocha es baja por lo tanto el tipo de cimentación a utilizarse es del tipo cimentación profunda (Pilotes).

Teniendo como hipótesis específicas:

Considerar que las características y resistencia del suelo presentes en el área de fundación del malecón San José de Yarinacocha no permitan hacer cimentaciones superficiales para los tipos de carga a utilizar.

Plantear los materiales adecuados y procedimientos constructivos normativos de las cimentaciones definitivas en las áreas de fundación del malecón San José, Laguna Yarinacocha.

Planteamiento de modelos de cimentaciones seguros y económicos posibles.

La presente propuesta tendrá un fuerte y significativo impacto en la población, ya que los resultados brindarán información de las condiciones del suelo presente en esa parte de la rivera, y las posibles profundidades de cimentación a las que se podrían llegar según los análisis que se plantearán en el estudio.

Debido a la naturaleza de la Investigación, el investigador cuenta con recursos propios para solventarla, así también cuenta con el apoyo de un pariente en la utilización de su laboratorio de mecánica de suelos para la realización de los estudios.

Se cuenta con los recursos tecnológicos como equipos a utilizarse en el estudio, alcance a información, con base de datos, bases de cálculos, conceptos, teorías y metodologías tanto física como virtual.

Los conocimientos adquiridos durante el pregrado (formación universitaria) han sido fortalecidos por los trabajos y prácticas profesionales correspondientes, junto con datos obtenidos durante el proceso de recabar información para el presente proyecto, así mismo se cuenta con el apoyo de conocimiento de especialistas en el área de diseño de cimentaciones profundas a quienes se recurrirá en el caso de presentarse dudas sobre el desarrollo de la investigación.

El estudio propuesto sugiere realizar ensayos de mecánica de suelos (Clasificación SUCS, penetración estándar SPT) y diseños de cimentación profunda y tipo de pilotes según las cargas de diseño, así mismo, el estudio cuenta con disponibilidad de fuentes de información para desarrollar la investigación, no habiendo limitaciones que no sean superables para desarrollar la propuesta.

Respecto a la solución del problema abordado, las limitaciones principales son las continuas precipitaciones que se dan de octubre a febrero, pero que serán superadas ya que se cuenta con equipos y personal para la toma de muestras en momentos de poca precipitación en la zona de estudio.

II. MARCO TEÓRICO

Para la realización de este trabajo de investigación se tuvo como referencia algunos antecedentes internacionales como proyectos de investigación referidas a cimentaciones profundas:

Tuvo como objetivo principal desarrollar un diseño de cimentación profunda en base de pilotes y muros Milán de un edificio de 267 metros en el valle de México, mediante el método empírico de diseño, obteniendo como resultados pilotes a 60 metros como mínimo (Gonzales, 2013, "Análisis y diseño de una cimentación profunda a base de pilas y muros Milán de un rascacielos en el valle de México").

Cuyo objetivo fue referir las distintas tipologías en cimentaciones profundas utilizadas para edificaciones, estudiar a detalle extracción de pilotes cuyos resultados lo llevaron a encontrar que los principales defectos en la ejecución de cimentaciones profundas son: reconocimiento geológico insuficiente, replanteo mal ejecutado, excavación excesiva, sedimentación en punta de pilote, extirpación de las entubaciones provisionales, demasía de armado de pilote, nivel freático, uso inconveniente del fluido de estabilización, excavación de un pilote cerca de otro recientemente vaciado, tránsito en terreno blando, cerca de un pilote recién vaciado, y dificultades durante la excavación (López, 2013, "Cimentaciones profundas ejecución de pilotes de extracción").

Tuvo como objetivo mostrar un diseño para cimentaciones profundas que sea adaptable a las necesidades de una subestación eléctrica, tomando como base una metodología de diseño que considere todos los elementos que podrían afectar en el proceso de construcción y/o funcionamiento; además busca dar a conocer todo el proceso constructivo de aquellas cimentaciones consideradas como profundas, implementando normas o estándares de seguridad y también sistemas para el control de la calidad aplicable a todos los materiales que se han de utilizar en el desarrollo de la obra, de esta manera poder contribuir a extender el conocimiento referente al tema de la construcción de los lectores (Hernández Rodríguez, Sindy, 2013. p. 08).

Así mismo referida por algunos antecedentes nacionales:

En su estudio utilizó un conjunto de programas, que le permitieron encontrar valores de capacidad de carga de los pilotes, utilizando métodos analíticos basados en la teoría clásica del estudio de mecánica de los suelos, en roca, y elementos finitos, así como también en métodos empíricos utilizando valores de N (SPT) obtenidos en campo las cuales tuvieron como resultado su sencillo manejo procesamiento de datos y obtención de gráficas y tablas incorporadas para realizar correlaciones de manera más rápida (Veneros, 2006, “Análisis y diseño de cimentaciones profundas, asistido con programas de cómputo – aplicación puente Yuracyacu”).

El estudio tuvo como objetivo primordial el de comparar las metodologías que fueron debidamente utilizadas para poder estimar la capacidad de carga de los pilotes enclavados en los suelos calificados arcillosos y arenosos que soporten cargas axiales tanto de compresión como de tracción, siendo estas comparadas con ciertos resultados experimentales instrumentados. Al haberse dado la comparación de las capacidades de carga medidas en pruebas de carga con aquellas obtenidas como resultados numéricos y del control de asentamiento, se obtuvieron buenos resultados, en contraste, se encontraron valores con errores relativos superiores a los esperados cuando se realizó la comparación con la metodología semi-empírica. En el caso específico del método teórico se presentaron resultados conservadores en aquellas situaciones en las que se consideró los efectos de la fricción negativa (Ninanya, 2018, “Evaluación de la capacidad de carga de pilotes excavados en arcillas a través de métodos estáticos y pruebas de carga”).

Planteó realizar la comparación entre dos opciones para cimentaciones profundas: la primera siendo un diseño en pilotes pre excavado, mientras que la segunda opción fue un diseño utilizando micropilotes. La finalidad fue determinar cuál es la opción más eficiente para los proyectos de ingeniería en suelos arcillosos (Céspedes Alcázar, Diego, 2020, p. 01).

Según algunos autores, como base teórica del tema de investigación de tesis se tienen que, los pilotes excavados son elementos que por la naturaleza de su proceso constructivo se les denomina como elementos in situ. Este método constructivo consiste en hacer una excavación de diámetro grande, colocando luego una armadura, para luego verter concreto de alta resistencia en su interior. (Tomlinson y Woodward, 2014, p. 134).

Los pilotes fueron usados por primera vez en construcciones lacustres hechas en Europa, las cuales salieron a la luz entre el 5000 y el 4000 a. C. en toda la extensión del río Danubio, así como en las orillas de los diversos lagos que tienen Italia, Suiza, Escocia Francia, e Irlanda (García Gamallo, 1997).

Las técnicas constructivas disponibles en primitivas construcciones alcanzaron, su evolución aproximadamente, a inicios del 1300 ac. y durante este periodo, los pilotes fueron manejados con dos finalidades principales:

Soporte de suelos erguidos con respecto al terreno.

Elementos estructurales que, paralelamente formaban las cerraduras exteriores de las construcciones y soportaban su techo.

Los pilotes utilizados en las edificaciones lacustres antiguas generalmente eran cortos (de 1 a 3 m de longitud), aunque en algunos casos los había más largos y hasta traslapados. Hacia el 2070 a. C., surgieron los primeros procedimientos de amarre, teniendo como propósito cortar la luz libre de los pilotes que constituían las paredes de las construcciones y mantenerlos en posición (García Gamallo, 1997). Hacia el 1200 a. C., los constructores de la cultura fenicia también utilizaron pilotaje en sus construcciones de ribera que se encontraban vinculadas al comercio marítimo y, en concreto, para formar empalizadas en las zonas pertenecientes a los puertos (García Gamallo, 1997).

La ingeniería geotécnica pasa por una etapa en la que todas las observaciones y mediciones en las respectivas obras se comparan con las mejores predicciones teóricas y en aquellas que involucre el modelado con mayor similitud al comportamiento real de los geomateriales (Mendoza, 2007, p. 37).

En caso de que las cargas transmitidas por la edificación no pueden distribuirse adecuadamente en cimentaciones superficiales, podría estar dándose que los estratos inmediatos a los cimientos provoquen asentamientos imprevistos, que además el suelo resistente esté a mayor profundidad o que abarque mucha más área (Platea) aumentando el costo de la construcción (Peck, Hanson y Thornburn, 2002, p. 187).

El nivel de estructuración del suelo nos da una idea de su permeabilidad y capacidad de aireación. Aquellos suelos bien estructurados generalmente tienen mejores propiedades hídricas, mayor permeabilidad, mejor aireación y se encuentran mucho más defendidos contra la erosión (Garrido, 2006, p. 12)

Las arcillas que son de tipo esmectítico o montmorillonítico poseen la propiedad de absorber dentro de su estructura a las moléculas de agua, para así ser capaces de incrementar considerablemente su tamaño al humedecerse (Garrido, 2006, p. 20)

Los suelos que presentan contenido de este tipo de arcilla podrían aplastar las raíces de las plantas y también provocar graves daños a la cimentación de las viviendas (Garrido, 2006, p. 20).

La cimentación profunda, si analizamos a la cimentación en forma conjunta, la posible colaboración entre los pilotes y su encepado o cabezal para poder soportar las cargas, antes era ignorada, pero actualmente se acepta como muy normal (Aoki, 1991, p. 269).

Saber las características y propiedades del suelo, sirven para el diseño de las estructuras y cimentaciones. No es lo mismo el diseñar una edificación sobre un suelo blando, que sobre un suelo rígido (Rodríguez, 2019, p. 3).

En caso de las arcillas, su comportamiento es más complejo que el de materiales granulares ya que generan presiones intersticiales en el proceso de la hincada, pudiendo producir un remoldeo del suelo generando un cambio en las propiedades y se podrían producir procesos de consolidación en forma simultánea (Montoya y Pinto, 2010, p. 76).

La cimentación profunda es aquel elemento la cual, en su extremo inferior, el terreno a cimentar, se encuentra a profundidad superior a 8 veces su diámetro (López Rodríguez, 2012, p. 7).

El uso de cimentaciones profundas es recomendable, según López Rodríguez (2012, p. 9)., en los siguientes casos:

Al edificar edificio con dos o más sótanos.

Ante la existencia de capas de gran espesor de suelos inadecuados (blandos) próximos a la superficie, imposibilitando de esta manera el soporte de cimentación superficial.

En presencia de la capa freática cercana a la superficie.

En existencia de cavidades cársticas.

Cuando se necesita reducir los asentamientos en las edificaciones.

Cuanto se necesite apoyar una carga aislada sobre un terreno no sólido o de limitada accesibilidad por recursos convencionales.

Las cimentaciones profundas se pueden catalogar de la siguiente manera:

Pilotes: Unidad de gran esbeltez y corta sección transversal, de características similares a las columnas. (López Rodríguez, 2012, p. 9).

Pilotes Aislados: Son aquellos que por el distanciamiento con los otros pilotes no presenta ninguna interacción geotécnica con estos. En el caso de que se emplee pilotes *"in situ"*, estos deben poseer un diámetro mínimo de cincuenta centímetros, para poder absorber los esfuerzos horizontales y momentos. Por otro lado, se puede utilizar pilotes prefabricados con menor diámetro en los casos en que los momentos sean nulos (López Rodríguez, 2012, p. 9).

Grupo de Pilotes: Lo más usado. En este caso toda la carga del pilar se transfiere a varios pilotes por medio de un encepado rígido el cual entrelaza sus cabezas (López Rodríguez, 2012, p. 9).

Zonas Pilotadas: Son pilotes con poca capacidad portante individual que se encuentran ubicados estratégicamente con la finalidad de reducir asientos o

incrementar la seguridad ante un posible hundimiento de las cimentaciones (López Rodríguez, 2012, p. 9).

Micropilotes: Son pilotes de diámetro y longitud pequeño, son empleados en los lugares donde no es posible el uso de los pilotes convencionales (López Rodríguez, 2012, p. 10).

En la tipología de pilotes respecto a cómo seleccionar los pilotes, los especialistas en cimentaciones han de recordar que la estructura del suelo en cualquier emplazamiento frecuentemente no es homogénea, o sea, el perfil del suelo podría variar (Das, 2013, p. 64).

Escoger entre los diferentes tipos de pilotajes debe ser una tarea minuciosa, esta elección dependerá de identificar las necesidades de la estructura, las condiciones del lugar y el tipo de suelo, según los materiales que se dispone y desde luego de la conveniencia económica; por lo cual se limitará solamente a la selección de muy pocos y en algunos casos a uno solo de los diversos tipos posibles (López Rodríguez, 2012, p. 10).

Existen diversos tamaños, formas y materiales que podemos adaptarlos a cualquier caso, por lo cual se debe distinguir los distintos tipos en relación con su funcionalidad (López Rodríguez, 2012, p. 10).

Basándonos en los resultados de los ensayos, podemos tener un buen indicador del funcionamiento de los pilotes, salvo que se hicieran después de cierto período de tiempo (Sowers, 1977, p. 667).

Según su forma de trabajo se tienen:

Cimentación por Pilotes Puntas o “Columna”.

En suelos donde el estrato más resistente está a determinada profundidad que es alcanzable por el pilote, estos transmiten las cargas principalmente por la punta. En esta modalidad las puntas se van a empotrar en suelo firme con la confianza que el estrato resistente brinde el apoyo suficiente, aunque se presente rozamiento del fuste al atravesar los estratos menos resistentes (López Rodríguez, 2012, p. 11).

Cimentación por Fuste (“Pilotes Flotantes”)

En suelos en el cual no existe con claridad un nivel más resistente al cual transmitir la carga, quedarán hincados en parte del terreno suelto, cuya resistencia sea media-baja, logrando transmitir su carga por el rozamiento lateral a través del fuste (López Rodríguez, 2012, p. 12).

La resistencia de estos pilotes dependerá de la profundidad a la cual se encuentren hincados, del diámetro de su sección transversal, y de la propia naturaleza del terreno (López Rodríguez, 2012, p. 12).

Para determinar la longitud del pilote se debe considerar la resistencia de este, sin olvidar que dicho pilote cuya longitud sea menor al ancho de la obra, no resistirá todas las cargas transmitidas por ésta (López Rodríguez, 2012, p. 12).

Según el tipo de material se tienen:

Concreto “In Situ”.

Entre los pilotes de hormigón podemos destacar aquellos de hormigón “*in situ*”, en los cuales se vierte el hormigón y se ubica la armadura directamente sobre el terreno formando así el pilote, y que ha de ejecutarse mediante excavación previa, aunque otra opción es realizarse mediante desplazamiento del terreno o con técnicas mixtas (López Rodríguez, 2012, p. 13).

Los pilotes de concreto pueden ser prefabricados o vaciados in situ. Estos elementos tienen una sección cuadrada y circular cuando son prefabricados y circulares en el caso sean vaciados in situ; este último por la forma de la maquinaria empleada para el proceso de perforación (Rodríguez-Monteverde, 2017, p. 32).

Hormigón Prefabricado.

Referida a pilotes de concreto prefabricado alcanzando ser pretensado o armado concreto de capacidad resistente (López Rodríguez, 2012, p. 13).

Estabilidad

La estabilización de suelos son una serie de procesos mecánicos, físicos, físico-químicos y químicos que transforman las propiedades de los suelos que interesan en las aplicaciones de la ingeniería, obteniendo un material apto para su utilización (Higuera, Gómez y Pardo, 2012, p. 23).

La estabilización mecánica, se realiza por medio del proceso de compactación. La compactación mejora las propiedades del suelo y en particular la densificación del suelo (Higuera *et al.*, 2012, p. 24).

Acero.

Los pilotes de acero tienen a adaptar desempeño y una gama de ventajas frente a los otros materiales, siendo estas las siguientes:

Soportan hincas difíciles sin que en ellas se genere fragmento alguno (López Rodríguez, 2012, p. 14).

Al hundir en un estrato compacto de suelo consigue una gran capacidad de carga (López Rodríguez, 2012, p. 14).

Ante la necesidad de aumentar su tamaño, esta se puede efectuar muy rápidamente, mediante soldadura de otros tramos adicionales (López Rodríguez, 2012, p. 14).

Son resistentes a golpes o caídas, por lo general no padece deterioro alguno (López Rodríguez, 2012, p. 14).

Tienen una buena solidez a la flexión y a los esfuerzos laterales (López Rodríguez, 2012, p. 14).

Los pilotes huecos o barrenados se pueden rellenar con concreto, acrecentando de este modo su resistencia (López Rodríguez, 2012, p. 14).

Para realizar la colocación se debe consultar con especialistas, ya que puede haber incertidumbres en su empleo por la corrosión que podrían experimentar en caso de haber nivel freático o cualquier corriente de agua, incluso del empleo en el mar y en algunos rellenos debido a la existencia de oxígeno atrapado (López Rodríguez, 2012, p. 14).

Para impedir la corrosión evitando el gasto de recursos que no estén programados de manera eficiente se puede utilizar la protección catódica, la cual utiliza ánodos de zinc o de corriente impresa (López Rodríguez, 2012, p. 14).

Los pilotes de acero se deben hincar con azuches (protecciones en la punta) adecuados (Moreno Cansado, 2018, p. 2).

Los pilotes de acero han sido clasificados por:

Perfiles Cilíndricos:

Normalmente hincados con mandril, es muy empleado en cimentaciones como tubos de acero rellenos de concreto, estos tubos tienen un diámetro de entre 25 y 75 cm.

El grosor de las paredes no suele ser menor a 2,5mm, siendo el espesor normal utilizado el de 4,5 mm (López Rodríguez, 2012, p. 14).

Si el grosor de las paredes está entre 2,5 y 3,2 mm se considera que el acero participa con el concreto en el soporte de cargas (López Rodríguez, 2012, p. 14).

Perfiles en Doble U (caja):

Constituido por perfiles en "U" se unen por medio de soldadura formando una especie de caja, la que se llena posteriormente de concreto, cuyo proceso es similar al utilizado en los tubulares (López Rodríguez, 2012, p. 14).

Perfiles en Forma de H:

Estos pilotes son empleados cuando las situaciones (suelos) requieran un hincado violento, longitudes demasiado grandes o elevadas cargas de soporte por pilote (López Rodríguez, 2012, p. 15).

En edificaciones donde la proximidad con los cimientos de los linderos es muy cercana estos tipos de pilotes son muy convenientes ya que generan en el suelo, desplazamientos muy pequeños (López Rodríguez, 2012, p. 15).

Los pilotes de acero generalmente son hechos a base de tubos o de perfiles H. Los pilotes a base de tubos pueden ser hincados en el terreno con sus respectivos

extremos abiertos o cerrado, durante dicho hincado (Peck, Hanson y Thorburn, 2002, p. 75).

El Método de Hincado:

Pilotes Roscados:

Estas estructuras son colocadas mediante movimientos circulares penetrando en el suelo de manera atornillada teniendo como dispositivo de penetración de tornillo de Arquímedes. Estos pilotes son empleados en suelos propensos a variabilidad de humedad y aridez (López Rodríguez, 2012, p. 15).

Pilotes Rincados:

Tienen una terminación en punta de disco llamada así por una plancha circular colocada en su punta la cual está conformada por una serie de nervios y provista de un hueco central por donde se inyecta agua a alta presión para crear un agujero en el terreno donde se meterá el pilote. Colocados mediante percusión. Evitando el deterioro o deformación de la cabeza del pilote, con un recubrimiento tipo sombrerete apropiado (López Rodríguez, 2012, p. 15).

El proceso de modelación sólo se tiene en cuenta la superficie de deslizamiento y el suelo alrededor de las caras del pilote y no se tiene en cuenta el aporte en punta (Jiménez, 1994, p. 180).

El proceso de hincado se puede realizar mediante percusión o mediante inyección (López Rodríguez, 2012, p. 15).

Madera.

Se podrá utilizar para pilotar zonas blandas amplias, como apoyo de estructuras con losa o terraplenes (Moreno Cansado, 2018, p. 2).

Los pilotes de madera son muy utilizados por su bajo costo y su facilidad para obtenerlos y manipular. Se emplean básicamente en terrenos blandos y amplios. Sin embargo, el tamaño de los pilotes de madera es limitada, porque dependen de la altura de los árboles disponibles. Ordinariamente pueden encontrarse de entre 10 a 20m, con un diámetro que oscila entre 20 y 30 cm (López Rodríguez, 2012, p. 16).

Dependiendo del tipo de pilote y su uso estos pueden ser:

Pilotes clase A, usados para sostener grandes cargas, siendo el diámetro mínimo del fuste para este tipo de 35 cm (López Rodríguez, 2012, p. 16).

Pilotes clase B, utilizados en edificaciones que representan cargas medias. El diámetro mínimo del fuste para este tipo de pilote varía de entre 20 y 30 cm (López Rodríguez, 2012, p. 16).

Pilotes de clase C, utilizados normalmente a edificaciones temporales, trabajos momentáneos, o frecuentemente cuando todo el pilote está por debajo del nivel freático. El diámetro mínimo del fuste para este tipo de pilote debe ser 30 cm (López Rodríguez, 2012, p. 16).

Ante la necesidad de pilotes de mayor longitud, estas pueden empalmarse sin embargo, se debe tener en cuenta que el empalme no debe hacerse cerca de la mitad del pilote, ya que en caso de pandeo esta sería la zona más afectada, pudiéndose de este modo romperse el empalme de unión (López J., 2013).

Existen dos métodos de empalme adecuado de pilotes las cuales se realizan de maneras diferentes:

Mediante el uso de mangos de acero tubular: Consiste en utilizar un tubo metálico fatuo por ambos lados en el que se alojaran ambos fustes. Estos dispositivos (manguitos) deben tener una longitud de al menos cinco veces el diámetro del pilote (López J., 2013).

Mediante placas metálicas con tornillos: Consiste en una serie de chapas metálica rectangulares que quedarán atornilladas uniendo ambos extremos de los dos fustes a unir (López J., 2013).

Los pilotes de madera tienen una capacidad de carga muy limitada entre el rango de 22 a 30 toneladas. Por ello no resiste altos esfuerzos durante el proceso de hincado y se opta por hacer uso de un capuchón (Rodríguez, 2019, p. 165).

Mixtos.

Los pilotes mixtos aprovechan las ventajas que tienen uno y otro, las cuales son combinadas para obtener mejores resultados en su funcionamiento

Un ejemplo claro son los pilotes de acero tubular rellenos con concreto o los de madera punta de acero y viceversa (López Rodríguez, 2012, p. 16).

Según la forma de sección transversal:

Las secciones o formas transversales de los pilotes deben ser circulares o casi circulares (hexagonal, cuadrada, u octogonal) de manera que no sea difícil asimilar, la mayoría de los pilotes a elementos cilíndricos en un cierto diámetro D . y una cierta longitud L (López Rodríguez, 2012, p. 17).

Según su procedimiento constructivo, se tienen:

Pilotes prefabricados hincados.

Son aquellos que se construyen en una fábrica externa a la obra las cuales son transportados a la obra para su colocación mediante la ejecución de huecos previamente realizados o por percusión, presión o vibración (López Rodríguez, 2012, p. 18).

Los pilotes prefabricados en muchas ocasiones pueden ser hechos por tramos que se empalmarán entre sí con posterioridad, o en un solo tramo. Son relativamente costosos ya que se encuentran fuertemente armados con la intención de que resistan los esfuerzos durante el proceso de hinca y transporte de estos (López Rodríguez, 2012, p. 18).

Los pilotes prefabricados se emplean principalmente en construcciones marinas y puentes, donde es muy importante la durabilidad bajo severas condiciones de intemperie e incluso nivel freático (López Rodríguez, 2012, p. 18).

Podemos encontrar los pilotes de hormigón armado, que son aquellos que se emplean para trabajar a compresión, y los de hormigón pretensado que funcionan bien a tracción y como tablestacado en construcciones bajo el agua (López Rodríguez, 2012, p. 18).

El empleo del pretensado en pilotes permite conseguir la resistencia necesaria con paredes de espesores muy delgados, por ejemplo, se han empleado pilotes huecos de 140cm de diámetro, cuyas paredes tienen 10cm de espesor cuando se ha

requerido una gran rigidez y elevada capacidad de carga (López Rodríguez, 2012, p. 18).

En cuanto al armado, como la gran mayoría de los pilotes, presentan una armadura longitudinal, y una transversal. La longitudinal generalmente consta de 4 redondos de 25mm y la transversal formada por estribos de unos 8 mm mínimos, colocándose con una separación de 5 cm. (en una longitud aproximada de un metro) en la cabeza del pilote para reforzarla. Aunque debemos saber que estas medidas varían en función de la sección del pilote y de los requisitos que se le exijan a este (López Rodríguez, 2012, p. 18).

Los pilotes hincados son elementos estructurales prefabricados, el cual mediante un proceso de hincado se logra atravesar el suelo para transmitir cargas de una estructura a un estrato resistente (Rodríguez, 2019, p. 213).

Configuración geométrica de los pilotes

Para una correcta disposición de la cimentación por pilotes, se realizará en fase de proyecto un tanteo de las diferentes disposiciones de pilotes hasta alcanzar una situación óptima.

A la hora de analizar el comportamiento de un pilote aislado son los datos geométricos los que tienen mayor interés, estos son, la longitud dentro del terreno y su diámetro (en caso de que el pilote no fuera constante en su diámetro tendría que usarse la ley de variación de su diámetro) (López Rodríguez, 2012, p. 24).

Para el caso de los grupos de pilotes será necesario tener en cuenta además de la distribución geométrica la separación entre ellos (López Rodríguez, 2012, p. 24).

Criterios para la selección del pilote

Dentro de ciertos límites, los suelos se comportan bajo la acción de las cargas como materiales elásticos, aunque en algunos casos se producen deformaciones mayores que las normales, teniéndose que recurrir entonces a cálculos que tengan en cuenta la plasticidad del suelo (Crespo, 2004, p. 161).

Después de haberse realizado los estudios de mecánica de suelos se llega a la conclusión de tener que utilizar cimentación profunda en las edificaciones por

inadecuadas condiciones del terreno. Sin embargo, es en este punto que se debe de decidir qué tipo de pilote será idóneo para los requerimientos naturales del suelo y la estructura (Delgado M., 2002).

Para decidir adecuadamente se debe conocer y evaluar diferentes factores pudiendo ser estas:

Agresividad del terreno, fricción negativa, presencia de resistencia horizontal (Delgado M., 2002).

Cargas por transmitir (Delgado M., 2002).

Volumen del terreno que debe traspasar, y por tanto la longitud del pilote necesaria (López Rodríguez, 2012, p. 24).

Tipos de suelos del terreno (estratigrafía) y su resistencia (López Rodríguez, 2012, p. 24).

Volumen de pilotaje (López Rodríguez, 2012, p. 24).

Es posible que después del análisis se concluya que diferentes tipos de pilotes resulten idóneos en la fundación de la edificación, lo cual pondría en un dilema la elección. Sin embargo, se pueden seguir una serie de recomendaciones que a continuación se detallan (Delgado M., 2002).

En terrenos arenosos blandos: se debe realizar una compactación adecuada para mejorar las condiciones del terreno por lo que es aconsejable, utilizar en estos casos pilotes prefabricados hincados. Si el área a fundar es compacta se debe efectuar una excavación previa mantenida con lodos bentónicos (Delgado M., 2002).

Alcanzar terreno firme o suelos adecuados para la fundación, así mismo verificar que las profundidades sean razonables para el empleo de pilotes empotrados por punta (López J., 2013).

Cuando en la zona de fundación existan rocas grandes, restos de cimentaciones entre otros materiales de dureza considerable, y es dificultoso la hinca en capas, debe recurrir a pilotes perforados de gran diámetro con entubación.

Ante la presencia de agua en área de fundación no se debe emplear pilotes excavados sin entubación, debido al agua que causa inestabilidades en paredes del pilote, perjudicando el concreto (López J., 2013).

En terrenos adhesivo compactos con limitada agua se debe emplear pilotes “*in situ*” perforados, sin entubación (López J., 2013).

En cimientos próximos con suelos inestables no se debe emplear pilotes hincados ya que las sondas o vibraciones que se dan por el impacto de la hincadora pueden causar asentamiento en edificios cercanos (Delgado M., 2002).

Las cimentaciones profundas se dividen en distintos elementos o partes:

Pilar o Soporte: Elemento estructural vertical, que inicia del encepado. Por su connotación textual es realmente el pilar, pero se considera un elemento del sistema de cimentación o parte de la estructura en sí misma (López Rodríguez, 2012, p. 25).

Encepado: Es un componente constructivo firme y fuertemente armado, tiene obligación principal de conectar los pilotes aislados o grupos, con los pilares o muros estructurales. Debe ser indefectiblemente de concreto armado similar a una zapata aislada, que se ejecuta una vez descabezados los pilotes. El proceso constructivo consiste en absorber las cargas de los soportes, y transmitir las a los pilotes. Debe tenerse en cuenta que el encepado opera de forma diferente según el número de pilotes que recoja (López Rodríguez, 2012, p. 25).

Pilote aislado: Debe encontrarse arriostrado a dos direcciones, ya que el encepado únicamente transmite carga puntual del pilar al pilote (López Rodríguez, 2012, p. 25).

Dos o más pilotes: El encepado recibe una carga que debe quedar dividida en dos cargas de igual magnitud, la cual produce una reacción en cada pilote igual a la mitad de la carga recibida por el encepado. De este modo se generan tracciones en la parte superior del encepado, y compresiones en la parte inferior, es por esta condición que el encepado debe ir armado en su parte superior como inferiormente (López Rodríguez, 2012, p. 25).

Vigas riostras o de atado: Son estructuras que se encargan de los encepados para darles rigidez y estabilidad. Si el encepado es de un solo pilote es obligatorio que unido en las dos direcciones (X e Y), sin embargo, si es de dos o más pilotes solo es obligatorio en una sola dirección, normalmente aquella perpendicular a la dirección del eje de menor inercia del encepado (López Rodríguez, 2012, p. 27).

Fuste del pilote: El fuste comprende la parte del pilote, (excepto la punta), este elemento es el encargado de transmitir las cargas mediante rozamiento lateral con el terreno, su forma es generalmente circular, de gran extensión y pequeña sección (López Rodríguez, 2012, p. 26).

Punta del pilote: Es el extremo inferior del pilote, situado en la parte inferior o debajo del fuste. Tiene la función de transmitir las cargas por apoyo o hinca al terreno o estrato resistente (López Rodríguez, 2012, p. 26).

Terreno circundante: Es un aspecto muy importante a tener en cuenta cuando se utilice cimentaciones profundas en la fundación de una edificación, es importante porque el comportamiento de los pilotes según su tipo es diferente en cada caso, por lo que es necesario conocer el tipo de suelo con el que tendrá contacto, esta condición implica la eficacia de los pilotes frente a fenómenos circundantes por lo que se debe verificar (López Rodríguez, 2012, p. 26).

La fricción y la unión entre el suelo y el fuste del pilote (López Rodríguez, 2012, p. 26).

La solidez por punta, en el caso de ceder compresiones. Ante posibles esfuerzos de tracción, puede agrandar la parte inferior del pilote, de forma que trabaje el suelo superior (López Rodríguez, 2012, p. 26).

“La unión de las dos anteriores (López Rodríguez, 2012, p. 26).

De acuerdo con lo anterior se puede asegurar el buen funcionamiento de una cimentación no solo depende del pilote, también del medio en el que se encuentra (López Rodríguez, 2012, p. 26).

Armaduras: Las armaduras constituyen un componente importante en cualquier cimentación, ya que, junto al concreto, proporciona resistencia a la estructura (López Rodríguez, 2012, p. 26).

Las armaduras se conforman como si fuesen jaulas; las armaduras longitudinales están constituidas por barras colocadas uniformemente en el perímetro de la sección, y el armado transversal lo constituyen un zuncho en espiral o cercos de redondos de 6 mm. de sección, con una separación de 20 cm.

El diámetro exterior del zuncho será igual al diámetro de pilote, restándole 8 cm; así se obtiene un recubrimiento mínimo de 4 cm.

El número de barras y así como el diámetro de las mismas, se determina en función de la carga que deba soportar el pilote fundida y tipo de pilote.

El ensayo de penetración estándar, es un ensayo el cual se contabilizan los números de golpes para introducir un tomamuestras circular de acero hueco, por medio de una masa de 63.5 kg que cae repetidamente desde una altura de 76,2 cm (Geotécnica, 2019. Párr. 2-5).

Es empleada para poder conocer la resistencia de un terreno, así como su capacidad de deformarse, también es conocido como ensayo dinámico la cual está indicado especialmente para arenas puesto que en los suelos arcillosos presenta bastante dificultad de interpretación, así mismo en suelos con contenido de gravas se deberá de tener cuidado con la influencia del tamaño de las partículas del suelo. Este ensayo consiste en poder determinar el número de golpes que se tienen que dar (N) para hincar un muestreado a cierta profundidad del suelo (Delgado V., 2005).

La tomamuestras se ha de introducir en un terreno de 60 cm contabilizándose los golpes cada 15 cm. El cual nos permitirá hallar un valor N de resistencia a la penetración que se obtuvo sumando los números de golpes de ambos tramos intermedios 15 cm descartándose tanto el primer como el último tramo, eliminándose así valores que revelen posibles alteraciones de los suelos, derrumbes en las paredes del sondeo o sobreocupaciones del propio ensayo (Geotécnica, 2019. Párr. 2-5).

Los métodos a usar en este trabajo de investigación son 2:

El método de Aoki & Velloso se origina a partir de los resultados de penetración estática (CPT) y dinámica (SPT). Una teoría para estimar la capacidad de carga de

pilotes y fundamentada en el ensayo de penetración estática, a través de la utilización del coeficiente k es posible estimar la capacidad de carga con los resultados del SPT.

Y el Método de Décourt y Quaresma, es un método empleado para estimar la capacidad de carga. Fundamentado exclusivamente en los resultados de los ensayos de penetración SPT.

La cimentación también llamada subestructura forma parte de la estructura que generalmente se coloca por debajo de la superficie del terreno la cual transmite las cargas al suelo o roca subyacentes. Cada suelo tiene características diferentes las cuales se comprimen al someterlo a cargas, las cuales causan asentamientos en la estructura soportada; por lo tanto, se hallan dos requisitos esenciales en el diseño de cimentaciones las cuales son: que el asentamiento o hundimiento total de la estructura este limitado a una cantidad tolerablemente pequeña y que, el asentamiento o hundimiento diferencial de las distintas partes de la estructura se elimine (Tomlinson M., 2013).

Suelos cohesivos, También conocidos como suelos duros y compactos, los terrenos sólidos, rocosos son un ejemplo de estos. Las cimentaciones recomendadas para este tipo de suelo son las zapatas en general y muchas veces se recomienda anclar estas cimentaciones a las rocas para tener una mayor estabilidad (Canales C., 2018).

Los pilotes son, componentes rígidos los cuales suelen presentar similitud de columna la cual trabaja como una cimentación de pequeña sección transversal. Posee la particular y muy importante característica de soportar grandes esfuerzos de compresión y cargas horizontales. Su vital competencia es la de transferir la carga de una estructura a través de un estrato débil a un suelo, estrato más resistente. Son muy importantes para mejorar las condiciones físicas del terreno (Tomlinson M., 2013).

El concreto es un material parecido a la piedra la cual se obtiene al lograr una mezcla cuidadosamente proporcionada de cemento, arena y grava o quizá otro

agregado, y agua; luego, dicha mezcla endurecida en formaletas que tengan la forma y dimensiones deseadas. El cuerpo del mencionado material está conformado por agregado fino y grueso. Tanto el cemento como el agua han de interactuar químicamente con la finalidad de unir las partículas de agregado y así constituir una masa sólida (Tomlinson M., 2013).

Los Pilotes Prefabricados corresponden a la categoría de Cimentaciones Profundas, se les conoce también por el nombre de Pilotes Premoldeados; se les puede construir con hormigón armado ordinario o con hormigón pretensado (Tomlinson M., 2013).

Los Pilotes Hormigonados In Situ son un tipo de Pilotes que son ejecutados en la obra, tal como refiere su nombre, en el sitio, en el lugar, la conforman armaduras de acero como si fuesen jaulas; las armaduras longitudinales están constituidas por barras ubicadas de manera uniforme a lo largo del perímetro de la sección, y el armado transversal lo conforman un zuncho en espiral o cercos redondos de 6 mm. de sección, separados entre sí una distancia de 20 cm (Tomlinson M., 2013).

El diámetro exterior del zuncho debe ser igual al diámetro de pilote, disminuyéndole 8 cm; de esta manera se logra un recubrimiento mínimo de 4 cm. El número de barras y el diámetro de las mismas, ha de calcularse en función de la carga que vaya a soportar el pilote” (Tomlinson M., 2013).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

) **Enfoque**

El enfoque de esta investigación es cuantitativo, ya que se trabajó con la recolección de datos y así poder validar las hipótesis propuestas.

) **Tipo de investigación**

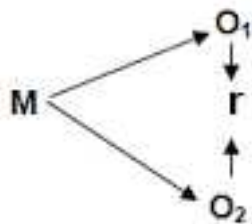
El tipo de investigación desarrollado fue Aplicada, debido a que se utilizarán métodos y teorías establecidas con anterioridad, las cuales fueron aplicadas en el estudio para alcanzar el objetivo fundamental de la investigación y proponer la solución del problema encontrado.

Para Vargas Z. (2009), se busca generar información y conocimientos necesarios con aplicación directa en el problema planteado a fin de solucionarlo.

) **Diseño de investigación**

Por las condiciones del estudio el diseño de la investigación fue correlacional, ya que se relacionarán los resultados según las condiciones del suelo y su correlación con el tipo de cimentación a utilizar.

El modelo utilizado en el diseño se diagrama de la siguiente manera:



Donde:

M: Muestra

O1: Observación de la variable 1

O2: Observación de la variable 2

r: Correlación entre dichas variables.

Este diseño incorpora el análisis de correlación a los grupos que componen el estudio de acuerdo con el tipo de material a utilizar en la cimentación profunda (concreto, madera, acero) y la capacidad portante de los suelos a encontrarse.

) **Nivel de investigación**

El nivel de investigación es descriptivo, ya que se especifica las características del suelo, obtenidos mediante los distintos ensayos en la presente investigación.

3.2. Variables y operacionalización

Variable independiente: Análisis de suelos arcillosos.

Definición conceptual: La combinación de suelos arcillosos sobre consolidados en climas cálidos o áridos suele dar las condiciones más favorables para importantes cambios de volumen en el suelo.

Definición Operacional: Para el análisis de suelos arcillosos se inicia con la exploración del terreno mediante calicatas, se sacaron muestras de suelos para caracterizarlas.

Indicadores:

1. Características del suelo.
2. Capacidad de carga del suelo.
3. Resistencia a la penetración.
4. N (SPT) muestra de suelo en profundidad.
5. Tipo de Pilotes: Hincados y de concreto.

Escala de medición:

1. %
2. Kn
3. Kn/m²
4. Cm
5. Razón

Variable dependiente: Diseño de la cimentación con pilotes.

Definición conceptual: El diseño estructural de cimentaciones profundas está directamente relacionado con el diseño geotécnico de la cimentación, los puntos que deberá tomarse en cuenta al diseñar es la estratigrafía, condiciones hidráulicas y propiedades mecánicas de compresibilidad, resistencia al esfuerzo cortante y permeabilidad.

Definición Operacional: Se utilizará el método empírico como método de cálculo según la disposición de correlaciones de ensayos de penetración SPT, fundamentando el cálculo en los métodos de Aoki Velloso y Décourt & Cuaresma.

Indicadores:

1. Profundidad de cimentación.
2. Longitud de pilote.
3. Área de sección.
4. Material y tipo de pilote.

Escala de medición:

1. M
2. M
3. M2
4. Razón

3.3. Población, muestra y muestro

Población: Neftali Toledo (2018). Compuesta por todos los elementos (personas, objetos, organismos) que participan del fenómeno que fue definido y delimitado en el análisis del problema de investigación. Por ello, la población con la que se llevó a cabo esta investigación es la rívera de la laguna Yarinacocha en la región Ucayali distrito de Yarinacocha y provincia de Coronel Portillo conformada por una longitud total de 1.5 kilómetros con coordenadas geográficas -8.337778, -74,594653.

-) **Criterio de inclusión:** se tomaron en cuenta los resultados de los diferentes ensayos a través de calicatas y spt para determinar la similitud de clasificación de suelos que nos llevaron a realizar el ensayo de corte directo y conocer la capacidad portante del suelo.

-) **Criterio de exclusión:** se determinaron elementos excluyentes como son las arenas según clasificación de suelos por método sucs determinado por la exploración del terreno mediante calicatas y spt.

Muestra: Neftali Toledo (2018). Definida como un subgrupo de la población o universo. En la determinación de la muestra se utilizó el método no probabilístico e intencionado de acuerdo con la norma general para estudios de mecánica de suelos, tomándose muestras directamente la rivera del muelle San José de Yarinacocha.

Muestreo: Neftali Toledo (2018). Es la selección de algunas unidades de estudio entre una población definida en una investigación. Para el muestreo se utilizó pruebas de SPT en lugares diferentes a las calicatas obteniéndose la clasificación de suelos en una longitud mayor.

3.4. Técnicas de recolección de datos e instrumentos

Técnicas: Se utilizará el método empírico como método de cálculo según la disposición de correlaciones de ensayos de penetración SPT, fundamentando el cálculo en los métodos de Aoki Velloso y Décourt & Cuaresma.

Instrumentos: Los Instrumentos utilizados son:

- Formatos de recolección de datos en campo (ver anexo N 1).

Validez: Para validar los instrumentos de recolección de datos se tomaron en cuenta el juicio de los expertos. Fueron considerados válidos aquellos instrumentos utilizados en laboratorio ya que son valores y procedimientos normados.

Confiability: Se tiene la absoluta certeza de que los resultados obtenidos de los ensayos en laboratorio son totalmente válidos y confiables ya que se contó con el juicio de los expertos ceñidos por normativa vigente.

3.5. Procedimientos

Está investigación se llevó a cabo mediante los siguientes procedimientos:

1. Exploración de los suelos en el área de estudio.
2. Elaboración de formatos para obtención de resultados en laboratorio.
3. Recopilación de resultados de laboratorio.

4. Realización del marco teórico y referencias de la investigación.
5. Análisis de los resultados, teniendo la caracterización de los suelos y diseño de cimentación profunda.

3.6. Método de análisis de datos

Los resultados se obtuvieron mediante los ensayos realizados en campo, para encontrar el problema propuesto se utilizó el **método de Décourt – Quaresma**, en este método, la capacidad de carga de una pila (Burst Load - la llamaremos "Qu") se obtendrá mediante la siguiente fórmula simple:

$$Q_u = \alpha \cdot q_p \cdot A_p + \beta \cdot q_s \cdot A_s$$

Donde:

- q_p es el voltaje de ruptura máximo;
- A_p es el área de la punta de la estaca;
- q_s es el valor de fricción lateral unitario;
- A_s es el área lateral de la estaca;
- α es un parámetro de ajuste para pilotes no impulsados;
- β es otro parámetro de ajuste para pilas no controladas.

El principio es intuitivo, el suelo actuará en el costado y en la punta de la estaca para evitar que se "hundida". Este límite entre la fuerza máxima aplicada a la pila y el comienzo del desplazamiento del suelo (ruptura) define la capacidad de carga de la pila.

El esfuerzo de ruptura de la punta tiene la siguiente ecuación:

$$q_p = K \cdot N$$

Donde:

K: es un coeficiente tabulado que depende del tipo de suelo.

Tipo de suelo	K (KN/m2)
Arcilla	120
Limo de arcilla	200
Limo arenoso	250
Arena	400

Fuente: Los autores.

N: es el Nstp, el número de STP o el número de golpes necesarios para que el equipo de perforación penetre 30 cm en el suelo. Este número se obtiene como resultado del sonido de la percusión realizada en el suelo;

La fricción lateral unitaria se calcula fácilmente utilizando la fórmula:

$$q_s = 10 \cdot \left(\frac{N}{3} + 1 \right) \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

Los parámetros α y β se sugieren en las siguientes tablas:

Tabla 1: Parámetro " "

(Décourt, 1996)	Arcillas	Suelos intermedios	Arenas
Claveteado	1,00	1,00	1,00
Excavación en general	0,85	0,60	0,50
Excavado con lodo de bentonita	0,85	0,60	0,50
Hélice continua	0,30	0,30	0,30
Raíz	0,85	0,60	0,50

Inyectado (alta presión)	1.00	1.00	1.00
--------------------------	------	------	------

Fuente: Los autores.

Tabla 2: Parámetro " "

(Décourt, 1996)	Arcillas	Suelos intermedios	Arenas
Claveteado	1.00	1.00	1.00
Excavación en general	0,80	0,65	0,50
Excavado con lodo de bentonita	0,90	0,75	0,60
Hélice continua	1.000	1.00	1.00
Raíz	1,50	1,50	1,50
Inyectado (alta presión)	3.00	3.00	3.00

Fuente: Los autores.

Para el método de Aoki y Velloso (1975), dieron valor a la capacidad de carga para los diferentes tipos de pilotes las cuales se basaron en las correlaciones de los resultados de ensayo de penetración estática y dinámica, descripción de los estratos del suelo, profundidad del nivel freático.

Utilizando también lo propuesto por Aoki-Velloso, la capacidad de carga de una pila (Carga de explosión - "Qu") se obtendrá agregando la Carga de punta ("Qp") con la Carga de fricción lateral ("Qa"), así como en la siguiente ecuación:

$$Q_u = Q_p + Q_a$$

La carga resistida por la punta (Qp) sigue la siguiente ecuación:

$$Q_p = \frac{K \cdot N}{F_1} \cdot A_p$$

Donde:

- **K:** es un coeficiente tabulado que depende del tipo de suelo, pero tiene valores diferentes del Método Décourt-Lent: cuidado;
- **N:** es el Nstp de la encuesta;
- **F1:** es un parámetro tabulado que depende del tipo de pila. Fue calculado por los investigadores que investigaron el método a través de innumerables correlaciones y pruebas de carga durante la investigación realizada;
- **Ap:** es el área de la punta de la estaca. Si se trata de una pila cilíndrica masiva, por ejemplo, es la antigua fórmula "pi multiplicado por el radio al cuadrado".

La carga máxima soportada por la fricción lateral se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$Q_a = \sum \alpha \cdot \frac{K \cdot N}{F_2} \cdot A_l$$

Donde:

- **Qa:** es el valor de carga de fricción lateral;
- **α:** también es un coeficiente que varía según el tipo de suelo;
- **K y N:** son los mismos que en la fórmula Qp;
- **F2:** también es un parámetro tabulado que depende del tipo de pila.

Tabla 3: Coeficiente que varía según el tipo de suelo

Tipo de suelo	K (KN / m2)	(%)
Arena	1,000	1,4%

Arena limosa	800	2,0%
Arena de arcilla limosa	700	2,4%
Arena de arcilla	600	3,0%
Arena arcillosa	500	2,8%
Silte	400	3,0%
Limo arenoso	550	2,2%
Limo de arena y arcilla	450	2,8%
Limo de arcilla	230	3,4%
Limo arenoso	250	3,0%
Arcilla	200	6,0%
Arcilla arenosa	350	2,4%
Arcilla limosa arena	300	2,8%
Arcilla limosa	220	4,0%
Arcilla limo-arenosa	330	3,0%

Fuente: Los autores

Tabla 3: Parámetro tabulado que depende del tipo de pilote F1;F2

Tipo de estaca	F1	F2
Franki - eje apustado	2.3	3.0
Franki - eje vibratorio	2.3	3.2
Metálico	1,8	3.5
Prefabricado prensado	2.5	3.5

Prefabricado prensado	1,2	2.3
Diámetro pequeño excavado	3.0	6.0
Gran diámetro excavado	3.5	7.0
Excavado con lodo de bentonita	3.5	4.5
Raíz	2.2	2,4
Strauss	4.2	3.9
Hélice continua	3.0	3.8

Fuente: Los autores

3.7. Aspectos éticos

Los investigadores han respetado la veracidad de las opiniones de los juicios de expertos, resultados, la confiabilidad de los datos en campo, cálculos realizados en gabinete, con dedicación y empeño durante el desarrollo del proyecto.

IV. RESULTADOS

Las características del suelo fueron realizadas mediante ensayos estándar para análisis granulométrico por tamices, vía húmeda utilizando la ASTM-D422, Los límites de consistencia (%) mediante el método descrito por la ASTM-D-4318, y la clasificación de los suelos mediante el método SUCS, de la ASTM-D-2487

La resistencia se llevó a cabo mediante el método *Standar Penetration Test* (SPT) por sus siglas en inglés, o ensayo de penetración estándar para determinar la resistencia de los suelos en el área de estudio. Este ensayo permitió obtener un valor N de resistencia a la penetración que radica en sumar el número de golpes de los dos tramos intermedios de 15 cm rechazando tanto el primer como el último tramo por posibles, derrumbes de las paredes del sondeo, variaciones del suelo o sobre compactación propias del ensayo.

Cuadro N° 01 Resumen de Características del suelo del área de estudio

Calicata	Análisis granulométrico por tamices ASTM-D-422							Límites de consistencia % ASTM-D-4318			Clasificación ASTM-D-2487
	Porcentaje acumulativo que pasa en peso							LL	LP	IP	SUCS
N°	N° 4	N° 10	N° 20	N° 40	N° 60	N° 100	N° 200				
C-1	100	99.86	99.41	98.81	98.64	98.41	95.82	30.29	21.52	8.77	CL
C-2	100	99.83	99.42	99.01	98.51	97.17	97.43	38.09	19.17	18.92	CL
C-3	100	100	100	99.73	99.64	99.48	95.25	32.77	22.09	10.68	CL
C-4	100	100	100	99.96	99.93	99.89	99.85	62.75	30.41	32.34	CH
C-5	100	100	100	99.96	99.91	99.86	99.81	60.65	29.9	30.75	CH
C-6	100	100	100	99.91	99.8	99.69	99.49	62.52	26.84	35.68	CH
C-7	100	100	100	99.92	99.04	97.08	91.94	62.52	26.84	35.68	CH
C-8	100	99.77	100	99.57	99.48	99.36	98.81	62.13	27.25	34.88	CH
C-9	100	100	100	87.57	46.2	29.002	96.92	47.19	23.18	24.01	CL
C-10	100	100	100	99.92	99.17	71.17	22.78	17.47		NP	SM
C-11	100	99.85	100	99.58	99.06	98.46	26.09	19.32		NP	SM
C-12	100	99.77	100	99.38	99.18	98.86	97.88	43.62	20.5	23.12	CL
C-13	100	100	100	99.72	99.56	99.46	99.32	36.97	20.03	16.94	CL
C-14	100	100	100	99.92	99.82	99.66	94.79	30.4	19.58	10.82	CH

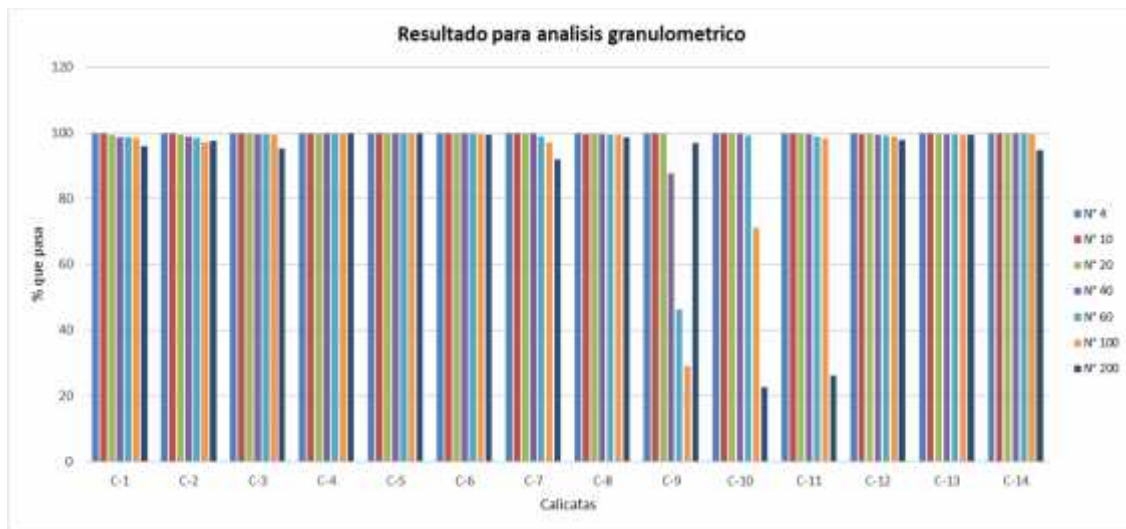
Fuente: Datos del estudio.

La tabla compara los resultados obtenidos para diferentes ensayos en diferentes puntos del área de estudio reflejadas en 14 calicatas. Los ensayos considerados para el estudio estuvieron la granulometría, los límites de consistencia, y la clasificación según SUCS.

Se puede apreciar claramente que el material predominante es la arcilla, teniendo como únicos puntos de muestra la calicata 10 y 11, como arena limosa sin límite plástico.

Por otro lado, se puede observar que existe una gran cantidad de finos, superando el 90 % que pasa la malla N° 200, variando solo en la calicata 10 y 11 un porcentaje de 22.78 y 26.09 respectivamente.

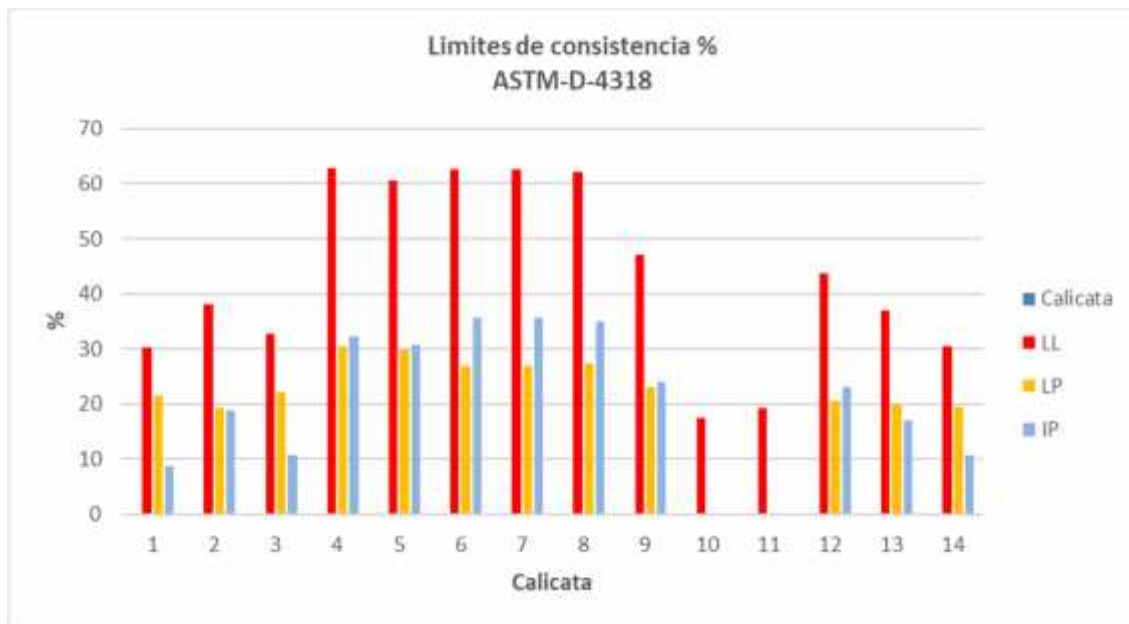
Gráfico 1: Análisis granulométrico de muestras de suelo



Fuente: Datos del estudio.

En el gráfico se puede visualizar claramente que, en su mayoría de las calicatas, éstas tienden a pasar la totalidad de las mallas hasta llegar a la N° 200 (color azul), donde más del 90% pasan mostrando la gran cantidad de finos que se encuentran en el área de trabajo clasificado como arcillas. Por otro lado, se observa que las calicatas 10 y 11 muestran un disminuido porcentaje de finos, siendo clasificado por el método SUCS como arenas limosas.

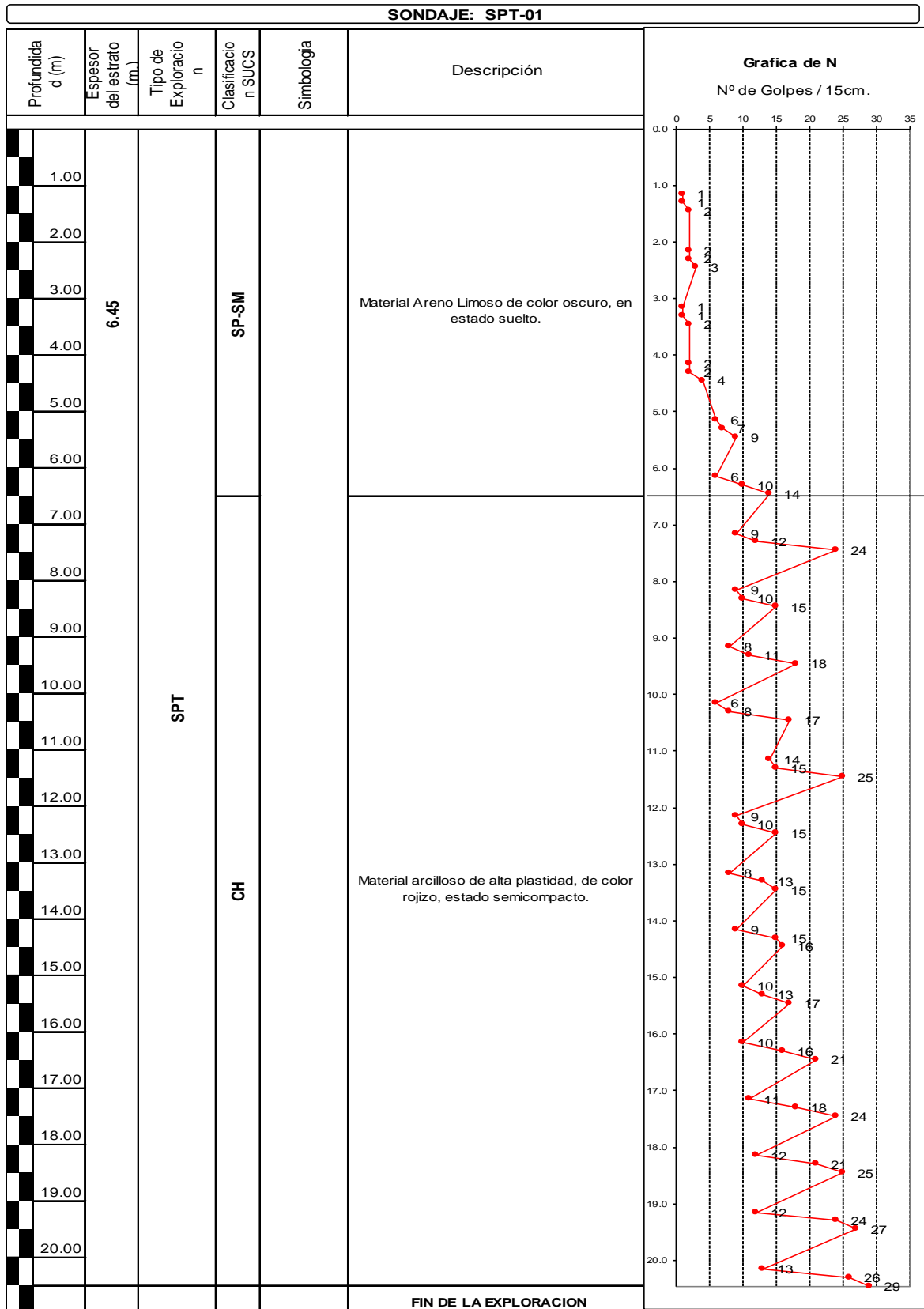
Gráfico 2: Límites de consistencia



Fuente: Datos del estudio.

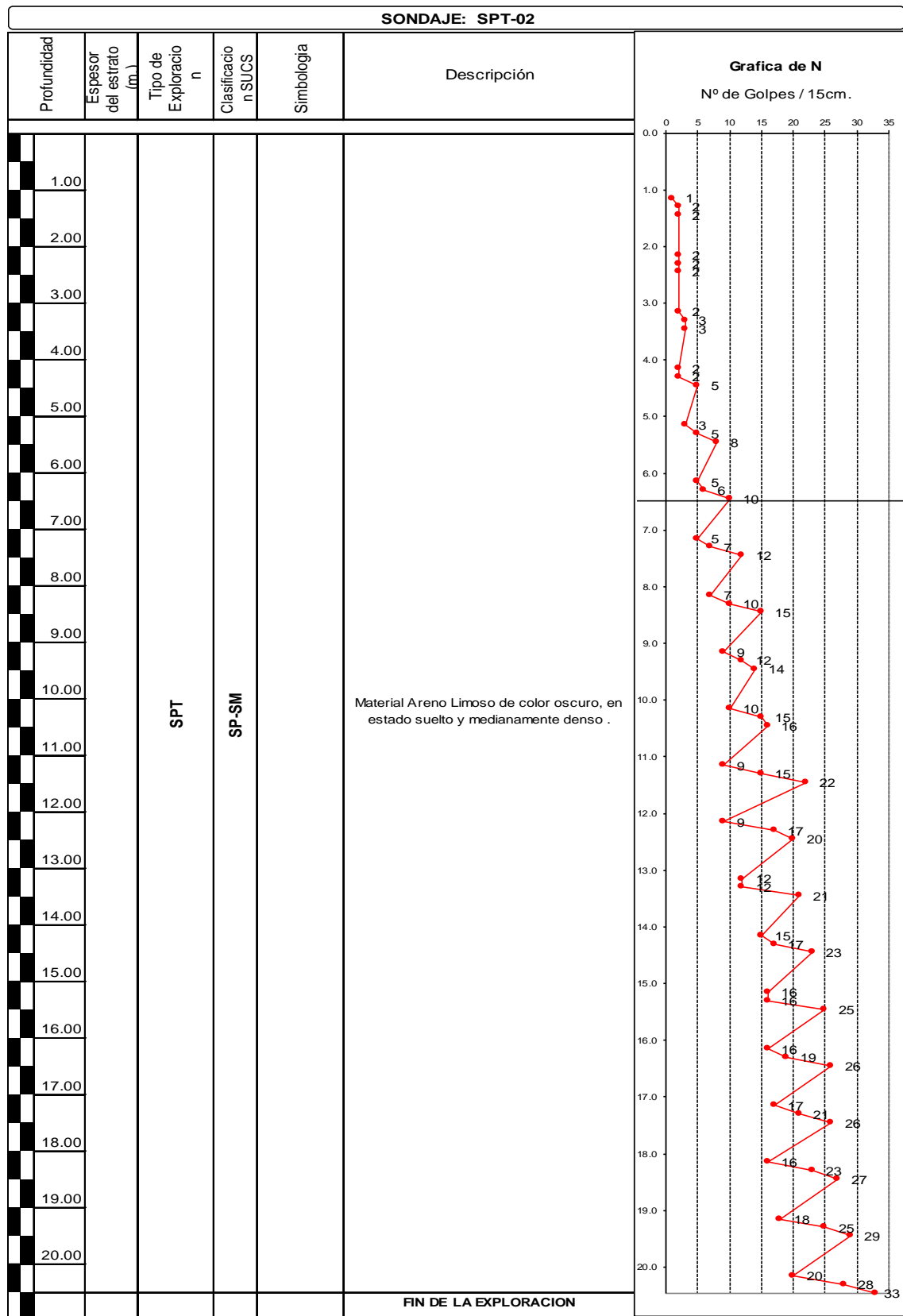
El gráfico que antecede muestra los índices de plasticidad de las muestras del área de estudio, se puede apreciar por los resultados que existe gran cantidad de partículas finas de forma laminar, las cuales ejerce gran influencia en la compresibilidad del suelo o área a fundar. De acuerdo con lo observado, en los resultados no sería adecuado el uso de cimentación superficial en esta área.

Gráfico 3: Sondaje Stándar penetration test (SPT) - 01



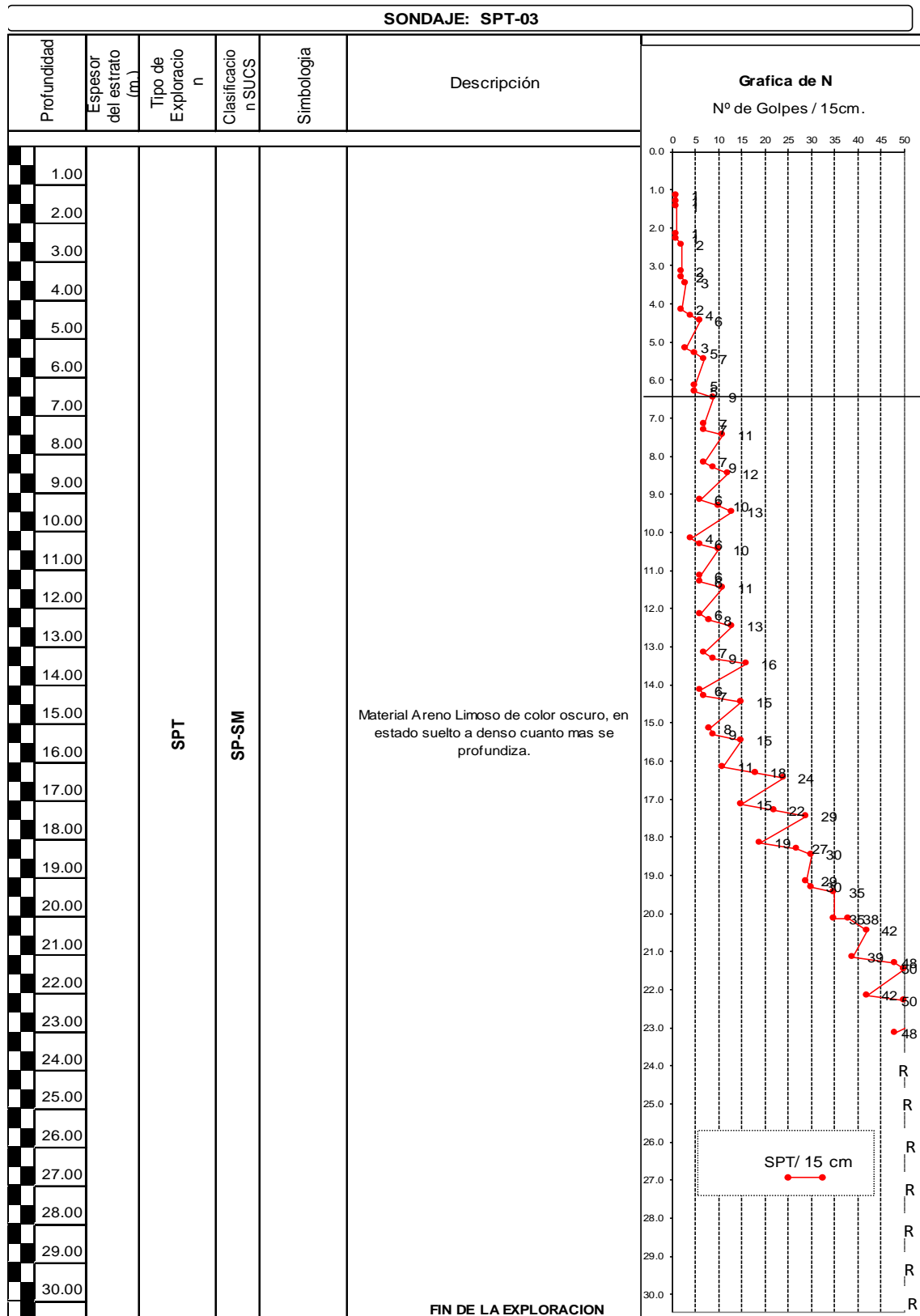
Fuente: Datos del estudio.

Gráfico 4: Sondaje Stándar penetration test SPT - 02



Fuente: Datos del estudio.

Gráfico 5: Sondaje Stándar penetration test SPT - 03



Fuente: Datos del estudio.

En la determinación de la profundidad de cimentación se utilizó el método propuesto por Décourt & Quaresma, para tal efecto. Realizado los cálculos respectivos se obtuvo los siguientes resultados para cada sondeo SPT.

Cuadro N° 02: Calculo de profundidad mínima de cimentación Perforación 01

CAPACIDAD DE SOPORTE EN PILOTES															Carga Actuante (t)			
METODO DECOURT & QUARESMA (1978, 1982)															Total 70.0			
															No. de Pilotes 1.0			
															por Pilote 70.0			
Muestra		Sondaje SPT 01																
Lugar		Laguna de Yarínacocha																
															FS	FS (1)	FS (2)	
															Global	Diferencial	Diferencial	
															Qadm(t)	Qadm(t)	Qadm(t)	Qadm
															1.5	2.9	2.6	
CARACTERISTICA DEL PILOTE		Z (m)	SPT	SPT _{efet}	Tipo de Suelo	C (t/m2)	α	β	N _{med. lat}	Ql(t)	N _{med. Point}	Qp(t)	Quit(t)	Qadm(t)	Qadm(t)	Qadm(t)	Qadm	
Tipo: Concreto		1	1	3	Arena limosa	25	1.00	1.00	3.0	3.830	3.0	0.00	3.8	1.5	2.9	2.6	No cumple	
Sección: D_24"		2	6	6	Arena limosa	25	1.00	1.00	6.0	11.491	6.0	0.00	11.5	4.6	8.8	7.7	No cumple	
Diámetro (m): 0.610		3	6	6	Arena limosa	25	1.00	1.00	5.0	15.321	6.0	0.00	15.3	6.1	11.8	10.2	No cumple	
Área de punta: (m²): 0.000		4	5	5	Arena limosa	25	1.00	1.00	5.0	20.428	5.0	0.00	20.4	8.2	15.7	13.6	No cumple	
Perímetro (m): 1.915		5	12	12	Arena limosa	25	1.00	1.00	6.4	30.003	12.0	0.00	30.0	12.0	23.1	20.0	No cumple	
Tipo de Suelo		6	22	22	Arena limosa	25	1.00	1.00	9.0	45.963	22.0	0.00	46.0	18.4	35.4	30.6	No cumple	
C (tn/m²)		7	33	33	Arcillas	12	1.00	1.00	12.4	68.944	33.0	0.00	68.9	27.6	53.0	46.0	No cumple	
Arcillas		8	45	45	Arcillas	12	1.00	1.00	16.5	99.586	45.0	0.00	99.6	39.8	76.6	66.4	No cumple	
Arcilla limosa		9	33	33	Arcillas	12	1.00	1.00	18.3	122.567	33.0	0.00	122.6	49.0	94.3	81.7	No cumple	
Arena limosa		10	35	35	Arcillas	12	1.00	1.00	20.0	146.825	35.0	0.00	146.8	58.7	112.9	97.9	No cumple	
Arenas		11	39	39	Arcillas	12	1.00	1.00	21.7	173.637	39.0	0.00	173.6	69.5	133.6	115.8	No cumple	
Bloque cimentación		12	49	49	Arcillas	12	1.00	1.00	24.0	206.832	49.0	0.00	206.8	82.7	159.1	137.9	OK	
Relleno		13	33	33	Arcillas	12	1.00	1.00	24.7	229.814	33.0	0.00	229.8	91.9	176.8	153.2	OK	
		14	37	37	Arcillas	12	1.00	1.00	25.6	255.349	37.0	0.00	255.3	102.1	196.4	170.2	OK	
		15	41	41	Arcillas	12	1.00	1.00	26.6	283.437	41.0	0.00	283.4	113.4	218.0	189.0	OK	
		16	40	40	Arcillas	12	1.00	1.00	27.4	310.887	40.0	0.00	310.9	124.4	239.1	207.3	OK	
		17	48	48	Arcillas	12	1.00	1.00	28.6	343.444	48.0	0.00	343.4	137.4	264.2	229.0	OK	
		18	54	50	Arcillas	12	1.00	1.00	29.8	377.278	50.0	0.00	377.3	150.9	290.2	251.5	OK	
		19	58	50	Arcillas	12	1.00	1.00	30.9	411.111	50.0	0.00	411.1	164.4	316.2	274.1	OK	
		20	64	50	Arcillas	12	1.00	1.00	31.9	444.945	50.0	0.00	444.9	178.0	342.3	296.6	OK	

Fuente: Datos del estudio.

A partir del cuadro anterior podemos establecer que la profundidad adecuada de cimentación en esta área está a 12 metros como mínimo, también se puede observar que hasta los 6 primeros metros predomina la arena limosa, y posteriormente aparece el estrato de arcillas hasta el final de la penetración **(Grafico N° *Stándar penetration test* SPT - 01)**.

Cuadro N° 03: Calculo de profundidad mínima de cimentación Perforación 02

CAPACIDAD DE SOPORTE EN PILOTES															Carga Actuante (t)			
METODO DECOURT & QUARESMA (1978, 1982)															Total	70.0		
															No. de Pilotes	1.0		
															por Pilote	70.0		
Muestra : Sondaje SPT 02 Lugar : Laguna de Yarinacocha															FS	FS (1)	FS (2)	Qadm
															Global	Diferencial	Diferencial	
Z (m)	SPT	SPT _{efet}	Tipo de Suelo	C (t/m ²)	α	β	N _{med. lat}	Ql(t)	N _{med. Point}	Qp(t)	Qult(t)	Qadm(t)	Qadm(t)	Qadm(t)				
CARACTERISTICA DEL PILOTE																		
Tipo:	Concreto	1	3	Arena limosa	25	1.00	1.00	3.0	3.830	3.0	0.00	3.8	1.5	2.9	2.6	No cumple		
Sección:	D_24"	2	7	Arena limosa	25	1.00	1.00	7.0	12.767	7.0	0.00	12.8	5.1	9.8	8.5	No cumple		
Diámetro (m)	0.610	3	6	Arena limosa	25	1.00	1.00	5.3	15.959	6.0	0.00	16.0	6.4	12.3	10.6	No cumple		
Área de punta: (m ²):	0.000	4	8	Arena limosa	25	1.00	1.00	6.0	22.981	8.0	0.00	23.0	9.2	17.7	15.3	No cumple		
Perímetro (m):	1.915	5	10	Arena limosa	25	1.00	1.00	6.8	31.280	10.0	0.00	31.3	12.5	24.1	20.9	No cumple		
Tipo de Suelo	C (tn/m ²)	6	18	Arena limosa	25	1.00	1.00	8.7	44.686	18.0	0.00	44.7	17.9	34.4	29.8	No cumple		
Arcillas	12	7	21	Arena limosa	25	1.00	1.00	10.4	60.007	21.0	0.00	60.0	24.0	46.2	40.0	No cumple		
Arcilla limosa	20	8	26	Arena limosa	25	1.00	1.00	12.4	78.520	26.0	0.00	78.5	31.4	60.4	52.3	No cumple		
Arena limosa	25	9	34	Arena limosa	25	1.00	1.00	14.8	102.139	34.0	0.00	102.1	40.9	78.6	68.1	No cumple		
Arenas	40	10	36	Arena limosa	25	1.00	1.00	16.9	127.036	36.0	0.00	127.0	50.8	97.7	84.7	No cumple		
Bloque cimentación	0	11	40	Arena limosa	25	1.00	1.00	19.0	154.486	40.0	0.00	154.5	61.8	118.8	103.0	No cumple		
Relleno	20	12	46	Arena limosa	25	1.00	1.00	21.3	185.766	46.0	0.00	185.8	74.3	142.9	123.8	OK		
		13	49	Arena limosa	25	1.00	1.00	23.4	218.961	49.0	0.00	219.0	87.6	168.4	146.0	OK		
		14	48	Arena limosa	25	1.00	1.00	25.1	251.518	48.0	0.00	251.5	100.6	193.5	167.7	OK		
		15	56	Arena limosa	25	1.00	1.00	26.8	285.352	50.0	0.00	285.4	114.1	219.5	190.2	OK		
		16	57	Arena limosa	25	1.00	1.00	28.3	319.186	50.0	0.00	319.2	127.7	245.5	212.8	OK		
		17	62	Arena limosa	25	1.00	1.00	29.5	353.020	50.0	0.00	353.0	141.2	271.6	235.3	OK		
		18	63	Arena limosa	25	1.00	1.00	30.7	386.853	50.0	0.00	386.9	154.7	297.6	257.9	OK		
		19	68	Arena limosa	25	1.00	1.00	31.7	420.687	50.0	0.00	420.7	168.3	323.6	280.5	OK		
		20	74	Arena limosa	25	1.00	1.00	32.6	454.521	50.0	0.00	454.5	181.8	349.6	303.0	OK		

Fuente: Datos del estudio.

Del cuadro anterior se desprende que la profundidad adecuada de cimentación en esta área está a 12 metros como mínimo, también se puede observar que todos los estratos implicados en el sondeo contienen en su estructura arena limosa, desde el inicio hasta el final de la penetración (**Grafico N° *Stándar penetration test* SPT - 02**).

Cuadro N° 04: Calculo de profundidad mínima de cimentación Perforación 03

CAPACIDAD DE SOPORTE EN PILOTES															Carga Actuante (t)		
METODO DECOURT & QUARESMA (1978, 1982)															Total	70.0	
															No. de Pilotes	1.0	
															por Pilote	70.0	
Muestra		Sondaje SPT 03															
Lugar		Laguna de Yarínacocha															
													FS	FS (1)	FS (2)		
													Global	Diferencial	Diferencial		
Z (m)	SPT	SPT _{ef}	Tipo de Suelo	C (t/m ²)	α	β	N _{med. lat}	Ql(t)	N _{med. Point}	Qp(t)	Qult(t)	Qadm(t)	Qadm(t)	Qadm(t)	Qadm		
CARACTERISTICA DEL PILOTE																	
Tipo:	Concreto	1	3	Arena limosa	25	1.00	1.00	3.0	3.830	3.0	0.00	3.8	1.5	2.9	2.6	No cumple	
Sección:	D_24"	2	4	Arena limosa	25	1.00	1.00	4.0	8.937	4.0	0.00	8.9	3.6	6.9	6.0	No cumple	
Diámetro (m)	0.610	3	5	Arena limosa	25	1.00	1.00	4.0	13.406	5.0	0.00	13.4	5.4	10.3	8.9	No cumple	
Área de punta: (m ²):	0.000	4	7	Arena limosa	25	1.00	1.00	4.8	19.790	7.0	0.00	19.8	7.9	15.2	13.2	No cumple	
Perímetro (m):	1.915	5	13	Arena limosa	25	1.00	1.00	6.4	30.003	13.0	0.00	30.0	12.0	23.1	20.0	No cumple	
Tipo de Suelo	C (tn/m ²)	6	17	Arena limosa	25	1.00	1.00	8.2	42.771	17.0	0.00	42.8	17.1	32.9	28.5	No cumple	
Arcillas	12	7	21	Arena limosa	25	1.00	1.00	10.0	58.092	21.0	0.00	58.1	23.2	44.7	38.7	No cumple	
Arcilla limosa	20	8	25	Arena limosa	25	1.00	1.00	11.9	75.966	25.0	0.00	76.0	30.4	58.4	50.6	No cumple	
Arena limosa	25	9	27	Arena limosa	25	1.00	1.00	13.6	95.117	27.0	0.00	95.1	38.0	73.2	63.4	No cumple	
Arenas	40	10	27	Arena limosa	25	1.00	1.00	14.9	114.269	27.0	0.00	114.3	45.7	87.9	76.2	No cumple	
Bloque cimentación	0	11	22	Arena limosa	25	1.00	1.00	15.5	130.228	22.0	0.00	130.2	52.1	100.2	86.8	No cumple	
Relleno	20	12	23	Arena limosa	25	1.00	1.00	16.2	146.825	23.0	0.00	146.8	58.7	112.9	97.9	No cumple	
		13	28	Arena limosa	25	1.00	1.00	17.1	166.615	28.0	0.00	166.6	66.6	128.2	111.1	No cumple	
		14	31	Arena limosa	25	1.00	1.00	18.1	188.320	31.0	0.00	188.3	75.3	144.9	125.5	OK	
		15	30	Arena limosa	25	1.00	1.00	18.9	209.386	30.0	0.00	209.4	83.8	161.1	139.6	OK	
		16	35	Arena limosa	25	1.00	1.00	19.9	233.644	35.0	0.00	233.6	93.5	179.7	155.8	OK	
		17	57	Arena limosa	25	1.00	1.00	21.6	267.478	50.0	0.00	267.5	107.0	205.8	178.3	OK	
		18	70	Arena limosa	25	1.00	1.00	23.2	301.311	50.0	0.00	301.3	120.5	231.8	200.9	OK	
		19	86	Arena limosa	25	1.00	1.00	24.6	335.145	50.0	0.00	335.1	134.1	257.8	223.4	OK	
		20	100	Arena limosa	25	1.00	1.00	25.9	368.979	50.0	0.00	369.0	147.6	283.8	246.0	OK	

Fuente: Datos del estudio.

El cuadro anterior presenta una visión clara de la profundidad adecuada de cimentación, la cual, en esta área, debe realizarse a 14 metros como mínimo, también se puede observar que todos los estratos implicados en el sondeo contienen en su estructura arena limosa, desde el inicio hasta el final de la penetración. **(Grafico N° Stándar penetration test SPT - 03).**

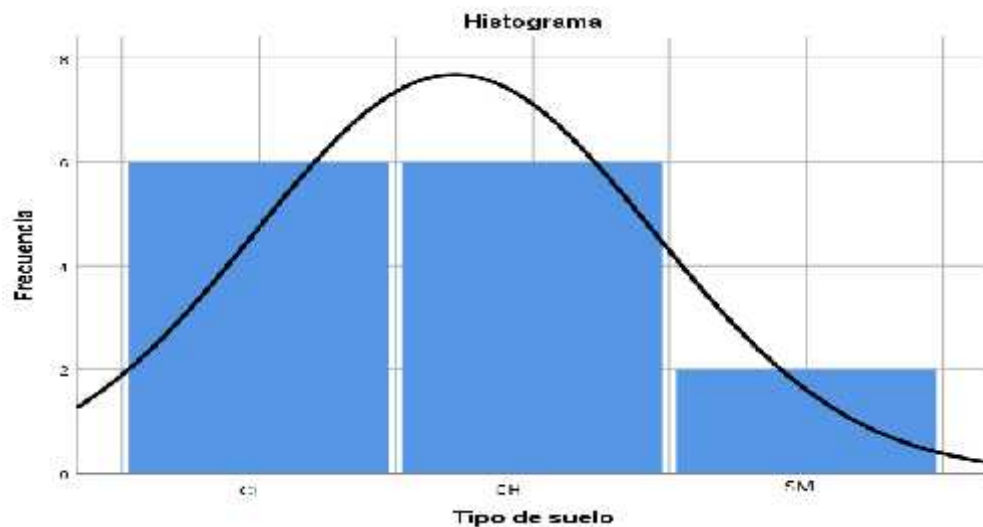
4.1.1. Análisis estadístico.

Tipo de suelo

		Frecuencia	Porcentaje válido
Válido	CL	6	42,9
	CH	6	42,9
	SM	2	14,3
	Total	14	100,0
Total		20	

Fuente: Los autores.

Como se puede observar en el cuadro y grafico existe prevalencia de arcillas con un total de 85.8% de presencia en el área de estudio y un 14.3 % de arena limosa.



Fuente: Los autores.

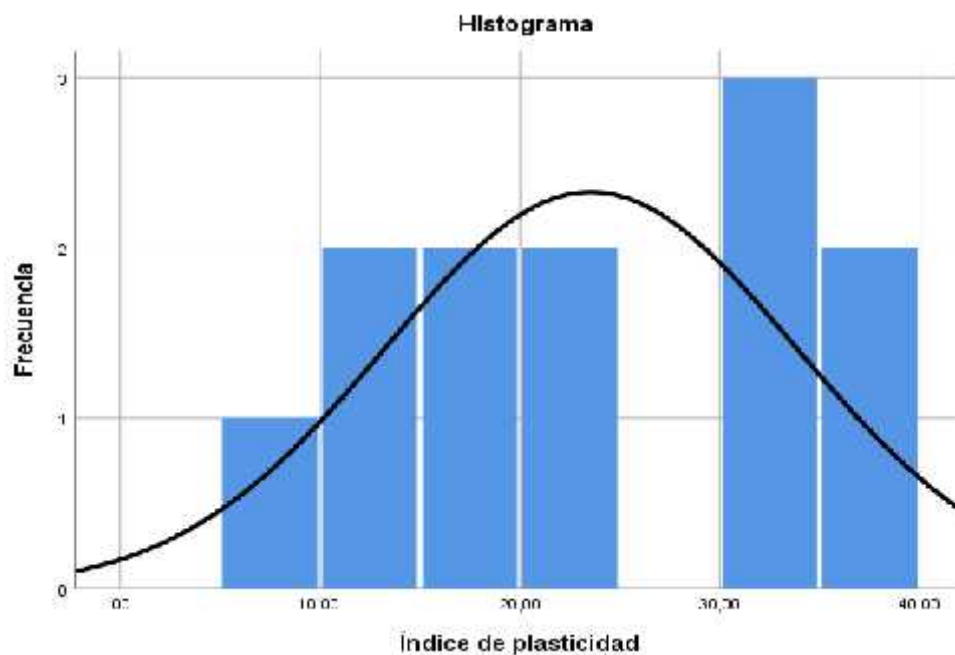
Índice de plasticidad

Estadísticos

Índice de plasticidad		
N	Válido	12
	Perdidos	8
Media		23,5492
Mediana		23,5650
Moda		35,68
Mínimo		8,77
Máximo		35,68

Fuente: Los autores.

De acuerdo al análisis realizado en el área de estudio se presenta un índice de plasticidad medio de 23.5, teniendo como máximo 35.68, y un mínimo de 8.77.



Fuente: Los autores.

Resistencia del suelo calculado mediante SPT Perforación 1

Estadísticos

Q KN spt1		
N	Válido	20
	Perdidos	0
Media		242,6205
Mediana		236,7300
Moda		9,96 ^a
Varianza		28859,294
Mínimo		9,96
Máximo		523,65

Fuente: Los autores.

Q KN spt1					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	9,96	1	5,0	5,0	5,0
	21,63	1	5,0	5,0	10,0
	27,34	1	5,0	5,0	15,0
	39,35	1	5,0	5,0	20,0
	70,61	1	5,0	5,0	25,0
	100,82	1	5,0	5,0	30,0
	131,02	1	5,0	5,0	35,0
	161,22	1	5,0	5,0	40,0
	191,42	1	5,0	5,0	45,0
	221,63	1	5,0	5,0	50,0
	251,83	1	5,0	5,0	55,0
	282,03	1	5,0	5,0	60,0
312,23	1	5,0	5,0	65,0	

	342,44	1	5,0	5,0	70,0
	372,64	1	5,0	5,0	75,0
	402,84	1	5,0	5,0	80,0
	433,05	1	5,0	5,0	85,0
	463,25	1	5,0	5,0	90,0
	493,45	1	5,0	5,0	95,0
	523,65	1	5,0	5,0	100,0
	Total	20	100,0	100,0	

Fuente: Los autores.

Resistencia del suelo calculado mediante SPT Perforación 2

Estadísticos

Q KN spt2		
N	Válido	20
	Perdidos	0
Media		244,6405
Mediana		146,5800
Moda		7,21 ^a
Varianza		60538,862
Mínimo		7,21
Máximo		775,40

Fuente: Los autores.

Q KN spt2					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
	7,21	1	5,0	5,0	5,0
	13,28	1	5,0	5,0	10,0
	21,79	1	5,0	5,0	15,0

Válido	26,95	1	5,0	5,0	20,0
	34,52	1	5,0	5,0	25,0
	48,46	1	5,0	5,0	30,0
	53,54	1	5,0	5,0	35,0
	73,52	1	5,0	5,0	40,0
	84,85	1	5,0	5,0	45,0
	123,19	1	5,0	5,0	50,0
	169,97	1	5,0	5,0	55,0
	219,98	1	5,0	5,0	60,0
	268,39	1	5,0	5,0	65,0
	325,87	1	5,0	5,0	70,0
	386,37	1	5,0	5,0	75,0
	453,15	1	5,0	5,0	80,0
	523,96	1	5,0	5,0	85,0
	599,96	1	5,0	5,0	90,0
	682,45	1	5,0	5,0	95,0
	775,40	1	5,0	5,0	100,0
	Total	20	100,0	100,0	

Fuente: Los autores.

Resistencia del suelo calculado mediante SPT Perforación 3

Estadísticos

Q KN spt3		
N	Válido	20
	Perdidos	0
Media		192,4275
Mediana		114,4100
Moda		6,58 ^a
Varianza		40928,866
Mínimo		6,58

Máximo	686,58
--------	--------

Fuente: Los autores.

Q KN SPT 3					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	6,58	1	5,0	5,0	5,0
	6,64	1	5,0	5,0	10,0
	13,54	1	5,0	5,0	15,0
	24,43	1	5,0	5,0	20,0
	24,84	1	5,0	5,0	25,0
	45,15	1	5,0	5,0	30,0
	48,23	1	5,0	5,0	35,0
	68,28	1	5,0	5,0	40,0
	76,15	1	5,0	5,0	45,0
	101,14	1	5,0	5,0	50,0
	127,68	1	5,0	5,0	55,0
	158,72	1	5,0	5,0	60,0
	194,86	1	5,0	5,0	65,0
	229,00	1	5,0	5,0	70,0
	266,08	1	5,0	5,0	75,0
	324,94	1	5,0	5,0	80,0
	396,56	1	5,0	5,0	85,0
	477,80	1	5,0	5,0	90,0
	571,35	1	5,0	5,0	95,0
	686,58	1	5,0	5,0	100,0
Total		20	100,0	100,0	

Fuente: Los autores

V. DISCUSIÓN

Hipótesis General: La resistencia y capacidad portante del suelo arcilloso en la rivera de la laguna Yarinacocha es baja por lo tanto el tipo de cimentación a utilizarse es del tipo cimentación profunda (Pilotes).

Para poder determinar el tipo de cimentación a utilizar, es necesario conocer las propiedades y características de cada uno de los suelos encontrados. Así como su granulometría, plasticidad, ángulo de fricción interna del suelo, cohesión, peso específico y otros encontrando capacidad portante del suelo. Siendo nuestros resultados los esperados, debido a los antecedentes estudiados en esta investigación.

Hipótesis Específica 1: Considerar que las características y resistencia del suelo presentes en el área de fundación del malecón San José de Yarinacocha no permitan hacer cimentaciones superficiales para los tipos de carga a utilizar.

En el caso de esta investigación se definió las características del suelo del área de estudio, estos resultados (**Cuadro N° 01**) permitieron determinar el tipo de cimentación a emplear en la zona a cimentar que consistió en pilotes.

Cuadro N° 01 Resumen de Características del suelo del área de estudio

Calicata	Análisis granulométrico por tamices ASTM-D-422							Límites de consistencia % ASTM-D-4318			Clasificación ASTM-D-2487
	N°	Porcentaje acumulativo que pasa en peso						LL	LP	IP	SUCS
	N° 4	N° 10	N° 20	N° 40	N° 60	N° 100	N° 200				
C-1	100	99.86	99.41	98.81	98.64	98.41	95.82	30.29	21.52	8.77	CL
C-2	100	99.83	99.42	99.01	98.51	97.17	97.43	38.09	19.17	18.92	CL
C-3	100	100	100	99.73	99.64	99.48	95.25	32.77	22.09	10.68	CL
C-4	100	100	100	99.96	99.93	99.89	99.85	62.75	30.41	32.34	CH
C-5	100	100	100	99.96	99.91	99.86	99.81	60.65	29.9	30.75	CH
C-6	100	100	100	99.91	99.8	99.69	99.49	62.52	26.84	35.68	CH
C-7	100	100	100	99.92	99.04	97.08	91.94	62.52	26.84	35.68	CH
C-8	100	99.77	100	99.57	99.48	99.36	98.81	62.13	27.25	34.88	CH
C-9	100	100	100	87.57	46.2	29.002	96.92	47.19	23.18	24.01	CL
C-10	100	100	100	99.92	99.17	71.17	22.78	17.47		NP	SM
C-11	100	99.85	100	99.58	99.06	98.46	26.09	19.32		NP	SM
C-12	100	99.77	100	99.38	99.18	98.86	97.88	43.62	20.5	23.12	CL
C-13	100	100	100	99.72	99.56	99.46	99.32	36.97	20.03	16.94	CL
C-14	100	100	100	99.92	99.82	99.66	94.79	30.4	19.58	10.82	CH

Fuente: Datos del estudio.

En el recorrido de la localidad de San José y en la zona aledaña a la laguna Yarinacocha se ha observado que, las construcciones tienen cimentaciones superficiales, por lo que la primera hipótesis es conservar el diseño del entorno dada las características económicas que presenta una cimentación superficial, sin embargo dependerá de las cargas muertas y vivas que con la combinación de envolventes y agentes externos como son: sismo y en especial vientos para conocer cuál es el esfuerzo actuante que tendrá el suelo versus el esfuerzo permisible como resistencia que ofrece el suelo; productos de este comparativo se conocerá la cimentación que se debe de plantear en el proyecto del Malecón.

Conociendo que la presente investigación parte de cargas actuantes entre 50 a 70 Toneladas, producto de diseños estándares para un malecón turístico se tiene que las cargas actuantes no son capaces de ser soportadas por la reacción permisible del suelo o capacidad portante del mismo, validando que para este tipo de suelo no se debe adoptar por cimentaciones superficiales.

Contrastando con nuestros antecedentes, Gonzales (2013) en su investigación hizo un análisis a los suelos del valle de México y así poder hacer un diseño de cimentación dando como resultado que en el área estudio se deberá realizar cimentaciones profundas tal como se ha obtenido en el presente estudio.

Hipótesis Específica 2: Plantear los materiales adecuados y procedimientos constructivos normativos de las cimentaciones definitivas en las áreas de fundación del malecón San José, Laguna Yarinacocha.

De acuerdo al resultado del perfil estratigráfico observado se pudo alcanzar en el diseño de la profundidad una resistencia adecuada mayor a los 10 metros como nivel de desplante, este estrato según los cálculos era adecuado para soportar las cargas de diseño. Para evaluar la capacidad resistente por punta y fricción de los pilotes, existen diferentes métodos teóricos que dependen de las condiciones físicas y mecánicas de los suelos, teniendo en cuenta parámetros importantes como el ángulo de fricción interna y la cohesión de los suelos, utilizando el método de SPT y con el método de Décourt & Quaresma.

Habiéndose determinado que para el tipo de obras como es el malecón de San José las cimentaciones profundas deben tener en consideración la utilización de pilotes hincados porque su proceso constructivo puede hacerse en áreas que no interrumpen las otras actividades como son movimiento de tierras y otras afines.

Las características de los pilotes hincados circulares de sección mínima 24" y concreto mínimo de $f'c$ 280 kg/cm² y con 12 metros de profundidad como mínimo a la cual hay que agregarle 1.20 metros para efectos del descabezado cuyos aceros quedarán embebidos en los cabezales de las cimentaciones.

López (2013) estudió las distintas tipologías en cimentaciones profundas utilizadas para edificaciones, concluyendo los principales defectos en su ejecución reconocimiento geológico insuficiente, replanteo mal ejecutado, excavación excesiva, sedimentación en punta de pilote, extirpación de las entubaciones provisionales, demasía de armado de pilote, nivel freático, uso inconveniente del fluido de estabilización, excavación de un pilote cerca de otro recientemente vaciado, tránsito en terreno blando, cerca de un pilote recién vaciado, y dificultades durante la excavación. El presente trabajo de investigación determinó utilizar pilotes pre fabricados.

Hipótesis Específica 3: Planteamiento de modelos de cimentaciones seguros y económicos posibles.

En el presente estudio de investigación se determinó que la cimentación segura y económica a utilizar es una cimentación profunda con una altura de 12m, proponiendo un pilote prefabricado de concreto con un diámetro de 60" de acuerdo a los resultados obtenidos por la clasificación de los suelos.

Como producto del ensayo de penetración estándar (SPT) se determinó la altura de hincado por pilote y a su vez cual es la capacidad de resistencia por fricción que cada pilote ofrece. Por lo tanto, en base a las cargas puntuales actuantes se sabrá la cantidad de pilotes necesarios para plantear el modelo de cimentación adecuada por pilotaje.

Contrastando con nuestros antecedentes, Veneros (2006) realizó su estudio para hallar la capacidad de carga de los pilotes asistido con programas de cómputo. En este trabajo de investigación se utilizó el programa de Microsoft Office Excel.

VI. CONCLUSIONES

1. Con respecto al objetivo general **Analizar suelos arcillosos para diseñar cimentaciones con pilotes en el malecón San José, Laguna Yarinacocha obtenida mediante el ensayo de penetración estándar (SPT)**. Se concluye que de acuerdo a la caracterización de los suelos en el área de estudio se obtuvo como resultado que en su mayoría hay presencia de suelos arcillosos, teniendo como resultado una capacidad portante baja proponiendo como cimentación a una cimentación profunda mediante pilotes.
2. Con respecto al objetivo 1 **Mediante ensayos específicos de mecánica de suelos, determinar las características y resistencia del suelo presentes en el área de fundación del malecón San José, Laguna Yarinacocha**. Se determinaron las características y resistencia del suelo. Según los resultados de las investigaciones geotécnicas se tienen perfiles estratigráficos compuestos por arcillas de alta plasticidad (CH), y por arcillas de baja plasticidad (CL) y una mínima cantidad, compuesto por arenas. Estas arenas son arenas finas de baja plasticidad o no plásticas, clasificadas como SM o SC según SUCS. En ningún caso se encontró afloramientos rocosos, ni material de tipo agregado grueso.
3. Con respecto al objetivo 2 **Identificar las características de la cimentación adoptadas para los suelos en las áreas de fundación del malecón San José, Laguna Yarinacocha**. Se identificaron las características de la cimentación mediante la caracterización adecuada del subsuelo del borde costero del malecón se realizaron sondeos de 20 metros de profundidad, a cada metro de profundidad se realizaron tres ensayos de penetración SPT, de los resultados se obtuvieron valores de capacidad de carga de los pilotes, para diámetros de 24". Para una carga específica de 70 ton.
4. Con respecto al objetivo 3 **Conocida la profundidad de cimentación establecer si el estrato final no va a sufrir asentamientos o deformaciones mayores a las permisibles**. Mediante el método de Décourt & Quaresma se determinó la profundidad adecuada de cimentación que para el área de estudio se

distribuyó en 12 metros de profundidad para sondeo SPT 01, 12 metros de profundidad para sondeo SPT 02, 14 metros de profundidad para sondeo SPT 03, para una carga de 70 ton, así mismo se determinó por el método mencionado, pilotes de concretos vaciados en el sitio de diámetro de 24”.

5. Por último, el presente estudio es concluyente como contribuciones notables a la resolución de la problemática analizado en el estudio, proporcionando evidencia para una cimentación profunda y adecuada en el área de estudio.

VII. RECOMENDACIONES

1. Para evaluar la capacidad resistente por punta y fricción de los pilotes, existen diferentes métodos teóricos que dependen de las condiciones físicas y mecánicas de los suelos, teniendo en cuenta parámetros importantes como el ángulo de fricción interna y la cohesión de los suelos, obtenidas a través de las propiedades índices, utilizando el método de SPT y CPT. Se recomienda para cimentaciones profundas realizar ensayos de laboratorio más especializados como la prueba triaxial, debido que se obtienen datos más precisos para evaluar la capacidad última del suelo.
2. Se recomienda realizar in situ ensayos para determinar la capacidad de carga de los pilotes, y así poder determinar la carga máxima de falla de un pilote o grupo de pilotes que se consideren en la obra.
3. Se recomienda realizar este cálculo para determinar si los pilotes serán capaces de soportar una carga sin asentamiento excesivo o continuo.
4. Se recomienda que durante el proceso constructivo se debe hacer un análisis sobre la necesidad o no, de colocar fuste o protección tipo casquete a la punta de los pilotes.
5. Con el presente estudio se estaría contribuyendo a que se pueda cristalizar un proyecto turístico como es el Malecón del distrito de San José con la seguridad que tenga una vida útil mínima de 50 años; y a su vez pueda ser fuente de ingreso a su población por medio del turismo llamada muy bien industria blanca o ecológica.

REFERENCIAS

1. ALVA, Jorge. Diseño de cimentaciones profundas [en línea]. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2017 [fecha de consulta: 16 de febrero de 2021].
Disponible en: http://www.jorgealvahurtado.com/files/labgeo25_a.pdf
2. ANDRADES, Marisol, MOLINER, Ana y MASAGUER, Alberto. Prácticas de edafología. Métodos didácticos para análisis de suelos. España: Universidad de la Rioja, 2015. 78 pp.
ISBN: 9788460851172
3. AOKI, Norihiko. Aspectos geotécnicos da interacción estructura macizo de suelos. SEFE II 2º Seminário Engenharia Fundações Especiais. São Paulo, 1991. 292 pp.
4. BERNADEZ, Rodal. Prueba de carga dinámica de un pilote prefabricado apoyado en una arena arcillosa densa. Procceding XI Congreso Brasileño de Mecánica de Suelos e Ingeniería Geotecnica, 1998. 1541 pp.
5. CANALES, Carlos. Diseño de cimentaciones. Lima: Universidad Faustino Sánchez Carrión, 2018. 132 pp.
6. CÉPEDA, Elías. Análisis comparativo de cimentación profunda de un centro comercial con pilotes excavados y micropilotes. Pontifica Universidad Católica del Perú, 2020. P. 88.
7. BAKROON, Montaser, RACKWITZ, Frank y AUBRAM, Daniel. Geotechnical large deformation numerical analysis using implicit and explicit integration [en línea]. Berlin: Technische Universität Berlin, 2017. [fecha de consulta: 31 de enero de 2021]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/>
8. CHIRINOS, Albert. Diferencia entre arcilla y greda. [s.f.] Disponible en: <https://www.diferencias.cc/arcilla-greda/>
9. CHOUDHURY, Jamilur y HASNAT, Ariful. Bridge collapses around the world: Causes and mechanisms. Dhaka: University of Asia Pacific, Agosto 2015. 10 pp. ISBN: 978-984-33-9313-5
10. CRESPO, Carlos. Mecánica de suelos y cimentaciones. 5a ed. México: Limusa, 2004. 650 pp.
ISBN: 9681864891

11. DAS, Braja. Fundamentos de ingeniería de cimentaciones. 7a ed. México: Cengage Learning, 2012. 498 pp.
ISBN: 9876074818239
12. DELGADO, M. Ingeniería de Fundaciones. Ed. E.C.Ing. Colombia. 2002.
13. DELGADO, V. Manuel. Ingeniería de Fundaciones, Fundamentos e Introducción al Análisis Geotécnico, Editorial Escuela colombiana de Ingeniería, Tercera edición, 2005. P. 465.
14. GARCÍA Gamallo, Ana. La evolución de las cimentaciones en la historia de la arquitectura desde la prehistoria hasta la primera revolución industrial. Departamento de estructuración de edificación E.T.S. arquitectura. Colombia. 1997. P. 475.
15. GARRIDO, Soledad. Interpretación de análisis de suelos. Madrid: Ministerio de agricultura pesca y alimentación, 2006. 40 pp.
ISBN: 8434108100
16. GEOTÉCNICA. Ensayo de Penetración Estándar SPT (Standar Penetration Test), 2019. Disponible en: <https://geotecniafacil.com/ensayo-de-penetracion-estandar-spt/>
17. GONZALES, E. Análisis y diseño de una cimentación profunda a base de pilas y muros Milán de un rascacielos en el valle de México. Tesis para la obtención de título de ingeniero civil. Universidad nacional autónoma de México, 2013.
18. HERNÁNDEZ Rodríguez, Sindy. "Diseño y Construcción de Cimentaciones Profundas Para Subestaciones Eléctricas, 2013. P.128.
19. HIGUERA, Carlos, GOMEZ, Jenny y PARDO, Oscar. Caracterización de un suelo arcilloso tratado con hidróxido de calcio. Colombia, Revista Facultad de Ingeniería, UPTC, 21 (32). 21-40, enero-junio 2012.
ISSN: 0121-1129
20. JIMÉNEZ, José. Geotecnia y cimientos. 2a ed. Madrid: Ediciones Rueda, 1996. 498 pp.
ISBN: 8472070085
21. JIMÉNEZ , Juan. Curso sobre pilotajes y cimentaciones especiales. Madrid: CEDEX. Tomo I y II, 1994. 180 pp.
22. JOPERT J. Cimentaciones y contención de edificios. Pini Sao Paulo. Brasil, 2007.

23. LOPEZ, G. (s.f.). Diseño de cimentaciones profundas. México D.F.
24. LOPEZ Rodríguez, Ignacio. Cimentaciones Profundas Ejecución de Pilotes de Extracción. Colombia: Universidad Politécnica de Cartagena, 2013. P. 172.
25. LLORCA, J. (s.f.). Sobre la edificación en arcillas expansivas. Informes de la construcción. Consejo superior de investigación científica. N° 321.
26. MENDOZA, Manuel. Comportamiento y diseño de cimentaciones profundas [en línea]. México: Ediciones AEI, 2007 [fecha de consulta: 17 de febrero de 2021].
 Disponible en: https://www.construccionenacero.com/sites/construccionenacero.com/files/u11/ci_34_34183_comportamiento_y_diseno_de_cimentaciones_profundas_en_ciudad_de_mexico.pdf
27. MONTOYA, Javier y PINTO, Francisco. Cimentaciones [en línea]. Mérida: Universidad de los Andes, 2010 [fecha de consulta: 17 de febrero de 2021].
 Disponible en: <https://avdiaz.files.wordpress.com/2008/08/cimentaciones-y-fundaciones.pdf>
28. MONTEIRO, P. Capacidad de carga de pilote, Método de Aoki Velloso, 2002
29. MORENO, Alberto. Cimentaciones profundas: pilotes. Madrid - España. Fundación MUSAAT, (C): 1, 2018.
 ISSN: 2340-7573
30. NINANYA. "Evaluación de la capacidad de carga de pilotes excavados en arcillas a través de métodos estáticos y pruebas de carga" Tesis para la obtención de título de ingeniero civil. Universidad Ricardo Palma. Perú, 2018.
31. PECK, Ralph, HANSON, Walter y THORNBURN, Thomas. Ingeniería de cimentaciones. Madrid: Limusa, 2002. 560 pp.
 ISBN: 9789681814144
32. RODRÍGUEZ, William. Fundamentos de ingeniería geotécnica, suelos y cimentaciones [en línea]. Chiclayo: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, 2019 [fecha de consulta: 16 de febrero de 2021].
 Disponible en: https://www.academia.edu/43675693/INGENIER%C3%8DA_GEOT%C3%89CNICA_2020_Suelos_y_Cimentaciones

33. RODRÍGUEZ-MONTEVERDE, Pilar. Estudios geotécnicos y cimentaciones [en línea]. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, 2017 [fecha de consulta: 17 de febrero de 2021].
Disponibile en: <https://www.arquitectosdecadiz.com/wp-content/uploads/2017/12/ponencia-rodriguez-monteverde-seleccion-de-cimentaciones1.pdf>
34. SCHNAID, F. Ensayos de Campo y sus aplicaciones a la ingeniería de cimentaciones. Oficina de textos, Sao Paulo. Brasil, 2000.
35. SOWERS, George. Introducción a la mecánica de suelo y cimentaciones. La Habana. Editorial Pueblo y Educación, 1977. 677 pp.
36. TOMLINSON, Michael y WOODWARD, John. Práctica de diseño y construcción de pilotes 6ta edición. New York: Taylor & Francis e library. 2014. 608 pp.
ISBN: 9780429168840
37. TOMLINSON, J. Cimentaciones Diseño y Construcción. Editorial Trillas S.A. México, 2013.
38. VARGAS, Z. La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica. Revista educación. Universidad de Costa Rica Vol. 33. Núm. 1. 165 pp. Costa Rica, 2009.
39. VENEROS, L. Análisis y diseño de cimentaciones profundas, asistido con programas de cómputo –aplicación puente Yuracyacu. Tesis para la obtención de título de ingeniero civil. Universidad nacional de ingeniería. Perú, 2006.
40. ZAVIN, D. Pilotes y Cimentación sobre Pilotes. 1° edi. Ed. Técnicos y Asociados S.A. pp. 35-40. España, 1982.

ANEXOS

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN: “Análisis de Suelos Arcillosos para el Diseño de Cimentaciones Piloteadas en Malecón San José, Laguna Yarinacocha, Ucayali - 2020”

VARIABLES DE ESTUDIO		DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
VARIABLE INDEPENDIENTE	ANÁLISIS DE SUELOS ARCILLOSOS	La combinación de suelos arcillosos sobre consolidados en climas cálidos o áridos suele dar las condiciones más favorables para importantes cambios de volumen en el suelo.	Para el análisis de suelos arcillosos se inicia con la exploración del terreno mediante calicatas, se sacaron muestras de suelos para caracterizarlas.	Tamices	Características del suelo	%
				Equipo de Corte Directo	Capacidad de carga del suelo	KN
				Equipo de SPT	Resistencia a la penetración	KN/M2
				Equipo de SPT	N (SPT) muestra de suelo en profundidad.	CM
				Equipo de Corte Directo	Tipo de Pilotes: Hincados y de concreto.	RAZÓN
VARIABLES DE ESTUDIO		DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
VARIABLE DEPENDIENTE	DISEÑO DE LA CIMENTACIÓN CON PILOTES	El diseño estructural de cimentaciones profundas está directamente relacionado con el diseño geotécnico de la cimentación, los puntos que deberá tomarse en cuenta al diseñar es la estratigrafía, condiciones hidráulicas y propiedades mecánicas de compresibilidad, resistencia al esfuerzo cortante y permeabilidad.	Se utilizará el método empírico como método de cálculo según la disposición de correlaciones de ensayos de penetración SPT, fundamentando el cálculo en los métodos de Aoki Velloso y Décourt & Cuaresma.	Equipo de SPT	Profundidad de cimentación	M
				Equipo de SPT	Longitud de pilote	M
				Tamices	Área de sección	M2
				Equipo de Corte Directo	Material y tipo de pilote	RAZÓN

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN: “Análisis de Suelos Arcillosos para el Diseño de Cimentaciones Piloteadas en Malecón San José, Laguna Yarinacocha, Ucayali - 2020”

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES
<p>Formulación del problema principal ¿Cuál podría ser la resistencia del suelo arcilloso obtenido mediante el ensayo de penetración estándar (SPT) para el diseño de cimentaciones piloteadas en el malecón San José, Laguna Yarinacocha?</p>	<p>Objetivo general. Analizar suelos arcillosos para diseñar cimentaciones con pilotes en el malecón San José, Laguna Yarinacocha obtenida mediante el ensayo de penetración estándar (SPT).</p>	<p>Hipótesis General. La resistencia y capacidad portante del suelo arcilloso en la rívera de la laguna Yarinacocha es baja por lo tanto el tipo de cimentación a utilizarse es del tipo cimentación profunda (Pilotes).</p>	<p>Variable independiente. Análisis de suelos arcillosos.</p>	<p>Características del suelo. Capacidad de carga del suelo. Resistencia a la penetración. N (SPT) muestra de suelo en profundidad. Tipo de Pilotes: Hincados y de concreto.</p>
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICA	VARIABLES	INDICADORES
<p>- ¿Cuál será la capacidad portante y características del suelo presentes en el área de fundación del malecón San José, Laguna Yarinacocha?</p> <p>- ¿Cuáles serán los tipos de cimentaciones adecuadas para los suelos encontrados en las áreas de fundación del malecón San José, Laguna Yarinacocha?</p> <p>- ¿Qué profundidad de cimentación será segura, obtenida del ensayo de SPT para la fundación del malecón San José, Laguna Yarinacocha?</p>	<p>-Mediante ensayos específicos de mecánica de suelos, determinar las características y resistencia del suelo presentes en el área de fundación del malecón San José, Laguna Yarinacocha.</p> <p>- Identificar las características de la cimentación adoptadas para los suelos en las áreas de fundación del malecón San José, Laguna Yarinacocha.</p> <p>- Conocida la profundidad de cimentación establecer si el estrato final no va a sufrir asentamientos o deformaciones mayores a las permisibles.</p>	<p>-Considerar que las características y resistencia del suelo presentes en el área de fundación del malecón San José de Yarinacocha no permiten hacer cimentaciones superficiales para los tipos de carga a utilizar.</p> <p>-Plantear los materiales adecuados y procedimientos constructivos normativos de las cimentaciones definitivas en las áreas de fundación del malecón San José, Laguna Yarinacocha.</p> <p>-Planteamiento de modelos de cimentaciones seguros y económicos posibles.</p>	<p>Variable dependiente. Diseño de la cimentación profunda con pilotes.</p>	<p>Características del suelo. Profundidad de Cimentación. Longitud de pilote. Área de sección. Material y tipo de pilote.</p>

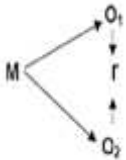
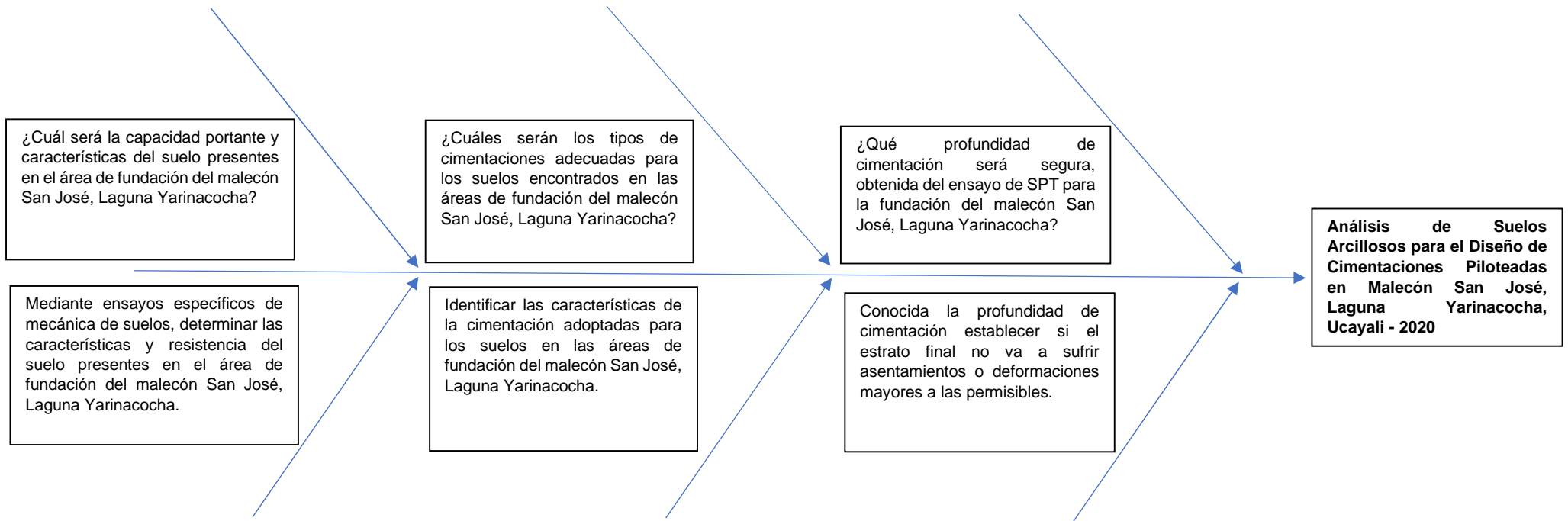
TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN	POBLACIÓN Y MUESTRA	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	TÉCNICAS DE RECOJO DE DATOS	PROCESAMIENTO Y PRESENTACIÓN DE DATOS
<p>El tipo de investigación a desarrollar es Aplicada, debido a que se utilizarán métodos y teorías establecidas con anterioridad, las cuales serán aplicadas en el estudio para alcanzar el objetivo fundamental de la investigación y proponer la solución del problema encontrado.</p> <p>El nivel de investigación es correlacional, ya que se relacionarán los resultados según las condiciones del suelo y su correlación con el tipo de cimentaciones profundas a utilizar.</p>	<p>El Universo del proyecto representa la rivera de la laguna Yarinacocha en el distrito de Yarinacocha y provincia de Coronel Portillo.</p> <p>Para determinar la muestra se utilizará el método no probabilístico e intencionado de acuerdo con la norma general para estudios de mecánica de suelos, tomándose muestras directamente del muelle San José de Yarinacocha.</p>	<p>Seguirá el siguiente diseño correlacional:</p>  <p>Este diseño incorpora el análisis a los grupos que componen el estudio de acuerdo con el tipo de cimentación y la capacidad portante de suelos a encontrarse.</p>	<p>Se utilizará el método empírico y analítico como método de cálculo según la disposición de correlaciones de ensayos de penetración estándar (SPT), fundamentando el cálculo en los métodos de Aoki Velloso y Décourt & Cuaresma.</p>	<p>Para el procesamiento de datos se utilizarán técnicas de estadística inferencial, e informática, así como análisis y síntesis bibliográficas.</p> <p>Para el procesamiento de resultados. Se realizará la determinación de la distribución normal de los datos para determinar la idoneidad de los resultados mediante la prueba de Kolmogorov Smirnov y Kruskal Wallis</p> <p>De resultar una distribución normal de los datos, se utilizará los métodos de tendencia central para una investigación descriptiva, así mismo para la determinación de la correlación se utilizará Pearson o Spearman, con la ayuda de los softwares Excel 2013, Minitab 5.0, Word 2016 Presentación de datos.</p> <p>Los datos se presentarán en tablas, cuadros, gráficos estadísticos etc.</p>

DIAGRAMA DE ISHIKAWA



FORMATOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D-422

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

CALICATA
MUESTRA
CANTIDAD
PROF. (m)

MALLAS	ABERTURA (mm)	P. RE. (gr)	RET. (%)	PASA (%)
-"				
2 1/2"				
2"				
1 1/2"				
1"				
4"				
1/2"				
3/8"				
1/4"				
N° 4				
N° 6				
N° 8				
N° 10				
N° 16				
N° 20				
N° 30				
N° 40				
N° 50				
N° 80				
N° 100				
N° 200				
-200				

RESULTADO DE ENSAYOS

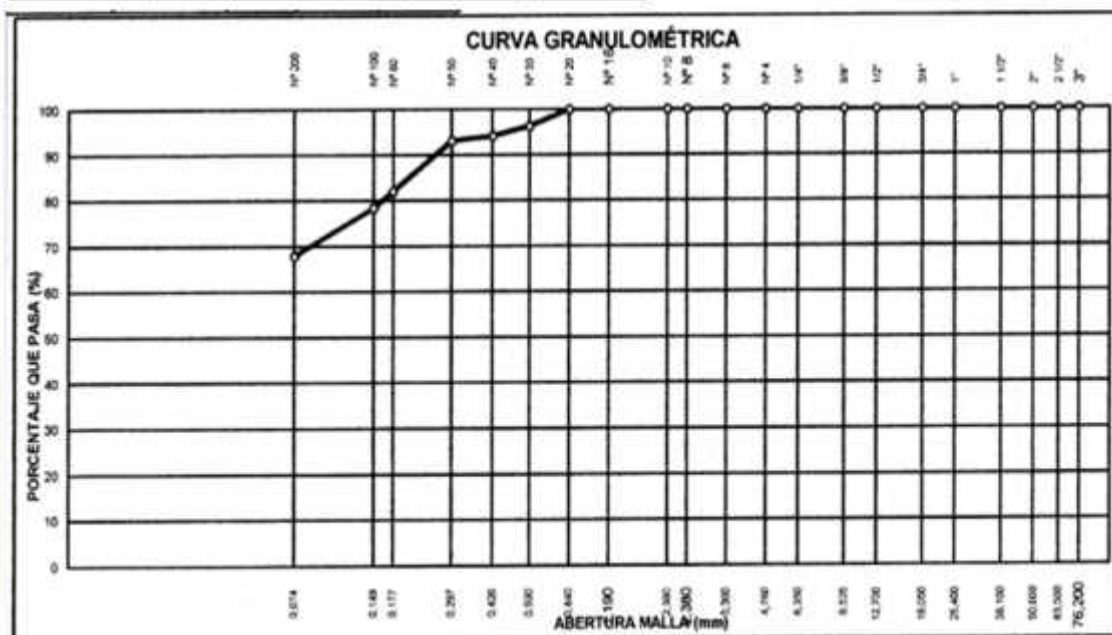
Limite Líquido	%
Limite Plástico	%
Índice de plasticidad	%
Cont. De Humedad	%

CLASIFICACIÓN

SUCS

AASHTO

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA



**DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D-2216**

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

CALICATA

MUESTRA

CANTIDAD

PROF. (m)

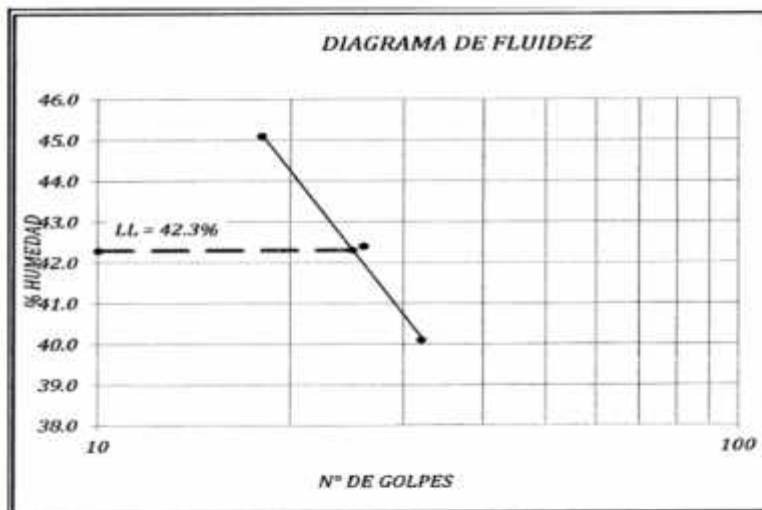
RECIPIENTE N°	8B	25B
Peso de suelo humedo + tara grs.		
Peso de suelo seco + tara grs.		
Peso de tara grs.		
Peso de agua grs.		
Peso de suelo seco grs.		
Contenido de agua %		
Contenido de humedad (%)		

LÍMITES DE ATTERBERG ASTM D-4318

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

CALICATA
MUESTRA
CANTIDAD
PROF. (m)

ENSAYO N°.	DESCRIPCIÓN	LÍMITE LIQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
		1	2	3	1	2
	Peso tara + Suelo húmedo	gr.				
	Peso tara + Suelo seco	gr.				
	Peso agua	gr.				
	Peso de tara	gr.				
	Peso suelo seco	gr.				
	Contenido de humedad	%				
	Número de golpes					



RESULTADOS DEL ENSAYO	
Límite Líquido	%
Límite Plástico	%
Índice de plasticidad	%

PESO ESPECÍFICO DE SÓLICOS
ASTM D-854

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

CALICATA

MUESTRA

CANTIDAD

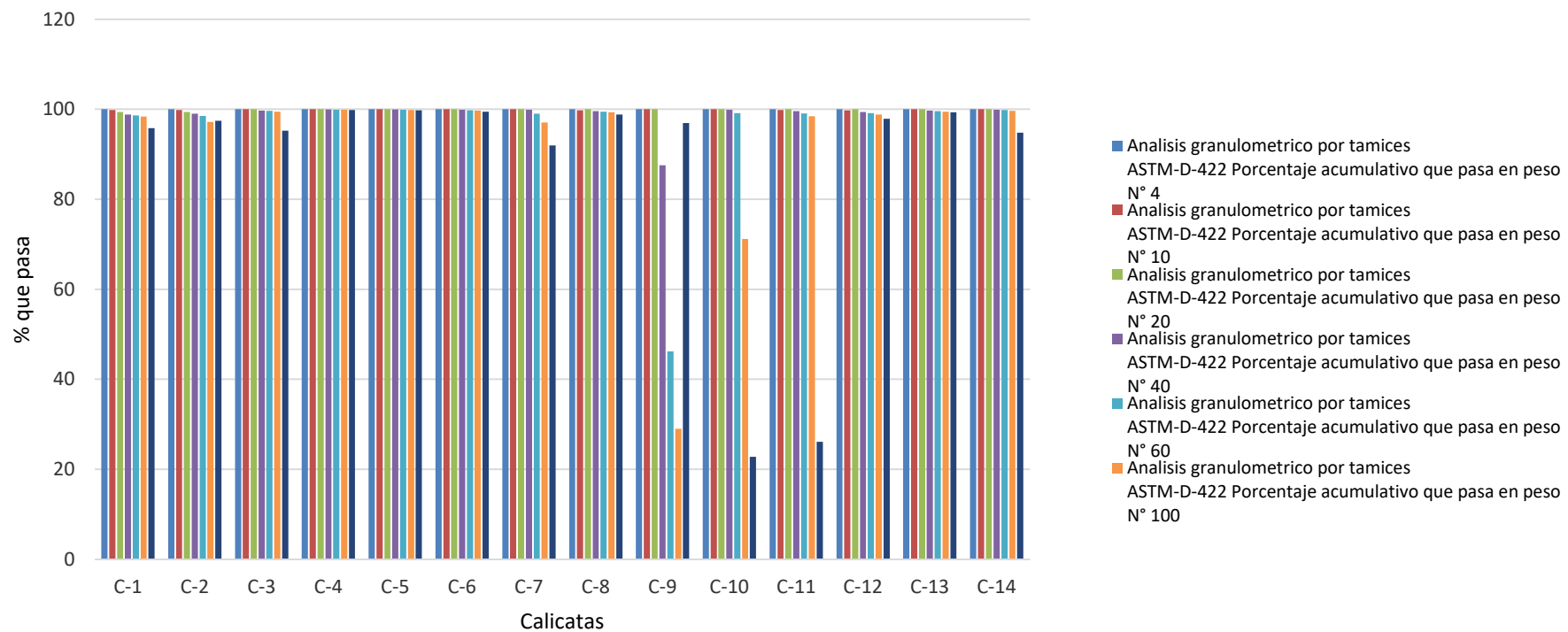
PROF. (m)

SONDAJE	ENSAYO	P.E
Nº	DE - A	

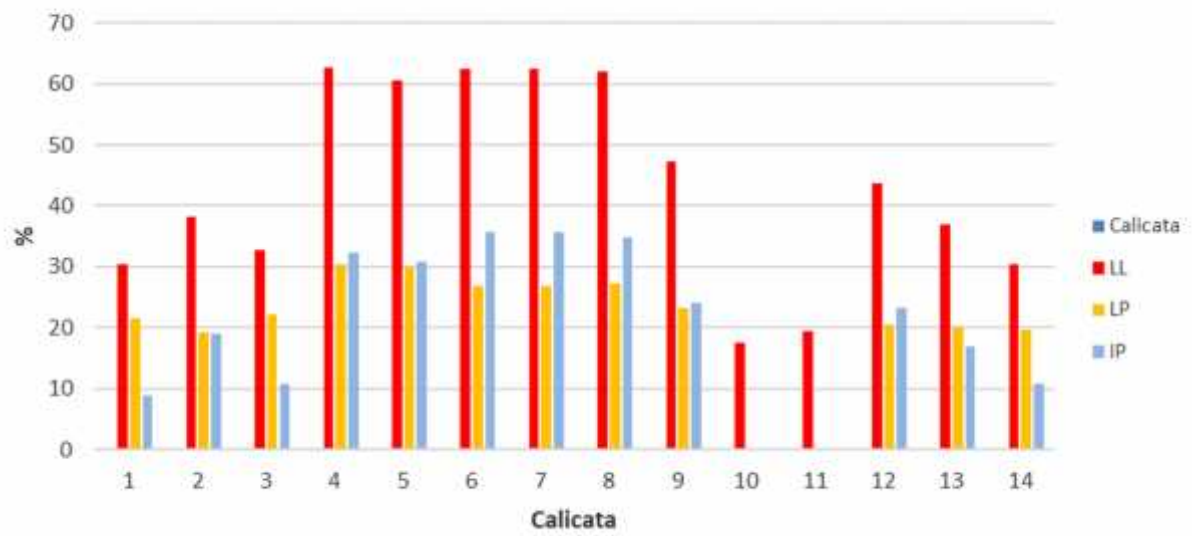
DENSIDAD NATURAL - MÉTODO DE LA PARAFINA
ASTM D-2937

SANDAJE	ENSAYO	W	DENISDAD NATURAL gr/cm3		
Nº	DE - A	%	HUMEDAD TOTAL	SECA TOTAL	PASA TAMIZ Nº 4

Resultado para analisis granulometrico



Limites de consistencia %
ASTM-D-4318



SONDAJE: SPT-01

Profundidad (m)	Espesor del estrato (m.)	Tipo de Exploracion	Clasificacion SUCS	Simbologia	Descripción	Grafica de N Nº de Golpes / 15cm.
1.00						
2.00						
3.00						
4.00						
5.00						
6.00						
7.00						
8.00						
9.00						
10.00						
11.00						
12.00						
13.00						
14.00						
15.00						
16.00						
17.00						
18.00						
19.00						
20.00						
FIN DE LA EXPLORACION						

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

FORMULARIO

En las siguientes páginas usted evalúa el cuestionario para poder validarlo.

En las respuestas de las escalas tipo Likert, por favor, marque con una X la respuesta escogida de entre las seis opciones que se presentan en los casilleros, siendo:

1 = muy en desacuerdo

2 = en desacuerdo

3 = en desacuerdo más que en acuerdo

4 = de acuerdo más que en desacuerdo

5 = de acuerdo

6 = muy de acuerdo

INSTRUMENTO DE VALIDACIÓN										
Análisis de Validez y Confiabilidad										
Proyecto	"Análisis de Suelos Arcillosos para el Diseño de Cimentaciones Piloteadas en Malecón San José, Laguna Yarinacocha, Ucayali - 2020"									
Experto 01	Ing. Castillo Rivadeneyra José Mario Ingeniero Civil CIP 29702									
Autores	Arevalo Borbor Stefani Lucero Villegas Flores Piero Alexander									
Objetivo General: Analizar suelos arcillosos para diseñar cimentaciones con pilotes en el malecón San José, Laguna Yarinacocha obtenida mediante el ensayo de penetración estándar (SPT).										
Indique su grado de acuerdo frente a lo siguiente: (1 = muy en desacuerdo; 2 = en desacuerdo; 3 = en desacuerdo más que en acuerdo; 4 = de acuerdo más que en desacuerdo; 5 = de acuerdo; 6 = muy de acuerdo)					Grado de acuerdo					
					1	2	3	4	5	6
ADECUACIÓN										
) La pregunta se comprende con facilidad (clara, precisa, no ambigua, acorde al nivel de información y lenguaje del encuestado)										x
) Las opciones de respuesta son adecuadas									x	
) Las opciones de respuesta se presentan con un orden lógico									x	
PERTINENCIA										
) Es pertinente para lograr el Objetivo Específico N.º 01 de la investigación. Mediante ensayos específicos de mecánica de suelos, determinar las características y resistencia del suelo presentes en el área de fundación del malecón San José, Laguna Yarinacocha.									x	
) Es pertinente para lograr el Objetivo Específico N.º 02 de la investigación. Identificar las características de la cimentación adoptadas para los suelos en las áreas de fundación del malecón San José, Laguna Yarinacocha.										x
) Es pertinente para lograr el Objetivo Específico N.º 03 de la investigación. Conocida la profundidad de cimentación establecer si el estrato final no va a sufrir asentamientos o deformaciones mayores a las permisibles.										x
Observaciones y recomendaciones en relación al objetivo general										
Motivos por los que se considera no adecuada										
Motivos por los que se considera no pertinente										
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)										

INSTRUMENTO DE VALIDACIÓN										
Análisis de Validez y Confiabilidad										
Proyecto	"Análisis de Suelos Arcillosos para el Diseño de Cimentaciones Piloteadas en Malecón San José, Laguna Yarinacocha, Ucayali - 2020"									
Experto 01	Ing. Campomanes Morán Hugo Miguel Ingeniero Civil CIP 25348									
Autores	Arevalo Borbor Stefani Lucero Villegas Flores Piero Alexander									
Objetivo General: Analizar suelos arcillosos para diseñar cimentaciones con pilotes en el malecón San José, Laguna Yarinacocha obtenida mediante el ensayo de penetración estándar (SPT).										
Indique su grado de acuerdo frente a lo siguiente: (1 = muy en desacuerdo; 2 = en desacuerdo; 3 = en desacuerdo más que en acuerdo; 4 = de acuerdo más que en desacuerdo; 5 = de acuerdo; 6 = muy de acuerdo)					Grado de acuerdo					
					1	2	3	4	5	6
ADECUACIÓN (adecuadamente formulada para los destinatarios que vamos a encuestar):										
) La pregunta se comprende con facilidad (clara, precisa, no ambigua, acorde al nivel de información y lenguaje del encuestado)										x
) Las opciones de respuesta son adecuadas									x	
) Las opciones de respuesta se presentan con un orden lógico									x	
PERTINENCIA (contribuye a recoger información relevante para la investigación):										
) Es pertinente para lograr el Objetivo Específico N.º 01 de la investigación. Mediante ensayos específicos de mecánica de suelos, determinar las características y resistencia del suelo presentes en el área de fundación del malecón San José, Laguna Yarinacocha.									x	
) Es pertinente para lograr el Objetivo Específico N.º 02 de la investigación. Identificar las características de la cimentación adoptadas para los suelos en las áreas de fundación del malecón San José, Laguna Yarinacocha.										x
) Es pertinente para lograr el Objetivo Específico N.º 03 de la investigación. Conocida la profundidad de cimentación establecer si el estrato final no va a sufrir asentamientos o deformaciones mayores a las permisibles.										x
Observaciones y recomendaciones en relación al objetivo general										
Motivos por los que se considera no adecuada										
Motivos por los que se considera no pertinente										
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)										

Valoración general del cuestionario

Por favor, marque con una X la respuesta escogida de entre las opciones que se presentan:

	sí	no
El instrumento contiene instrucciones claras y precisas para poder recopilar información tomado del laboratorio.	x	
El número de preguntas del cuestionario es excesivo.		x
Las preguntas constituyen un riesgo para el resultado de la investigación. (en el supuesto de contestar Sí, por favor, indique inmediatamente abajo cuáles)		x

Preguntas que el experto considera que pudieran ser un riesgo para los resultados:	
Motivos por los que se considera que pudiera ser un riesgo	
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)	

	Evaluación general del cuestionario			
	Excelente	Buena	Regular	Deficiente
Validez de contenido del cuestionario		x		

Observaciones y recomendaciones en general del cuestionario:	
Motivos por los que se considera no adecuada	
Motivos por los que se considera no pertinente	
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)	

VALIDACIÓN POR EXPERTOS DEL CUESTIONARIO

1. La puntuación va de 1 a 6 («muy en desacuerdo» a «muy de acuerdo»), se asigna el promedio de adecuación y el promedio de pertinencia de cada pregunta del cuestionario.
2. Si el promedio de puntuaciones de los expertos es 4 o más, tanto en adecuación como en pertinencia, entonces la pregunta se considera validada.

PREGUNTA		PUNTUACIÓN EXPERTOS									VALIDACIÓN ² pregunta
N.º	Evaluación	1 ¹	2 ¹	3 ¹	4 ¹	5 ¹	6 ¹	7 ¹	SUMA puntuaciones	PROMEDIO puntuaciones	
1	Adecuación	6	6						12	6	Valida
	Adecuación	5	5						10	5	Valida
	Adecuación	5	5						10	5	Valida
	Pertinencia	5	5						10	5	Valida
	Pertinencia	6	6						12	6	Valida
	Pertinencia	6	6						12	6	Valida


 CONSORCIO SUPERVISOR PURUS
 Ing. José M. Castilla Roldán
 CIP. N° 39702
 JEFE DE SUPERVISION


 UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOS RÍOS
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 23348

Identificación del experto

Nombres y apellidos	JOSE MARIO CASTILLO RIVADENEYRA
Filiación	INGENIERO CIVIL – CIP 29702
e-mail	josecastillor21@hotmail.com
Teléfono o celular	990 593 307
Fecha de la validación	14 de marzo 2021
Firma	 <p>CONSORCIO SUPERVISOR PURUS Ing. José M. Castillo Rivadeneira CIP. N° 29702 JEFE DE SUPERVISION</p>

Nombres y apellidos	HUGO MIGUEL CAMPOMANES MORÁN
Filiación	INGENIERO CIVIL – CIP 29702
e-mail	mihucamo@hotmail.com
Teléfono o celular	952 885 907
Fecha de la validación	14 de marzo 2021
Firma	 <p>HUGO MIGUEL CAMPOMANES MORÁN INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 23348</p>

Muchas gracias por su valiosa contribución a la validación de este cuestionario.



Laguna de Yarinacocha – San José – Lugar de estudio para un Malecón.