



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

“Estudio comparativo de suelo blando y suelo con el Sistema de Pilas
de agregado compactado, Carabayllo – 2019”

**TESIS PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:
Ingeniero Civil**

AUTOR:

Oyola De la Cruz, Jeffrey Andrews (ORCID: 0000-0001-9722-1237)

ASESOR:

Mg. Pinto Barrantes, Raúl Antonio (ORCID: 0000-0002-9573-0182)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

LIMA – PERÚ

2020

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres por ser un parte fundamental y demostrarme siempre su apoyo incondicional en la parte económica y moral para culminar mi formación profesional.

A mis profesores por la formación profesional que me brindaron durante el transcurso de mi carrera universitaria.

Y sobre todo a Dios por darme la salud y bienestar, para poder cumplir con mis objetivos.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a las personas que contribuyeron con sus sugerencias, críticas constructivas, apoyo moral e intelectual para cristalizar para la presente tesis.

Al Dr. Cesar Acuña Peralta, fundador de la Universidad “CESAR VALLEJO”, gratitud eterna por darme la oportunidad de estudiar la carrera que me apasiona.

A mi asesor de tesis Mg. Pinto Barrantes, Raúl Antonio, por su experiencia para la elaboración de la tesis.

A mis padres por demostrarme su brillante ejemplo de trabajo y superación, por su ayuda moral y económica, he logrado cumplir satisfactoriamente uno de mis objetivos.

A todos ellos gracias.

El Autor.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	6
III. METODOLOGÍA	34
3.1. Tipo y diseño de investigación	34
3.2. Variable y operacionalización	35
3.3. Población, muestra y muestreo	36
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	38
3.5. Método de análisis de dato	40
3.6. Aspectos éticos	40
IV. RESULTADOS	42
V. DISCUSIÓN	55
VI. CONCLUSIONES	58
VII. RECOMENDACIONES	60
REFERENCIAS	61
ANEXOS	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Agentes estabilizadores	15
Tabla 2. tamaño de principales partículas de suelo	16
Tabla 3. Tamices y aberturas para análisis granulométricos	18
Tabla 4. Valores típicos de consistencia de suelo	21
Tabla 5. Clasificación de suelos según índice de grupo	22
Tabla 6. Clasificación de suelos	23
Tabla 7. Clasificación de suelo método SUCS	24
Tabla 8. Resumen de ensayo Proctor	25
Tabla 9. Espaciamiento entre ejes de pilas	28
Tabla 10. Granulometría referencial	33
Tabla 11. Zonas sísmicas	36
Tabla 12. Rangos y magnitudes de validez	39
Tabla 13. Coeficiente de validez por juicio de expertos	39
Tabla 14. Rangos y magnitudes de confiabilidad	40
Tabla 15. Resumen de deformaciones	46
Tabla 16. Factor de capacidad de carga (Vesic)	48
Tabla 17. Cuadro resumen, característica del suelo blando	49
Tabla 18. Resistencia del suelo sin mejorar y mejorado	50
Tabla 19. Asentamiento del suelo sin mejor y mejorado	51
Tabla 20. Densidad del suelo sin mejorar y mejorado	52
Tabla 21. Comparación de suelos sin mejorar y suelo mejorado	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de suelos de los distritos de Lima	3
Figura 2. Falla por asentamiento	14
Figura 3. Grafica de índice de plasticidad versus Límite líquido	14
Figura 4. Desplazamiento de la muestra de suelo y cierre del surco en la cuchara de Casagrande	20
Figura 5. Formación de cilindros	20
Figura 6. Consolidación, ASTM D. 2435	26
Figura 7. Cono de arena	27
Figura 8. Procesos de compactación de grava	31
Figura 9. Prueba de módulo de rigidez	32
Figura 10. Zonas sísmicas	37
Figura 11. Ubicación de la zona de muestra	37
Figura 12. Análisis granulométrico	43
Figura 13. Densidad de campo	43
Figura 14. Resistencia del suelo.....	44
Figura 15. Gráfica de la resistencia del suelo	45
Figura 16. Ensayo de consolidación	45
Figura 17. Gráfica representativa de ensayo de consolidación	46
Figura 18. Asentamiento elástico	47
Figura 19. Diagrama de esfuerzos	49
Figura 20. Gráfico de barras, comparación de suelo	50
Figura 21. Resultados de prueba de estabilidad	51
Figura 22. Comportamiento del asentamiento sin y mejorado	51
Figura 23. Resultado del grado de compactación del suelo mejorado	52
Figura 24. Gráfico de barras mostrando la densidad del suelo	53

RESUMEN

El presente proyecto de investigación tiene como objetivo evaluar la relación existente entre el sistema de pilas de agregado compactado y el suelo blando de un sector del distrito de Carabaylo, 2019. El diseño de la investigación es experimental nivel explicativo, siendo el muestreo de las calicatas en el predio seleccionado.

El sistema de pilas de agregado compactada es una tecnología que se basa como el propio nombre lo dice en colocar pilas de agregado compactada y para su proceso constructivo se usan diferentes tipos de maquinaria y diferentes procesos constructivos este sistema se guía de la norma E0.50 (cimentación especial) este sistema es una solución factible debido a la poca profundidad donde logra la mejora de suelo a comparación de las pilas de cimentaciones para ello se realizara los ensayos: corte directo, granulometría, ensayo de consolidación, ensayo de densidad.

Los resultados que se obtendrán serán de acuerdo a los objetivos que se quiere hallar, siendo los resultados el cual se tratara de comparar con los antecedentes, la resistencia del suelo mejora llegando a tener una capacidad de carga mayor, demostrando el de asentamiento que sea menor a 1 pulgada la cual según es el valor mínimo.

La densidad utilizando el sistema de pilas de agregado compactada mejorara teniendo un porcentaje (%) elevado, con esta tecnología las propiedades del suelo mejorarían y de acuerdo al estudio se puede decir que es una buena alternativa segura, rápida y económica.

Palabras claves: sistema de pilas de agregado compactado, capacidad portante, asentamiento y densidad.

ABSTRACT

The aim of this research project is to assess the relationship between the compacted aggregate battery system and the clay soil of a sector in the district of Carabayllo, 2019. The design of the research is experimental level explanatory, being the sampling of 3 calicatas in the chosen venue in the location plane.

The compact gravel battery system is a technology that is based as the name itself says on placing compacted engraving batteries and for its construction process different types of machinery and different construction processes are used this system is guided by E0.50(special foundation) this system is a feasible solution due to the shallow depth where it achieves the improvement of soil compared to the stacks of foundations for it was carried out tests: direct cut, grain size, consolidation test, density test.

The results to be obtained will be according to the objectives to be found, with the results being tried to compare with the background, the resistance of the soil will improve and have a greater load capacity, looking for the settlement calculation that is less than 1 inch which according to the RNE is the minimum value. Density using the compact gravel battery system will be improved by having a high percentage (%), with this technology the properties of the soil would improve and according to the study it can be said to be a good safe alternative, rapid and economical.

Keywords: Battery system of compacted aggregate, bearing capacity, settlement and density.

I. INTRODUCCIÓN

En el presente ciclo es normal que se estudie primero el suelo o el lugar antes de la ejecución de un proyecto haciendo una investigación de sitio, claro también existen estudios o investigaciones deficientes. Siempre lo más importante es que el constructor trabaje a la par con el ingeniero, teniendo en cuenta los resultados de los estudios realizados y análisis de todos los ensayos del lugar, claro está que se centren en las variaciones que puede tener el suelo.

Los suelos blandos en las construcciones siempre presentan un reto debido a sus propiedades como la expansión, estas hacen que la estructura sobre la cimentación tenga fallas y se procedan a rajarse las paredes por asentamiento, en caso si el terreno contara con una losa de concreto esta comienza a fisurarse si no hubiera una compactación adecuada en el suelo.

Uno de los problemas más frecuentes es el asentamiento de una cimentación que puede ser causado por varios factores, en especial es a la deformación del suelo en el que se encuentra apoyado por la propia cimentación, debido al tipo de suelo donde se diseña, este puede tener características como suelo arenoso, arcilloso o limoso provocando elevadas cantidades de costo y difícil proceso constructivo para su estabilización.

Otra causa que genera el deslizamiento y hundimiento del suelo es la densidad en suelos arenosos o conocidos como suelos sueltos, estos suelos tienen la característica de ser altamente permeables, en cambio los suelos arcillosos también como también lo llaman suelos fuertes, presentan una baja permeabilidad, generando altos grados de porosidad y también afectando al suelo el no tener suficiente resistencia de carga para la estructura.

Otra falla es el soporte que tiene el suelo, este sucede cuando se presenta una falla repentina en el terreno, y esta se expande de abajo hacia arriba del suelo generando una capacidad de carga última, esto ocurre cuando la cimentación no ha sido diseñada contra una falla de corte del suelo, o por un desplazamiento o asentamiento.

Es importante que la construcción de cimentaciones superficiales se debe evitar estos fenómenos ya que puede llegar a que las estructuras se asienten llegando a colapsar, trayendo inseguridad para los seres humanos.

Como sabemos en un proyecto las cimentaciones no son las partes que tienen un precio elevado, pero entendemos que una cimentación es la parte fundamental de una estructura como su tiempo de vida, y toda forma de disminuir en esta parte del proyecto, ya sea en el análisis del suelo inicial en el proyecto, también en los suministros o en la mano de obra, esto podría generar un gran peligro a la estructura. Los problemas y fallas que pueden provocar malas cimentaciones, rara vez aparecen de una manera inmediata, gran parte de estas fallas comienzan a desarrollarse cuando la estructura está finalizada y en actividad, que es precisamente cuando resulta mayor el costo de reparación y más tedioso.

De los diferentes tipos de patologías que pueden aparecer en los proyectos, las estadísticas revelan que son las cimentaciones que representan altos y elevados costos globales. Además, tiene gran impacto social, lo que las hace más visibles tanto por dificultad propia de su reparación, porque generan una enorme alteración y hasta interrupción del uso de la estructura.

Todas las construcciones en su mayoría usan cimentaciones superficiales en las cuales fallan cuando ocurre un sismo y el suelo sea arenoso, arcilloso o limoso pierde resistencia.

En el Perú la zona costera y central es de alta sismicidad dentro de ellos los suelos malos de cada distrito de Lima, ante ello, Hernando Távara, jefe del Instituto Geofísico del Perú (IGP): “dio a conocer los distritos limeños que se encuentran más propensos a ser afectados ante un sismo, en Lima existen tres tipos de suelos: no compactos, medianamente compactos y bien compactados”

Es por ello que El Centro Peruano Japonés de investigación sísmica y mitigación de desastres realiza un mapa donde muestra la vulnerabilidad de los distritos de Lima metropolitana, mostrando su calidad y clasificación de suelos (arenoso, arcilloso y limoso). (ver la fig.1)

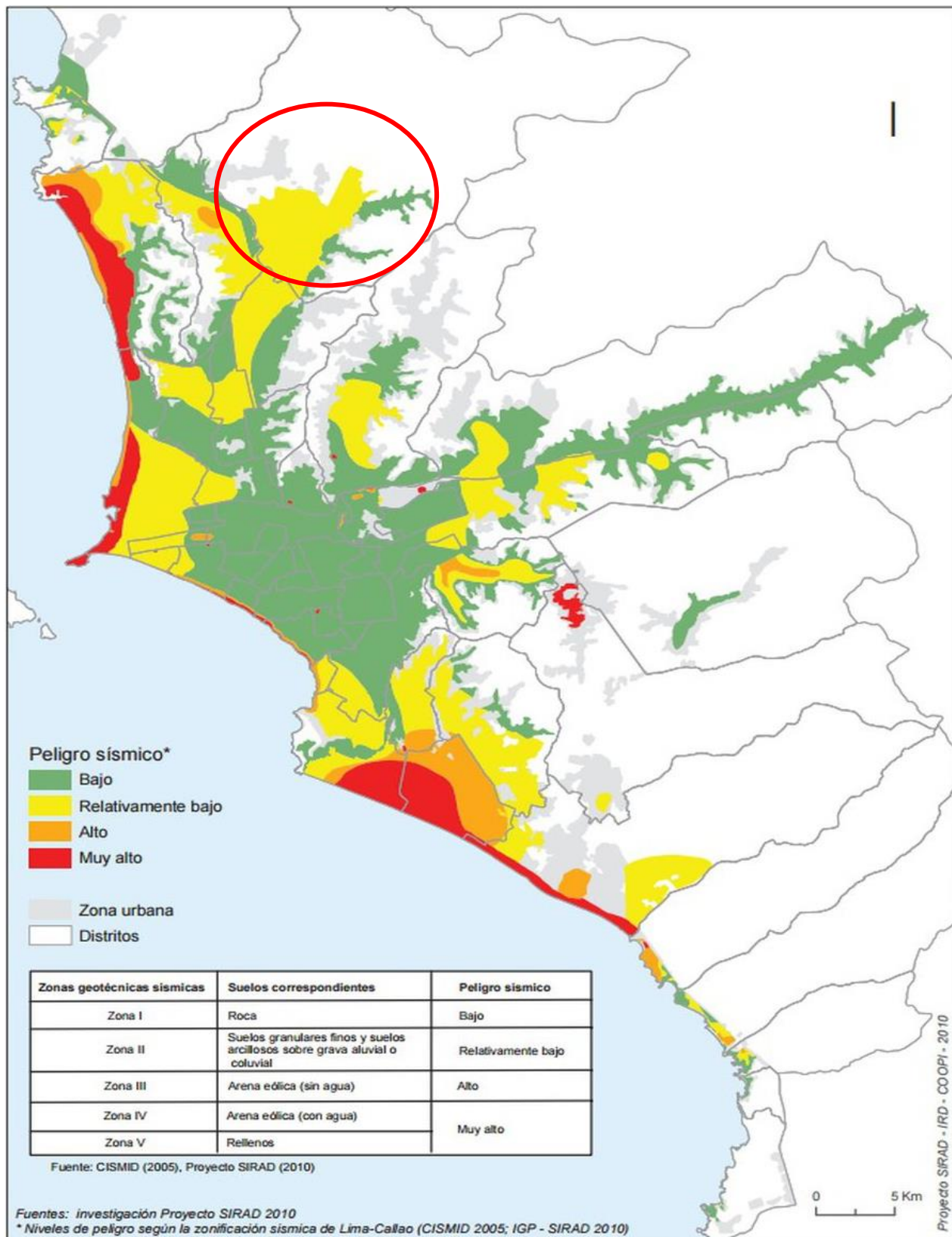


Figura 1. Mapa de suelos de los distritos de Lima.

Por tal la investigación se realiza en un área de distrito más vulnerable, ya que el distrito de Carabayllo es uno de los lugares que cuenta con una gran variedad de tipos de suelos.

Con los resultados de ese suelo podemos analizar para así poder tener una cimentación ya sea para una edificación, centro comercial o terraplenes.

Formulación del problema: Para Kerlinger y Lee: Los conceptos que uno tiene que obtener para un problema de investigación son: “El interrogante se debe contextualizar en relación de dos o más conceptos o variables estas pueden ser mediante características o atributos de personas, fenómenos, organismos, materiales, eventos, hechos, etc. Claro mientras puedan ser medidos con una puntuación numérica” (2002). **Problema general:** ¿Cuál es la influencia del sistema de pilas de agregado compactado en el suelo blando- 2019?, **Problemas específicos:** ¿Cuál es la resistencia mecánica, el asentamiento y la densidad del suelo blando, Carabayllo - 2019?, ¿Cuánto es la resistencia mecánica del suelo blando aplicando el sistema de pilas de agregado compactado, Carabayllo-2019?, ¿Cuánto es el asentamiento del suelo blando aplicando el sistema de pila de agregado compactada, Carabayllo-2019?, ¿Cuál es la densidad del suelo blando aplicando el sistema de pila de agregado compactado, Carabayllo-2019?

Justificación del estudio: Justificación Teórica: La investigación plantea el uso de pilas de agregado compactado como una nueva alternativa de solución para mitigar los daños causados por el fenómeno de asentamientos diferenciales ocasionados por los sismos y el suelo en mal estado (arenoso y arcilloso) , Actualmente los estudios de esta tecnología se aplican en suelos arenosos mas no se aplican a otro tipo de suelo por ello se verificará la mejora del suelo en un terreno arcilloso. **Justificación Metodológica:** En la investigación se realizará fichas de colección de datos, así como los dispositivos de medición esto ayudara a obtener datos para poder demostrar la mejora del suelo empleando pilas de agregado compactado luego de ello se analizará de manera técnica los resultados obtenidos ya que el suelo es arcilloso y se comparara con los resultados en otro tipo de suelo donde usan la tecnología mayormente. **Justificación Tecnológica:** El sistema de pilas de agrado compactado es una solución a los asentamientos que se puedan dar en los proyectos, mejora el suelo sin que este se cambie, es decir si en los

ensayos en laboratorio me arroja un resultado que el suelo es malo el sistema de pilas de agregado compactado la cual utiliza agregado compactada puede trabajar con el suelo malo sin retirarlo esto hace que esta tecnología sea mejor y rápida.

Hipótesis: Para William: “Las hipótesis señalan los que tratamos de comprobar y definen como sustentos tentativos del fenómeno investigado. Derivan de los conceptos existentes y deben formularse a manera de proporciones, de hecho, son respuestas superficiales a las cuestiones de investigación”. (2003). **Hipótesis**

general: Existe mejora en el suelo blando utilizando el sistema de pilas de agregado compactado, Carabayllo – 2019, **Hipótesis específicas:** Se conoce la resistencia mecánica, el asentamiento y la densidad del suelo blando, Carabayllo-2019, La resistencia mecánica del suelo blando aumenta significativamente aplicando el sistema de pila de agregado compactado, Carabayllo-2019, La estabilidad del suelo blando reduce significativamente aplicando el sistema de agregado compactado, Carabayllo-2019, La densidad del suelo blando es significativamente alta aplicando pilas de agregado compactado, Carabayllo-2019.

Objetivos: Para Tucker: “Se pretende establecer con la investigación, es decir, cuáles son sus objetivos. Una investigación busca, ante todo, ayudar a resolver un problema en especial; en tal caso, debe resaltarse cuál es el problema y de qué forma se piensa que el estudio ayudara a resolver. Otras investigaciones toman como objetivo probar una teoría o aportar evidencias empíricas a favor de ella. Los objetivos deber ser expresados con claridad y ser específicos, apropiados, realistas y medibles”. (2004). **Objetivo general:** Definir los valores mejorados del suelo blando utilizando el sistema de pilas de agregado compactado, Carabayllo-2019.

Objetivos específicos: Determinar la resistencia mecánica, el asentamiento y la densidad del suelo blando, Carabayllo-2019, Determinar la resistencia mecánica del suelo blando con el sistema de pilas de agregado compactado, Carabayllo-2019, Calcular el asentamiento del suelo blando aplicado con el sistema de pilas de grava compactada, Carabayllo-2019, Determinar la densidad del suelo blando con el sistema de pilas de agregado compactado, Carabayllo-2019.

II. MARCO TEÓRICO

(Terrones,2018) En su tesis “**Estabilización de suelos arcillosos adicionando cenizas de bagazo de caña para el mejoramiento de subrasante en el sector Barraza, Trujillo – 2018**” tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil en la Universidad Privada del Norte – Trujillo 2018. Su objetivo principal fue precisar la adición de ceniza de Bagazo con la caña de azúcar con los porcentajes de 5 %, 10 % y 15 % en una masa de suelo seco para estabilizar suelos arcillosos en el distrito de Barraza, Trujillo – 2018. La metodología que se empleo fue experimental debido a que reúne los requisitos para lograr el control y validez interna, en conclusión la tesis presentada después de elaborar los ensayos en laboratorio a las muestras de suelos extraídas de la vía de acceso, Se definió que el suelo evaluado es un suelo de limoso (ML) y arcilloso(CL) ambos con baja plasticidad acorde a la clasificación SUCS, mientras que en la clasificación AASHTO, se encontró la predominación de suelos de tipo A-4, A-6 y A-7-6, haciendo uso de los resultados correspondiente a los ensayos de limite líquido, limite plástico e índice de plasticidad; los cuales permiten obtener el índice de grupo. De esta manera, se determinó que el suelo presente a lo largo de la carretera posee una plasticidad media. Por otra parte, los valores de los ensayos de contenido de agua, los parámetros de agua oscilan entre 15.48 y 33.67, obteniendo una humedad promedio de 25.47 a partir de las 5 calicatas.

En esta tesis se habla de que utilizando cenizas de bagazo se puede mejorar el suelo, dando un aporte mejorando las propiedades de un suelo de fundación, facilitando con resultados que nos servirá como referencia para el desarrollo de tesis.

(Camarga y Zapata, 2017) En su tesis de “**Evaluación De la reducción del potencial de licuefacción usando la metodología de análisis de seed y edriss sobre ensayos de spt realizados en el suelo arenoso del proyecto Outlet Premium Lurin mejorado con pilas de grava compactada**”, tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas – Lima 2017, su objetivo principal es optimizar el terreno debido a que posee un suelo malo y que esta propenso al fenómeno de la licuefacción es por eso que se usaran las pilas de grava compactada. En este estudio se plantearán los

ensayos SPT los cuales medirán la resistencia del suelo en las obras comparando así los resultados con otras construcciones en la cual usaron las pilas de grava compactada. Y obtuvo aplicando la metodología de investigación según su enfoque es cuantitativo ya que su recopilación de información es a través de ensayos. Y obtuvo como resultados que al aplicar el sistema de pilas de grava en suelo de fundación del proyecto “Outlet Premium Lurín” se llegó a reducir la cantidad de licuefacción actual en un inicio del terreno, dicho valores se puede estudiar haciéndose ensayos del antes y el después de la mejora del suelo, con los datos generados en los resultados de SPT, que se pudo mejorar el suelo para los efectos de licuación del terreno utilizando grava compactada con un diámetro de este material de 50cm. Como conclusión el uso del sistema de las pilas de grava obtuvo un suelo con mayor capacidad de carga siendo 542.71 K`pa y teniendo en una pila un módulo de rigidez de 40.73 MN/m³, la longitud de la pila de grava fue de 5m, para que cubra el área licuable.

En esta tesis se habla de que utilizando la tecnología de grava compactada se puede mejorar el suelo, en este se usó los ensayos SPT para corroborar la mejora de las propiedades de licuefacción en este suelo, facilitando así dichos resultados que nos servirá como referencia para el desarrollo de tesis.

(Castro, 2017) En la tesis: “**Estabilización de Suelos arcillosos con Ceniza de cascara de arroz para el mejoramiento de subrasante**”, tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Nacional de Ingeniería – Lima 2017. Nos menciona que su objetivo es analizar si la el polvillo de arroz llamado ceniza puede estabilizar el suelo arcilloso, aplicando la metodología de tipo aplicada. Finalmente se concluye que: El valor del CBR incrementa para los dos tipos de fusiones planteadas, no obstante, las fusiones de suelo inicial con contenido de arcilla, el polvillo de cascara de arroz ceniza y la cal nos genera valores más elevados de capacidad de soporte seca con el ensayo de Proctor modificado teniendo un valor de 5% hasta 38.5%, en pocas palabras incremento 6 niveles. Este incremento se llevó acabo con una porción de 20% de polvillo de cascara de arroz llamado ceniza.

Este proyecto de tesis muestra una mejora de suelo usando el polvillo de cascara de arroz llamado ceniza impregnando al suelo y con un clima dado logrando así

mejorar la calidad del suelo arcilloso, esta investigación demuestra una alternativa para usar y reducir precios.

(Colegio de Ingenieros del Perú, 2016, p.42) En el artículo: “**Terraplén De Aproximación De Puente En Boca De Briceño Sometido A Terremoto De Ecuador De Aceleración 0.37 A 0.52g Y Magnitud 7.8 De Abril 16, 2016**” en este artículo se |menciona que el terraplén tenía 2 a 5 metros de suelo arenoso , limoso, y luego arcilloso con un nivel freático a 60cm de la superficie y la zona era muy propensa a el fenómeno de licuefacción es por ello que hicieron la cimentación con pilas de agregado compactado Impact de Geopier, la empresa Pivaltec instalo más de 6000 elementos Impact, Se aplico la metodología según nivel es descriptiva . La conclusión es: El sistema Impact dio una buena respuesta frente a un sismo de magnitud 7.8 y la estructura no colapso o presento algún problema como para que no se puede circular por la pista esto fue de gran importancia ya que ese día ocurrió el sismo y se necesitaba circular por el terraplén.

El articulo habla de la construcción de un terraplén con el sistema Geopier el cual muestra como este pudo soportar un terremoto, esto brinda un gran aporte ya que se toma los datos que toda estructura debe superar los movimientos telúricos, brindando así factores de seguridad.

(Zamora, 2014, p.8) En la tesis: “**Optimización De Tratamiento De Suelos Blandos Bajo Terraplenes**”, tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Católica del Perú – Lima 2014. Menciona que su objetivo es describir conceptualmente los más destacados métodos para mejorar un suelo los cuales se puede mejorar mediante los métodos de columna de grava, drenes verticales y método de precarga. La metodología según su enfoque es cuantitativa, se concluye que: La metodología según su enfoque es cuantitativa, se concluye que: el tratamiento de suelo con columnas de grava nos permite incrementar el soporte a carga de la base del terreno, disminuir hundimientos, y aumentar consistencia al deslizamiento.

Este sistema toma el terreno real y sus características específicas (ángulo de fricción, su cohesión y su modelo de deformación; el suelo mejorara con sus propias características equivalentes).

Esta tesis menciona los distintos métodos que se puede utilizar para el tema de mejoramiento de suelo, este gran aporte brinda un abanico de posibles mejoras las cuales deben investigarse para validar.

(Órgano oficial de la sociedad mexicana de ingeniería geotécnica,2014, p.12) En el artículo: **“Mejoramiento de Suelos para un tanque Digestor”**, como objetivo se plantea el mejoramiento del suelo para estabilizar una planta que se encarga de aguas residuales en México para cuales se buscaron diferentes alternativas de solución y planteando el método de grava compactada. La metodología según su nivel es descriptiva debido a que solo se describirá dos alternativas de solución. La conclusión es: debido a la densificación y aumento de módulo de rigidez, se pudo reducir el espesor de la losa del tanque digestor, esto también disminuye los esfuerzos transmitidos al suelo además de utilizar menos concreto.

El artículo menciona la metodología de Geoestructura Geopier como la solución a disminuir el asentamiento en la estructura, así como disminuir el costo del mejoramiento con respecto a otros métodos como la pila de concreto y sobre excavación.

(Valverde,2014) En la tesis **“Pilas de agregado compactado, un caso práctico”**, tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Nacional Autónoma de México – 2014. Su objetivo trata mejorar el antiguo método que se realizaba para una mejora de suelo de mala calidad esto trataba en el retiro de una porción de suelo y su cambio con un material adecuado y optimo en calidad, este método normalmente es llamado sobre excavación y remplazo, la metodología según su tipo es aplicada, en la cual se concluyó que la construcción de las pilas de grava compactada es rápida y por ende este puede traducirse en una disminución de costos. Así mismo son muy útiles cuando tenemos problemas como la licuación de arenas ya que la compactación induce el reacomodo de las partículas solidos de la arena y al mismo tiempo las columnas de grava compactada sirven como drenes para darle salida al agua evitando así un aumento en la presión de poro en el caso de un sismo.

La tesis menciona la metodología de Geoestructura de Geopier un gran aporte ya que esta tecnología no es muy empleada, pero es una gran solución para grandes proyectos.

(Panfilo y Valverde,2014, p2) En su artículo: “**Mejoramiento De Suelos A Base De Pilas De Agregado Compactado Para La Cimentación Del Centro De Distribución Herdez, En El Estado De México**”, cuyo objetivo El uso de muelle de agregados Rammed (mejora del suelo) para apoyar los cimientos de un centro de distribución Herdez (CDH) Era mejorar la capacidad de soporte y proporcionar el control de asentamientos en las losas y también en las losas de pisos la cual cubre grandes áreas con diferentes precisiones de diseño. Este método ha demostrado ser una ayuda innovadora en el área de geotécnica en todo el mundo. Este presenta el análisis del comportamiento del muelle monitoreado en una fundación de construcción. En la construcción industrial en México durante los últimos ocho meses. Se midió el estrés de la curva frente a la deflexión en los muelles (parte superior e inferior) para determinar su rigidez modulo. Llegando a la conclusión que el pisón biselado desplaza la grava no solo en sentido vertical, si no también lateralmente contra las paredes de la perforación. La acción de compactación aumenta los refuerzos laterales en la masa del suelo alrededor de las pilas de grava, produciendo un aumento en la rigidez y resistencia al esfuerzo cortante del suelo adyacente. El instalar o construir pilas de agregado compactado en suelos comprensibles resulta en un incremento de la capacidad de carga y un mejor control de asentamiento, causado por la carga de la estructura.

Este artículo internacional genera datos al aplicar la mejora del suelo resultando así una disminución de los asentamientos en los proyectos planteados.

(Chávez, 2014) En la tesis “**Fallas presentadas en algunas obras subterráneas y cimentaciones**”, tesis para obtener el grado de especialista en construcción en la Universidad Nacional Autónoma de México – 2014. El objetivo es ayudar a evitar las distintas falencias que tanto problema generan como económicas y de otra índole. Por tal motivo se basa a explicar y detallar diversos casos que ayudan hacer más puntuales y específicos, con la expectativa de que causen algún tipo de impacto, de forma que, ante situaciones similares, evitemos tener estos mismos errores. La metodología empleada es nivel descriptivo, llegando a la conclusión en

cuanto al peso a largo plazo sobre las estructuras, debería ser tomados en cuenta los parámetros de energía netas que las estructuras transmitirán al suelo de fundación y evaluar los asentamientos diferidos o deformaciones a un tiempo de vida, con el fin de estabilizar uniformemente el empuje a contacto. En sistema de cimentaciones de fricción hincado mediante pilotes, esto hace que se puede observar presencia de arenas intermedias a través de sondeos que se ejecutaron en la zona de hincado, con el fin de garantizar la actividad efectiva de fricción de pilotes.

En la tesis Chávez aporta con los procedimientos constructivos de acuerdo a diferente estado de suelo teniendo en cuenta que tipo de falla puede darse, es de gran importancia para quienes lo tienen que aplicar en obra son alternativas para las cualidades de los suelos.

(Martínez, 2014) En la tesis: ***“Refuerzo de suelos mediante el uso de inclusiones de grava compactada para apoyo de cimentaciones superficiales rígidas”***, tesis para obtener el grado de maestro en ingeniería en la Universidad Nacional Autónoma de México – 2014. El objetivo es dar una descripción general de algunos tipos de inclusiones más importantes utilizados como sistemas de refuerzos de suelos en la actualidad, ejemplificar en un caso práctico dicha metodología, donde se podrá observar de manera íntegra la aplicación de las inclusiones de grava compactada como método óptimo y eficiente de refuerzo y mejoramiento de suelos y cimentaciones para diferentes estructuras. La metodología empleada es de nivel descriptivo, se concluye que en el caso de las inclusiones de grava compactada, el objetivo principal es darle mayor practicidad al proceso de cambiar suelos blandos y compresibles con materiales más fuertes y rígidos (material de agregado graduado o materiales granulares), produciendo una masa de suelo compuesta con una mayor rigidez, proporcionando una variante de los métodos más utilizados para controlar los asentamientos de las cimentaciones poco profundas soportadas por elementos medianos de grava compactada; y en muchos casos, reduciendo el volumen de materiales de remplazo requeridos.

En la tesis Martínez aporta que también se puede mejorar suelos rígidos mediante grava compactada de tal forma que podemos disminuir uno de los problemas más frecuentes como es los asentamientos en los proyectos planteados.

(Andreou,Frikha y Papadopoulos,2014) En su artículo: **“Experimental study on sand and gravel columns in clay”**, a su traducción: *“Estudio experimental sobre columnas de arena y grava en arcilla”*, tiene como objetivo analizar el suelo entre los diversos métodos para mejorar el terreno in-situ condiciones, las inclusiones en columna se consideran una de las más Técnicas de mejora del suelo versátiles y rentables. Las inclusiones columnas pueden estar en forma de columnas de piedra / pilas granulares, pilas de compactación de arena, columnas de cal o cemento, etc., que son más rígidos y más fuertes que el suelo ambiental. La columna de piedra vibratoria es una técnica económica y proceso respetuoso con el medio ambiente que permite un terreno débil soportar condiciones de carga baja a moderada, y básicamente proporciona reducción de asentamiento de cimientos, mejora de La capacidad de carga del suelo, la reducción del riesgo de licuefacción debido a la actividad sísmica, y la aceleración de la proceso de consolidación, teniendo como resultado el efecto del refuerzo, es necesario para comparar el comportamiento del suelo reforzado con la del suelo no reforzado bajo las mismas condiciones de carga. La variación del estrés del desviador y el exceso de presión de agua en los poros. con deformación axial bajo tanto drenado como no drenado. Las condiciones a una presión de confinamiento de 50 kPa se ilustran tanto para muestras no reforzadas como para muestras reforzadas con inclusiones de arena y grava. Como resultado sugieren que la respuesta de un suelo de cimentación suave reforzada por arena compactada o columnas de grava a vertical la carga depende en gran medida de las condiciones de drenaje.

Este artículo internacional genera datos al aplicar columnas de grava en suelos arcillosos obteniendo datos positivos para poder tener un mejor cimiento ya que es la base de todo proyecto, con los datos podemos pensar que el proyecto de investigación tiene antecedentes ya que los suelos en distintas partes del mundo tienen variedades de propiedades.

(Masoumeh Mokhtari,2014) En su artículo: **“Soft Soil Stabilization Using stone Columns”**, a su traducción: *“Estabilización de suelos blandos con columnas de piedra”*, tiene como objetivo mejorar las condiciones del suelo, no obstante, sabemos que existen columnas, lechada de compactación, pelo corto, compactación dinámica, estabilización de cal, etc. Antes de utilizar cualquier de

estos métodos, es necesario conocer la mejora del terreno en detalle. Como resultado las columnas de piedra se instalan utilizando sistemas de alimentación superior o inferior, con o sin chorro de agua, el método de alimentación superior se utiliza cuando la sonda vibratoria puede formar un orificio estable. Con el método seco, la sonda se inserta en el suelo y penetra bajo su propio peso. Teniendo como conclusión el uso de columnas de piedra como técnica de refuerzo del suelo se implementa con frecuencia en suelo blando y cohesivo. Las columnas de piedra se han utilizado con éxito para soportar zapatas aisladas, grandes cimientos de balsa y terraplén. Además, se ha encontrado que su uso en arcilla suave proporciona aumento moderado en la capacidad de carga acompañados de una reducción significativa en el asentamiento.

Este artículo explica un poco el proceso de las perforaciones para agregar columnas de piedra en suelos blandos, teniendo en cuenta que los resultados son positivos ya que la columna refuerza el suelo, es un aporte estos procesos ya que cuenta con muchas salidas para un problema como son los suelos arcillosos.

(Tanyu, Aydilek Lau and Benson, 2014) En el artículo: ***“laboratory evaluation of geocell-reinforced gravel subbase over poor subgrades”***, a su traducción: *“Evaluación en laboratorio de la sub base de grava reforzada con Geocelda sobre suelos pobres”*, El artículo tiene como objetivo los suelos subterráneos ya que tienen un impacto significativo en el diseño, construcción, respuesta estructural y ejecución de pavimentos. Surgen problemas durante la construcción sobre pobres compactación de subbase y materiales de base y en proporcionar un apoyo adecuado para posteriores operaciones de pavimentación. Por lo tanto, la preparación adecuada del subsuelo blando antes de la construcción del pavimento tiene que ser reconocido como un tema importante. (por ejemplo, Wisconsin donde más de 60% de los suelos superficiales son clasificados como limo y arcilla), teniendo como conclusión una serie de experimentos a gran escala, para determinar cómo incorporar geo celdas en una capa granular colocada sobre una subrasante suave teniendo formación de surcos y comportamientos resistentes de pavimentos.

Este artículo nos habla que en el laboratorio pueden existir diversas formas para aumentar la capacidad portante del suelo puede ser con grava con mallas con agregados, etc. Es un aporte muy significativo para los estudios de suelo.

Suelos blandos: La arcilla es un tipo de suelo que tiene muy poca fricción y es cohesivo lo que genera que la estabilidad no sea muy buena cuando tiene demasiada humedad.

Una de las fallas que podría ocurrir a un proyecto sería por asentamiento (ver figura. 2) también podría ocurrir por fugas de agua, lluvia o raíces de árboles cercanos entre otros.

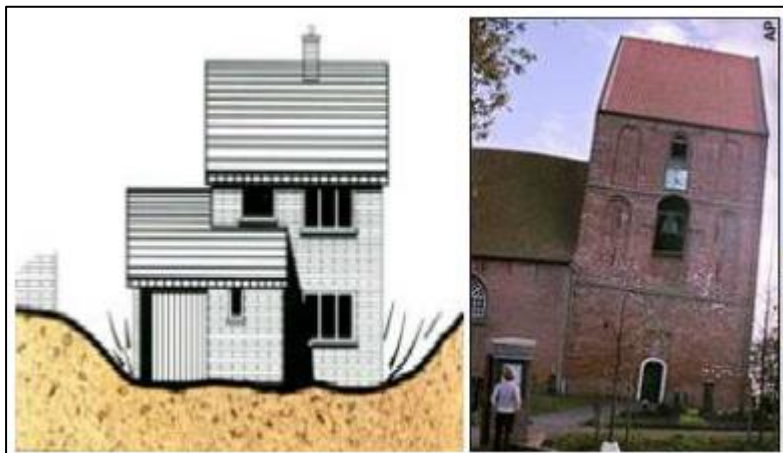


Figura 2. Falla por asentamiento.

Fuente. Manual de patologías de la edificación.

El mejoramiento de suelo se da para evitar futuras fallas en la estructura, así como también poder ahorrar en material. Este suelo pasa la malla estándar N°200 (75-mm) y tiene propiedades plásticas esto se puede ver en el cuadro de índice plástico versus límite líquido. (ver figura 3)

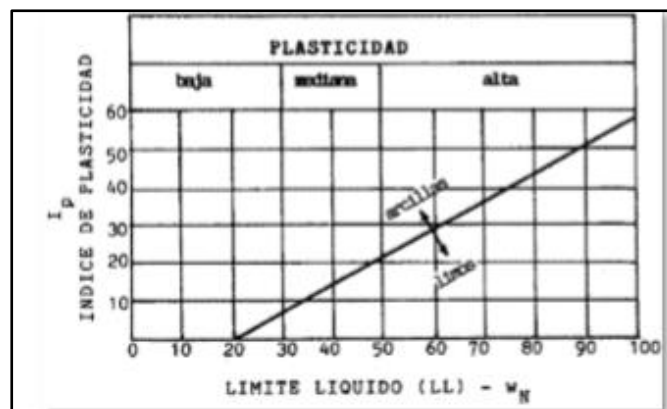


Figura 3. Grafica de Índice de Plasticidad versus Límite Líquido

Fuente. libro de análisis de materiales.

El suelo arcilloso es aquel suelo contrario al arenoso y tiene propiedades como la plasticidad, esta propiedad hace que se evalué el suelo para su uso en la construcción también tiene otras propiedades más visibles la cual la distinguen.

La arcilla es el tipo de suelo el cual se ha dado soluciones a través de diversos métodos, aquí le muestro un cuadro donde menciona como identificarlo y estabilizar un suelo arcilloso.

Tabla 1. Agentes Estabilizadores

TIPO DE SUELO	Arcillas Finas	Arcillas Gruesas	Limos finos	Limos Gruesos	Arenas Finas	Arenas Gruesas
Tamaño de partícula (mm)	< 0,0006	0,0006 - 0,002	0,002 - 0,01	0,01 - 0,06	0,06 - 0,4	0,4 - 2,0
Estabilidad volumétrica	Muy pobre	Regular	Regular	Bueno	Muy bueno	Muy bueno
CAL	SI	SI	SI			
CEMENTO	NO	NO	NO	NO	SI	SI
ASFALTO					SI	SI

Fuente: norma CE 0.20

Si una edificación está en la zona de suelos cohesivos con bajo grado de saturación y plasticidad alta ($LL \geq 50$), en este debe realizarse un ensayo para determinar la plasticidad del suelo siguiendo las especificaciones en las normas (NTP 339.129; ASTM D43180) y ensayos granulométricos, así como determinar la cohesión todo el cálculo es para poder determinados datos importantes como en la gráfica indica.

Es un conjunto de órganos definida y que cambian vectorialmente. En sentido vertical generando que sus propiedades cambien mucho más veloz que en el sentido horizontal. El suelo cuenta con perfiles, esto es una peculiaridad del suelo que provoca que tenga variedad en aplicación. Para los propósitos de este proyecto, el conjunto de masa de tierra llamado suelo generalmente representa todo tipo de área terrosa, de un montón de desmonte o relleno de desmonte, hasta suelos con areniscas totalmente cementadas. (Badillo,2007)

El suelo es un material, entonces el suelo tiene propiedades.

Las variedades de propiedades del suelo aun siendo similares, se llega a establecer de dos maneras: Propiedades físicas, químicas y físico – químicas., Propiedades mecánicas.

La primera clasificación se utiliza destacando las propiedades físicas, entre ellas están: color, textura, estructura, porosidad, consistencia, densidad, permeabilidad, profundidad, propiedades térmicas y dinámica del agua. Una de las principales propiedades químicas del agua es la salinidad; y entre las propiedades físico – químicas están: potencial de oxidación, pH (reacción del suelo) e intercambio iónico.

Color: Suelos negros indican un contenido mayor de materia orgánica, suelos rojos contienen mucho hierro y manganeso, suelos amarillos contienen mucha arcilla y poca materia orgánica.

Textura: La textura se refiere a la cantidad (%) y estado de partículas minerales que contiene el suelo. Existen distintos tipos de partículas minerales en el suelo, pero las primordiales son 3: arena, limo y arcilla.

Tabla 2. Tamaño de principales partículas minerales del suelo.

Partícula Mineral	Dimensión o Tamaño
Arena	2 mm a 0.05 mm
Limo	0.05 mm a 0.02 mm
Arcilla	De 0.02 mm a menos

Fuente: Jorge Marconi, 2011.

Estructura: Es una forma la cual se agrupan y ordenan las minerales del suelo para juntar terrones (agregados). Los minerales no se ubican dispersos en el terreno, sino son formados por un conjunto o terrones medio unidos, o extremadamente unidos, los cuales pueden tener distintas formas y alturas.

Porosidad: Es la relación entre el volumen de huecos de cualquier tipo y el volumen total del suelo. Se expresa en porcentaje (%), y está establecida por la textura y la estructura del suelo. Los suelos de textura fina tienen más porosidad que los de textura gruesa. Los suelos que contienen arcilla tienen gran cantidad de poros pequeños (micro poros), mientras que los suelos con arena tienen un número limitado de poros grandes (macro poros) comunicados entre sí. La propiedad

porosidad se analiza como porcentaje de volumen general del suelo a través de la siguiente formular:

$$\text{Porosidad (\%)} = \frac{D_r - D_a}{D_a} * 100$$

(Marconi, 2011, p. 20) “En donde **Dr** corresponde al valor densidad real de las porciones solidas del suelo, esta se analiza mediante una división del peso del suelo secado al horno multiplicado por el volumen que ocupan los espacios solidos; por otra parte **Da** corresponde al valor de la densidad aparente, está es la masa contenida en una unidad de volumen de una muestra de suelo tal y como es, incluyendo el volumen ocupado por los poros; para analizarla, se divide el peso de un determinado volumen de tierra secada a estufa por ese volumen de suelo”.

Desventajas del suelo blando, (Raju, 2010, p.3) “En las construcciones no se trabaja con este suelo debido a que es malo, por eso en la mayoría de las obras se mejora el suelo con técnica o algún proceso que mejora las propiedades de ingeniería del suelo. Por lo general, las propiedades modificadas son resistencia al corte, rigidez y permeabilidad”.

Contenido de Humedad: La relación que hay entre la cantidad de agua contenida en la fracción en estado real y el peso de la fracción luego de ser secada en el horno a una temperatura que varía entre 105°C – 110°C, es llamado contenido de humedad. Eso refleja en forma de porcentaje, puede cambiar desde cero cuanto está totalmente seco hasta un máximo determinado que no exactamente es el 100%. Lo más importante del contenido de humedad que puede mostrar un suelo en un estudio son las características resaltantes para poder explicar el comportamiento de este, por ejemplo, la variación de volumen, la estabilidad mecánica y la cohesión.

$$w = 100 \times \frac{(mh - ms)}{(ms - mr)}$$

donde:

- w : Humedad (%)
- mh : Masa del recipiente más la muestra húmeda (g)
- ms : Masa del recipiente más la muestra seca (g)
- mr : Masa del recipiente (g)

Análisis granulométrico: el objetivo principal del ensayo es definir cuantitativamente la repartición de tamaños de partículas de un suelo, es decir definir los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de serie empleada en el ensayo, hasta el de 74 mm (N.º 200). Para la realización del ensayo será necesario contar con una balanza (con sensibilidad de 0.01 g.), una estufa u horno, envases para el adecuado secado de las muestras, cepillos, brochas y además de ello el juego de tamices de malla cuadrada con las siguientes aberturas:

Tabla 3. Tamices y aberturas para análisis granulométrico

TAMICES	ABERTURA (mm)
3"	75,000
2"	50,800
1 ½"	38,100
1"	25,400
¾"	19,000
3/8"	9,500
Nº 4	4,760
Nº 10	2,000
Nº 20	0,840
Nº 40	0,425
Nº 60	0,260
Nº 140	0,106
Nº 200	0,075

Fuente: Manual de ensayos de materiales, MTC.

Los materiales finos de la muestra según sean sus peculiaridades, la evaluación con tamices se hace, con la fracción de ensayo después de separar mediante lavado los finos.

Una vez secada la muestra resultante del procedimiento de lavado, se procede a realizar el tamizado de manera manual Moviendo los tamices de un lugar a otro y cubriendo toda la circunferencia de manera que la porción de muestra se mantenga en movimiento sobre la rejilla. Se determinará así el peso de cada una de las partes

de la muestra, haciendo uso de la balanza, los cuales serán anotados para realizar los cálculos correspondientes.

Para realiza los cálculos correspondientes al ensayo, se hace uso de las siguientes ecuaciones:

$$\% \text{ Pasa tamiz N}^\circ 20 = \frac{\text{Peso total} - \text{Peso retenido en el tamiz N}^\circ 200}{\text{Peso total}} * 100$$

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso retenido en el tamiz}}{\text{Peso total}} * 100$$

$$\% \text{ Pasa} = 100 - \% \text{ Retenido acumulado}$$

Realizando el procedimiento y cálculos correspondientes, se obtendrán datos que serán usados como parámetros para la clasificación del suelo.

Plasticidad de los suelos: Es la peculiaridad de un material por lo cual acepta deformaciones sin romperse ni agrietarse, esto se llama plasticidad.

El índice plástico se da en un rango estrecho de humedades, comprendidas entre los límites líquido y plástico, definido de la siguiente manera:

$$IP = LL - LP$$

expresando:

IP = Índice plástico.

LL = Límite líquido.

LP = Límite plástico.

Límite Líquido: Se define limite liquido como la capacidad de agua necesario para que la ranura de un suelo de 1 cm, ubicado en el equipo de Casagrande, se cierre después de haberlo dado golpes 25 veces desde una altura de 12mm. Los rangos de golpes comprenden: 15-20, 20-25, 25-30, (ver figura 4).

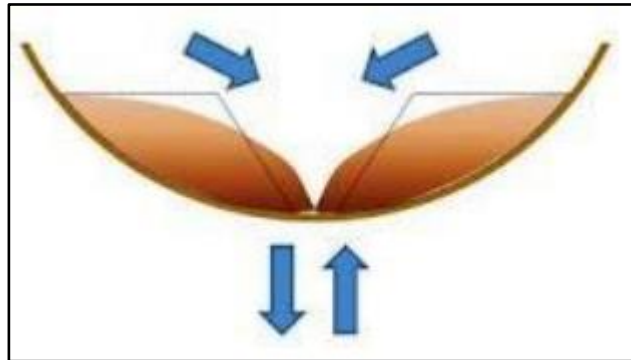


Figura 4. Desplazamiento de la muestra de suelo y cierre del surco en la cuchara de Casagrande.

Fuente. GEOSUPPORT. Estudios geotécnicos en los ámbitos de la edificación y la ingeniería civil.

Límite Plástico: Se define límite plástico a la menor humedad que puede tener el suelo tiene una conducta plástica, es decir, el suelo no permite deformaciones sin rotura. Para realizar este ensayo se utilizará una fracción de la mezcla preparada para el límite líquido, a la cual se deberá agregar suelo seco de tal manera que la pasta disminuya su contenido de humedad, posterior a ellos se deberá enrollar la muestra con la mano sobre una placa de vidrio hasta obtener cilindros de 3 mm. (ver figura 5)

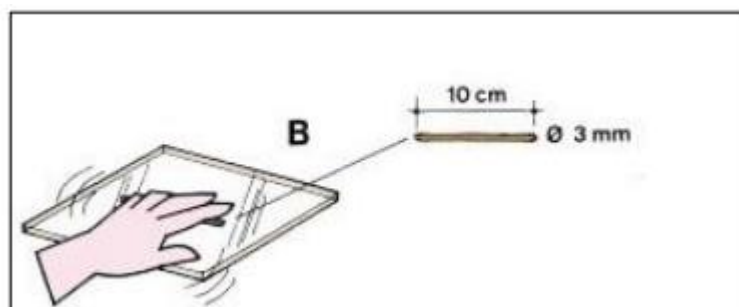


Figura 5. Formación de cilindros.

Fuente: FAO. 2017.

(La Tabla 4), presenta un cuadro como resumen con resultados típicos de consistencia de los diferentes tipos de suelo.

Tabla 4: Valores típicos de consistencia del suelo

PARÁMETROS	TIPOS DE SUELOS		
	ARENA	LIMO	ARCILLA
Límite Líquido (LL)	15 – 20	30 – 40	40 – 150
Límite Plástico (LP)	15 – 20	20 – 25	25 – 50
Límite de retracción (LR)	12 – 18	14 – 25	08 – 35
Índice de Plasticidad (IP) (%)	00 – 03	10 – 15	10 – 100

Fuente: Luis Bañón, 2000.

Clasificación AASHTO: De acuerdo con este sistema los suelos están clasificados dos grupos, el primer grupo está formado por suelos granulares y el otro grupo está constituido por suelos finos (ver tabla 6). Los grupos están designados por símbolos que van del A-1 al A-8; Se clasifican en siete grupos los suelos inorgánicos que van del A-1 al A-7, lo cual hace que este grupo se divida en subgrupos siendo un total de 12. Asu ves los el material que tiene mayor proporción a materia orgánica es clasificado en un a-8.

Suelos Granulares. El material que pasa por el tamiz N°200. Son aquellos suelos que tiene un 35% o menos de material fino. Las cuales son formados en grupos A-1 (A-1a, A-2b), A-2 (A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-2-7) y A-3

Suelos finos. Es el material fino que contiene más del 35% pasa por el tamiz N°200. Estos tipos de suelos conforman los grupos A-4, A-5, A-6, y A-7.

Grupo A-4: están dentro de este grupo el suelo limo nada plástico que cuenta con un 75% o más de material fino que pasa por el tamiz N°200.

Grupo A – 5: Los suelos comprendidos en este grupo son similares a los del anterior, pero contienen material micáceo o diatomáceo. Son elásticos y tiene un límite líquido elevado.

Grupo A-6: la característica de este grupo es la arcilla plástica, por lo menos el 75% de estos suelos deben pasar por el tamiz N°200, también están dentro de las combinaciones arcillo-arenoso cuyo porcentaje de arena y grava sea menor al 64%.

Grupo A-7: Los suelos de este grupo son iguales al tipo de suelo A-6 pero con cualidades elásticas, y su límite líquido elevado.

La clasificación de un terreno o suelo se basa a un determinado grupo con su límite líquido, su nivel de plasticidad y el porcentaje de la porción de finos que pasa por el tamiz N°200. Los grupos tienen índices, estos índices de suelos granulares están normalmente comprendidos entre 0 y 4; lo que corresponde al suelo limoso entre 8 y 12, y los suelos arcillosos varía de 11 a 20 o más.

Tabla 5: Clasificación de suelos según índice de grupo.

Índice de Grupo	Suelo de subrasante
IG > 9	Muy pobre
IG está entre 4 a 9	Pobre
IG está entre 2 a 4	Regular
IG está entre 1 a 2	Bueno
IG está entre 0 a 1	Muy bueno

Fuente: MTC, 2013.

Todas las peculiaridades requeridas para cada grupo y subgrupo, según sea el caso, son mostradas en la anterior tabla, (Tabla 5).

Tabla 6: Clasificación de suelos – Método AASHTO

Clasificación General	Suelos granulosos 35% máximo que pasa por tamiz 0.08 mm							Suelos finos más de 35% pasa por el tamiz de 0.08 mm				
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
Símbolo	A 1-a	A 1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
Análisis Granulométrico % Que pasa por el tamiz												
Nº 10	Máx. 50											
Nº 40	Máx. 30	Máx. 50	Máx. 50									
Nº 200	Máx. 15	Máx. 25	Máx. 10	Máx. 35	Máx. 35	Máx. 35	Máx. 35	Min. 35	Min. 35	Min. 35	Min. 35	Min. 35
Límites de Atterberg												
Límite de líquido	Máx. 6	Máx. 6		Máx. 40	Min. 40	Máx. 40	Min. 40	Máx. 40	Máx. 40	Máx. 40	Min. 40	Min. 40
Índice de Plasticidad				Máx. 10	Máx. 10	Min. 10	Min. 10	Máx. 10	Máx. 10	Min. 10	IP < LL-30	IP < LL-30
Índice de grupo	0	0	0	0	0	Máx. 4	Máx. 4	Máx. 8	Máx. 12	Máx. 16	Máx. 20	Máx. 20
Tipo de material	Piedras, gravas y arena		Arena fina	Gravas y arenas limosas y arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos		
Estimación general del suelo como subrasante	De excedente a bueno						De pasable a malo					

Fuente: MTC, 2013.

Clasificación SUCS: la clasificación SUCS hace que los suelos se dividan en: suelo orgánico, suelos de grano fino y suelo de grano grueso. Se pueden visualizar mediante el tamizado del material por tamiz N°200 los 2 tipos de suelo con grano fino y grueso. Los suelos con mayor grosor están conformados por los que se quedan retenidos en el tamiz N°200 y los de finura son los que atraviesan por el tamiz, la manera que uno confirma si el suelo es grueso si más del 50% de sus partículas se retiene en el tamiz y se llama finos si más 50% de sus partículas son de menor diámetro de dicho tamiz. Los suelos se determinan a través de símbolos de grupos.

Suelos gruesos: se distribuyen en material gravoso y arenoso, y se separa con el tamiz N°4, de forma que el suelo es parte del grupo gravoso si más de 50% retiene el tamiz N°4 y de caso contrario será del grupo arenoso. (ver tabla 7)

Suelos Finos: La clasificación considera que los suelos finos sean distribuíos por grupos; limoso orgánico (M), arcilloso inorgánica (CL). y limoso y arcilloso orgánica (O). estos tipos de suelos se dividen a su vez según su límite líquido, las cuales son en dos grupos cuya frontera es L1=50%.

Tabla 7. Clasificación de suelos metodo sucs.

DIVISIÓN MAYOR		SÍMBOLO	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIO DE CLASIFICACIÓN EN EL LABORATORIO		
SUELOS DE PARTÍCULAS GRUESAS Más de la mitad del material es retenido en la malla número 200 @	MÁS DE LA MITAD DE LA FRACCIÓN GRUESA ES RETENIDA POR LA MALLA N.º 4	GRAVAS				
		GRAVAS BIEN GRADUADAS, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos	GW	COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD Cu: mayor de 4. COEFICIENTE DE CURVATURA Cc: entre 1 y 3. $Cu = D_{60} / D_{10}$ $Cc = (D_{30})^2 / (D_{10}D_{60})$		
		GRAVAS MAL GRADUADAS, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos	GP	NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS DE GRADUACIÓN PARA GW.		
		GRAVAS LIMOSAS, mezclas de grava, arena y limo	GM	LÍMITES DE ATTERBERG ABAJO DE LA "LÍNEA A" O I.P. MENOR QUE 4.		
		GRAVAS ARCILLOSAS, mezclas de gravas, arena y arcilla	GC	LÍMITES DE ATTERBERG ARRIBA DE LA "LÍNEA A" CON I.P. MAYOR QUE 7.		
		ARENAS BIEN GRADUADAS, arena con gravas, con poca o nada de finos.	SW	$Cu = D_{60} / D_{10}$ mayor de 6 ; $Cc = (D_{30})^2 / (D_{10}D_{60})$ entre 1 y 3.		
		ARENAS MAL GRADUADAS, arena con gravas, con poca o nada de finos.	SP	No satisfacen todos los requisitos de graduación para SW		
		ARENAS LIMOSAS, mezclas de arena y limo.	SM	LÍMITES DE ATTERBERG ABAJO DE LA "LÍNEA A" O I.P. MENOR QUE 4.		
		ARENAS ARCILLOSAS, mezclas de arena y arcilla.	SC	LÍMITES DE ATTERBERG ARRIBA DE LA "LÍNEA A" CON I.P. MAYOR QUE 7.		
		SUELOS DE PARTÍCULAS FINAS Más de la mitad del material pasa por la malla número 200 @	MÁS DE LA MITAD DE LA FRACCIÓN FINA PASA POR LA MALLA N.º 4	LIMOS Y ARCILLAS	ML	G – Grava, S – Arena, O – Suelo Orgánico, P – Turba, M – Limo C – Arcilla, W – Bien Graduada, P – Mal Graduada, L – Baja Compresibilidad, H – Alta Compresibilidad
CL	CARTA DE PLASTICIDAD (S.U.C.S.) 					
OL						
MH						
CH						
OH						
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS					P	Turbas y otros suelos altamente orgánicos.

Fuete. Mecánica de Suelos.

Corte directo: Es la resistencia a compresión de un material. Es el fuerza máximo que puede soportar una muestra de un material. El suelo de la investigación es cohesivo es por ello que se realizara el ensayo de corte directo cual tiene referencia al ASTM D3080-90.

El ensayo de corte directo consiste en hacer deslizar una porción de suelo, respecto a otra a lo largo de un plano de falla predeterminado mediante la acción de una fuerza de corte horizontal incrementada, mientras se aplica una carga normal al plano del movimiento. En este se determinar la resistencia de una muestra de suelo, sometida a fatigas y/o deformaciones que simulen las que existen o existirán en terreno producto de la aplicación de una carga, encontrando así su cohesión y ángulo de fricción interno.

Proctor: El método está fundamentado en la determinación de las densidades secas de varias probetas, compactadas en igualdad de condiciones, pero con contenidos de humedad distintos. Para cada contenido de humedad se alcanza una designada densidad, de manera que estos valores, representados en coordenadas cartesianas, proporcionen la curva Proctor, en la cual se define la relación buscada. En la (tabla 8) se muestra un resumen de los valores del ensayo Proctor, tomando en cuenta el método y tipo de ensayo.

Tabla 8. Resumen del ensayo Proctor

Ensayo	Proctor Estándar	Proctor Modificado
Norma	NTP-339.142	NTP-339.141
Energía de Compactación	12,300 Lb.ft/ft ³	56,250 Lb.ft/ft ³ .
Peso del martillo	5.5 lb	10 lb
Altura de caída del martillo	12 pulgadas	18 pulgadas
Número de golpes por capas	depende del molde	depende del molde
Número de capas	3	5
volumen del molde cm ³	depende del método de prueba	depende del método de prueba

Fuente: Norma CE.20

Ensayo de consolidación: para realizar este ensayo de prueba de consolidación, la cual consiste en someter a un esfuerzo de compresión a una fracción de suelo inicial en estudio. En este caso la muestra debe ser una muestra real sin tener alguna sustancia fuera del retiro en otras palabras una muestra de suelo inalterada.

La fracción de suelo a utilizar en el ensayo es de forma cilíndrica con una altura reducida en una comparación a la dimensión de la misma. Esta porción de suelo es colocada dentro del anillo metálico la cual impedirá la deformación transversal de la misma, por lo cual el cambio de volumen se da únicamente por la dimensión de la altura de la porción de suelo (norma ASTM 2435). (ver figura 6)

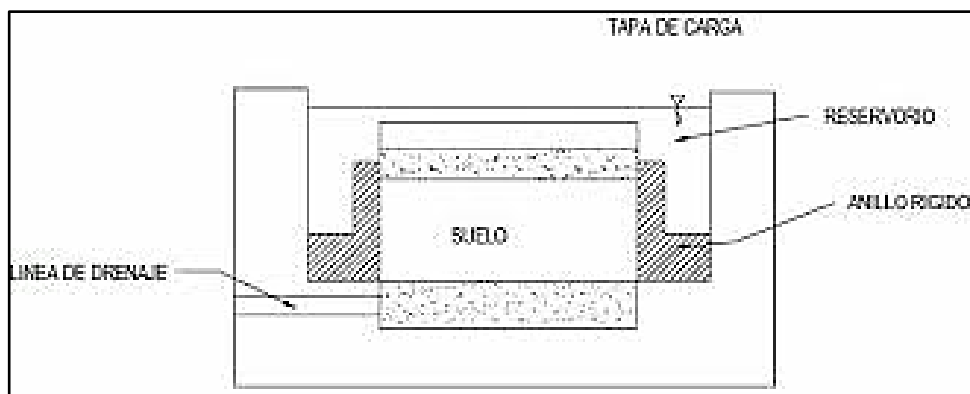


Figura 6. Consolidación, D 2435.

Fuente: ASTM.

Cono de arena: el método de cono de arena fue utilizado por el cuerpo de ingenieros U.S.A y acogido por las normas ASTM y AASTHO adaptada por la norma peruana del MTC E117. Un suelo natural o compactado requiere la determinación de la densidad in-situ. En la mayoría de los proyectos, esta verificación se logra con el cono de arena. El cono convencional utilizado en este ensayo es un aparato medidor de volumen, previsto de una válvula cilíndrica de 12,5 mm. de abertura, que controla el llenado de un cono de 6" de diámetro y 60° de ángulo basal. Un extremo termina en forma de embudo y su otro extremo se ajusta a la boca de un recipiente.

La arena de otawa es una arena tratada, que permite fluir dentro del cono, esta pasada por los tamices 10 y 20, retenida en la 30, se lava y se cada al aire libre.

El método de cono de arena no permite saber el grado de compactación, la norma MTC E - 114 nos dice que el grado de compactación debe ser mayor a 95%.

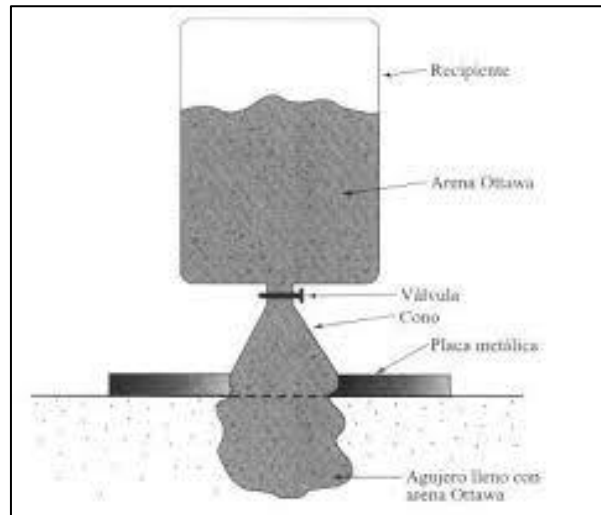


Figura 7. Cono de arena

Fuente: Universidad nacional de ingeniería.

Pilas de agregado compactado: Este sistema llamado pilas de grava compactada se da a finales de los años 1950 como un nuevo método de la vibro compactación, la cual es necesario la grava. En un suelo cohesivo la vibración profunda funciona cuando se aplica el sistema de pilas de grava, esto provoca el desplazamiento del terreno de forma lateral y la fusión e integración al compactar la grava contra el terreno. El diseño de proyectos civiles, hay áreas que no cumplen los requisitos para desarrollar el proyecto, se hace una identificación de algún tipo de falla la cual podría hacer que no sea aceptable una cimentación directa. El propósito de mejorar y aumentar un terreno mediante las columnas de grava es incrementar una cantidad de factores específicos en el suelo donde se desarrollará el proyecto, esos factores son la cohesión, el Angulo rozamiento, la deformación, densidad entre distintos para obtener un suelo óptimo para ejecutar una correcta cimentación.

En 1984, el Dr. Nathaniel Fox empezó amplificar un sistema de refuerzo en forma vertical al suelo mediante pilas de agregado compactado. La finalidad era darle un plus al método antiguo de como uno mejoraba los suelos de mala calidad, que anterior mente se daba retirando una cierta cantidad de suelo cambiándolo con un material de mejor calidad, el método antiguo era normal mente llamado método de sobre-excavación y remplazo.

De esta manera la finalidad del sistema de las pilas de agregado compactado, se dio para poder generar una ejecución rápida y eficaz para poder mejorar un terreno de mala calidad, con materiales rígidos (agregado compactado), dándole al suelo una mejor matriz, relativamente con una cantidad menor de quipos y menor tiempo.

Normativas Legales, es considera la norma como un inicio para el desarrollo de la investigación será la publicación que se realizó por American Society for Testing Materials (ASTM). El título de la publicación es: “Deep Foundations Improvements: Desing, Construction and Testing”, que fue publicado en el año 1994, con el número de validación ASTM STP 1089-1991.

Los sistemas tienen diferentes procedimientos debido a que estas están dirigidos a un tipo de suelo en la cual se realice la construcción de la obra.

(Grupo Terrafest, Sf, p.1) “Empleando un procedimiento mediante una compactación vertical patentada. El sistema que usa Impact usa un mandril patentado de desplazamiento para mejorar y fortalecer suelos que no tiene buena calidad como también suelos de buena calidad, también se puede usar en suelos con arcilla, suelos arenosos y limo blando, también en rellenos sin control, suelos impuros y suelos bajo el nivel freático. La ejecución de desplazamiento hace que la inclusión sin excavación y elimina el encamisado temporal. Sus propiedades de rentabilidad y rendimiento hacen que este tipo de sistema de pila es la solución adecuada para suelos susceptibles a asentamientos y colapso”.

Espaciamiento, la pila de grava es considerando micro-pilote, este se guía del diseño de pilas de concreto armado las cuales son de profundidades de 10m, 15m, 20m a más.

tabla 9. Espacio entre ejes de pilas.

ESPACIAMIENTO MÍNIMO ENTRE PILOTES	
LONGITUD (m)	ESPACIAMIENTO ENTRE EJES
$L < 10$	3b
$10 \leq L < 25$	4b
$L \geq 25$	5b

Fuente: NTP 2018.

B= diámetro de pilote.

En esta tabla (tabla 9) la profundidad de la pila es fundamental para determinar el espaciamiento mínimo que se debe considerar en el diseño. Este punto al ser para pilas de concreto también se considera para pilas de Grava Compactada, también la norma nos menciona que, si el caso de pilotes que sean instaladas por fricción tiene un espaciamiento de 1,20m.

Según Peck “la palabra pilote por fricción es inadecuado, ya que compromete que la fuerza de corte entre el pilote y el terreno, proviene obligadamente del rozamiento, pues también puede provenir de la adherencia.”

Procedimiento de Operación: el proceso para sistemas y trabajar con el método de sistema de pilas de grava compactada se desarrolla el integrar al suelo de una manera controlada un material selecto granulado, siendo a su vez compactado a través de una maquina vibradora con la finalidad de crear inclusiones no rígidas, esto muy parecidos a bulbos, estos bulbos tienen calidades mecánicas eficaz y a su vez teniendo una capacidad alta en drenaje.

Como se pudo especificar en un inicio, las pilas de grava compactada se encuentran dentro de los métodos para poder mejorar suelos las cuales es través de compactación dinámica y por vibración. Esos procedimientos son la vibro compactación clásica, la vibro sustitución y el vibro desplazamiento. Estos últimos dos procedimientos son métodos que normalmente se emplea para desarrollar columnas de grava. Lo que los hace diferentes a los dos tipos de perforación, es que el vibro desplazamiento conocido como vía seca, implica aire para que esta manera permita la perforación del vibrador, en cambio en método de vibro sustitución, conocida como vía húmeda, se da el uso de agua para que permita el ingreso del vibrador.

Ambas técnicas tienen faces similares para su construcción: El proceso constructivo comienza con la introducción del terreno a través del vibrador, la cual se desarrolla con ayuda tanto puede ser con agua o aire comprimido. La contribución del aire comprimido es fundamental para compensar los efectos de la aspiración en el caso del vibro desplazamientos.

Esta fase dos es solo para el procedimiento de vía húmeda, que se desarrolla con un incremento de dimensión de la perforación debido al flujo del agua. Esta circulación se encarga de limpiar los finos del terreno que se está mejorando. Se

llama vibro sustitución ya que el consiste que el elemento es retirado y cambiado por grava, mientras que la función del vibro desplazamiento no se pierde nada, solo se desplaza lateralmente. Una vez ya teniendo la profundidad se comienza la aplicación del agregado, la cual sus capas varían de 30 a 50 cm.

El proceso de vía seca nos permite, gracias a su mástil nos ayuda a mejorar la verticalidad del soporte y el otro ayuda incrementar el empuje estático hasta más de 35 T.

Los elementos de reforzamiento de las pilas de agregado son diseñados en un modelo de dos capas para el control de asentamiento en cimentaciones. El asentamiento en la "zona superior" es definido por la profundidad de los elementos P.A.C. La cual es una combinación de la longitud del fuste (H_s) y la longitud del bulbo, el cual es típicamente asumido igual al diámetro del elemento P.A.C. La "zona inferior" es la zona de suelo no-reforzada, sujeta a los esfuerzos de la zapata, por debajo de la punta del elemento P.A.C.

El asentamiento total de la cimentación es estimado usando la ecuación, sumando el asentamiento estimado en la zona superior y el asentamiento estimado en la zona inferior.

El asentamiento en la zona inferior es calculado usando métodos geotécnicos que incorporan: la predicción de la profundidad de la influencia de esfuerzos por debajo de la zapata (típicamente se extiende a dos veces el ancho de zapatas para zapatas cuadradas).

Los asentamientos granulares son hallados de la siguiente manera.

$$S_{lz} = \left(q * \frac{I_{lz}}{E_{lz}} \right) * H_{lz}$$

En la ecuación se menciona el "**q**" este es la presión promedio en el fondo de la zapata, **I_{lz}** es el factor de influencia de esfuerzo en la zona inferior, se considera también el espesor de la zona inferior y el módulo de elástico del suelo en la zona inferior.

Rigidez, las columnas de agregado necesitan alcanzar el bulbo de presiones como mínimo para su uso a comparación de los pilotes el cual se instalará hasta llegar a suelo lo bastante resistente (Carvajal y Mora-Rey, 2014, p. 6).

“Rendimiento del sistema Rammed Aggregate Pier (RAP) utilizado como solución de mejora del suelo bajo un terraplén ferroviario fundado en arcillas duras de blandas a medias un ejemplo es el terraplén ferroviario varían de 10 a 15 m con un ancho de cresta de 14.5 m. Las pendientes de los terraplenes se construyeron con gradientes de 1V: 2H. Antes de la colocación del terraplén, se instalaron elementos RAP para mejorar la capacidad de carga y las respuestas de asentamiento y acelerar la tasa de asentamiento (es decir, consolidación) en el sitio del proyecto. Las investigaciones del sitio revelaron que el perfil del suelo subyacente está compuesto por capas dispersas de arena relativamente delgadas, plasticidad de baja a alta, capas de arcilla blandas a rígidas con un espesor total de 15 m. Debajo de esta capa, existe una capa de arcilla limosa muy rígida que se extiende hasta la profundidad de 40 m. Antes de la colocación del relleno de terraplén, se realizaron pruebas in-situ y pruebas de carga de Geopier Impact™ a gran escala para optimizar el método y el patrón de mejora del suelo. Además, se instalaron profilómetros hidrostáticos para monitorear la respuesta de asentamiento del terraplén y los suelos de cimentación”. (ver figura 8)

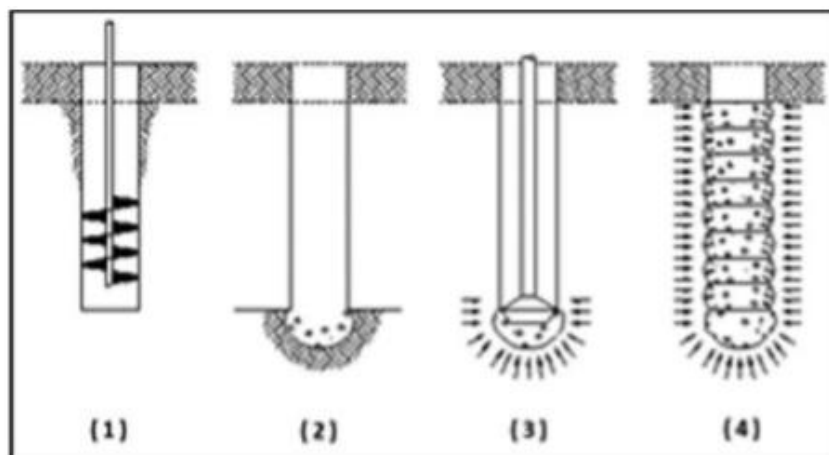


Figura 8. Proceso de compactación de grava

Fuente. Manual de Diseño agregado Compactada.

Prueba de carga: una vez se tiene finalizado la pila de agregado, se realiza una prueba de módulo de carga, el cual busca verificar el valor del módulo de rigidez, asumiendo en el diseño. Esta prueba puede realizarse en una pila de prueba que se construye cercano al sitio de las pilas o definitivas o directamente en las pilas que resistirán las cargas. Esta se realiza instalando un testigo encima de la primera capa del bulbo del fondo, con el fin de monitorear las deformaciones en las partes inferiores del elemento. En la parte superior se coloca una placa de acero. Los desplazamientos verticales se miden a través de micrómetros colocados sobre la testa de la pila. El ensayo de módulo de carga se debe realizar de forma parecida al ensayo de método de carga estándar como dice la norma ASTM D 1143, que esta establece que la carga debe ser incrementada gradualmente entre diez y quince incrementos de 10 a 15% del esfuerzo del diseño calculado en la cabeza de las pilas.

Se definen los incrementos y decrementos de carga a los que somete la pila según el diseño del proyecto, el cual considera el diagrama de esfuerzos bajo las fundaciones de las estructuras y las propiedades geotécnicas del terreno de emplazamiento. (ver figura 9)



figura 9. Prueba de módulo de rigidez.

Control de calidad: las pruebas que se realizan para la calidad son llamadas BST y CST (estabilidad de fondos), Estas pruebas se realizan para verificar principalmente la capa de fondo del elemento Geopier (Grado de estabilización), así como comparar distintos elementos construidos en la obra, y a su vez verificar al elemento donde se medirá el módulo de rigidez, de manera de tener mediciones que conformen el comportamiento y grado de compactación de las pilas de agregado instaladas en la plataforma de trabajo. La prueba de estabilización de Fondo (BST) y prueba de estabilización estática (CST) se debe

realizar de preferencia en el fondo (sobre el bulbo de fondo) del elemento Geopier, este resultado se puede verificar tomando unas medidas en el centro y en el tope de la pila de agregado compactado.

Agregados: En el material usado para conformar las pilas de agregado compactado, para el cual se deben tener las siguientes consideraciones:

La grava debe contener menos del 10% de finos (material que pasa la malla N°200), este material debe ser aprobado por el equipo constructor.

Para el cuerpo de la pila de agregado compactado la grava que se usara serán las de ½" hasta 1 ½" y debería estar libre de escombros y vegetación. La selección del tamaño depende del proyecto, ya que cada proyecto tiene una cantera predestinada y dependiendo de esta se selecciona el tamaño requerido.

Tabla 10. Granulometría Referencial

Tamiz No.	Abertura [mm]	Peso retenido [g]	Porcentaje Retenido	Porcentaje Acumulado	Porcentaje que Pasa	Requisito de % que Pasa [#]
1 1/2	37.5	0	0	0	100	100
1	25	1.2	4	4	96	95 a 100
3/4"	19	9.3	30	34	66	-
1/2"	12.5	6.8	22	56	44	25 a 60
3/8 "	9.5	4.3	14	70	30	-

Fuente. Norma Técnica Peruana 400.037

Los equipos que se utilizan para poder movilizar la grava son la retroexcavadora, Minicargador o Telehandler.

El sistema de pilas de grava compactada da la posibilidad de mejorar el terreno mediante elementos selectos dando mejores características mecánicas y geométricas controladas, siendo en ellas la disminución de los asentamientos totales y distintivos, disminuir el periodo de consolidación y disminuir el porcentaje de hundimiento del terreno.

Sistema de Pilas de agregado Compactado, el propósito inicial de las pilas de grava compactada, fue el diseñar un proceso que fuese práctico y eficiente para reemplazar suelos blandos comprensibles, por materiales más rígidos (en este caso hace referencia al agregado compactado), mejorando de esta forma la matriz del suelo circundante, con relativamente poco equipo de construcción. (Nathaniel,1990, p.2)

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

3.1.1 Tipo de investigación

Aplicada: Está dirigida a determinar a través del conocimiento científico, los medios (metodologías, protocolos y tecnologías) por los cuales se puede cubrir una necesidad reconocida y específica”.

Tipo de investigación según CONCYTEC es investigación aplicada.

3.1.2 Diseño de investigación

Según Hernández y Baptista, 2014, p.151 dice:

“El diseño de investigación busca responder las preguntas, cumplir con los objetivos planteados y poner a prueba la hipótesis. La presente investigación se ubica en el diseño experimental, porque se va manipular la variable independiente y ver cuáles son los efectos que causa a la variable dependiente”.

El estudio de investigación tiene modelo de diseño experimental.

Enfoque de Investigación

Según Ruiz, 2012, p.45 dice:

“El enfoque de esta investigación es controlado, disciplinado y sistematizado hasta directamente relacionada a los métodos de análisis: cualitativa y cuantitativa”.

Esta tesis tiene enfoque cuantitativo debido a que busca comprobar la hipótesis planteada a través de recolección de datos y la medida numérica.

Nivel de Investigación

Según Suarez, 2012, p.13 dice:

La investigación explicativa busca establecer las causas de hechos, circunstancias o fenómenos que son objeto de estudio, ya sean físicos o sociales. Su objetivo se focaliza en justificar por qué sucede un hecho, las condiciones en las que se manifiesta y la relación que pudiera existir entre las variables.

Esta tesis será de nivel explicativo por que define variables y define los conceptos.

3.2 Variable y Operacionalización

Para definir variables, Rengel, Giler (2018) sostienen que:

“Las variables son características o cualidades de la hipótesis y se expresa como una magnitud o cantidad susceptible de variación, que permite el análisis, medición, manipulación o control.” (p.77).

Variable independiente

Sistemas de pilas de agregado compactado.

Definición conceptual

“De esta manera, el propósito inicial de las pilas de grava compactada, fue el diseñar un proceso que fuese práctico y eficiente para reemplazar suelos blandos comprensibles, por materiales más rígidos (en este caso hace referencia al agregado compactado), mejorando de esta forma la matriz del suelo circundante, con relativamente poco equipo de construcción”. (Nathaniel,1990)

Variable dependiente

Suelo arcilloso.

Definición conceptual

“En las construcciones no se trabaja con este suelo debido a que es malo, por eso en la mayoría de las obras se mejora el suelo con técnica o algún proceso que mejora las propiedades de ingeniería del suelo. Por lo general, las propiedades modificadas son resistencia al corte, rigidez y permeabilidad” (Raju, 2010, P.3).

Operacionalización

Anexo n.3 → operacionalización de variable.

3.3 población, muestra y muestreo

Población

Según Tamayo, 2012, p.123 dice:

“La población es todo el conjunto de las unidades de estudio que pertenecen a la zona de estudio donde se llevara el desarrollo de la investigación”.

La investigación tiene como población el suelo de fundación de todo el distrito de Carabaylo.

Muestra

Según Toledo, 2015, p. 6 sostiene que:

“La muestra viene hacer un monto que debes tomar de la población para poder ejecutar un estudio, que se toma en montos representativos de la población”.
(p.138)

La presente investigación se encuentra espalda de la Av. Tupac Amaru Km 23 entre la calle Vargas Machuca cruce con la calle Pacayal distrito de Carabaylo.
(ver fig. 11)

Se considero este distrito por la presencia de su suelo arcilloso, este es difícil de controlar ya que sus propiedades de contracción y expansión al contacto con la lluvia complicaría la construcción y post – construcción. (ver figura 10)

Tabla 11. zonas sísmicas

Tabla N° 1 FACTORES DE ZONA "Z"	
ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

Fuente: Norma E.030

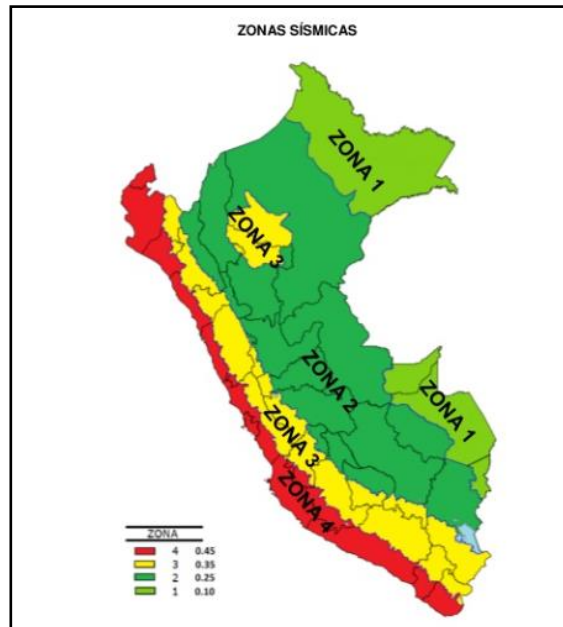


Figura 10. zonas sísmicas

Fuente: norma E.030



Figura 11. Ubicación de la zona de muestra.

Muestreo

Según Hernández, 2012, p.127 define que:

“Es el conjunto de ordenamientos que se realizan para estudiar el repartimiento de la totalidad de la población con determinada característica, a partir de la observación de una parte o subconjunto de población, nombrada muestra.”

En esta investigación se realizará el muestreo de tipo general no probabilístico intencional, porque estará constituido por las muestras que se realizaran en 3 calicatas en un área de 550 metros cuadrados.

3.4 técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Técnica de recolección de datos

Arias, 2012, p.67 dice:

“Se entiende como técnica de investigación, el proceso o la particularidad de una forma de obtención de datos o valores de información, siendo las técnicas específicas o particulares de una disciplina, por lo cual ayuda a complementar al método científico el cual cuenta con una aplicabilidad general”.

La técnica que se empleará en el presente trabajo será la observación esta técnica permitirá seleccionar datos que se obtendrán en el laboratorio y también datos que se obtendrán de los ensayos In Situ, es decir datos de campo.

Instrumentos

Según Palella y Martins, 2012, p.125 dice:

“Que los instrumentos son los recursos del cual el investigador considere para lograr obtener información”

Los instrumentos fueron elaborados para cada ensayo a realizar en cuanto a la variable que se va a manipular. Con ello se busca recolectar los datos obtenidos en la realización de cada ensayo de laboratorio.

Esta investigación se considera los siguientes instrumentos:

Corte directo → Anexo 5

Compactación → Anexo 6

Granulometría → Anexo 7

Validez

Según Carrasco, 2007, p.336 sostiene que:

“Esta característica de los instrumentos que se van a utilizar en la investigación radica que estos midan con exactitud y autenticidad todo aquel resultado que se quieran medir a una variable”.

Los instrumentos utilizados en la investigación para recopilación de datos establecidos, contará con la certificación de validez que será firmado por un especialista o técnico experto en el tema.

Tabla 12. Rangos y magnitud de Validez.

Rangos	Magnitud
0.53 a menos	validez nula
0.54 a 0.59	validez baja
0.60 a 0.65	valida
0.66 a 0.71	muy valida
0.72 a 0.99	excelente validez
1.0	validez perfecta

Fuente: confiabilidad y validez de instrumentos de investigación, 2013, p.13.

La presente investigación será evaluada por tres ingenieros civiles especializados, la validez la darán estos ingenieros.

Tabla 13. Coeficiente de validez por juicio de expertos.

Validez	Experto 1	Experto 2	Experto 3	Promedio
Juicio de expertos	1	1	1	1
	1	1	1	1
	1	1	1	1
índice de validez				1

Fuente: elaboración propia

Confiabilidad

Quero, 2014, p.248 menciona que:

“La confiabilidad quiere decir que cuando se utiliza un instrumento o equipo de diferentes ocasiones y nos arroja resultados coherentes o una medida a precisión y que sea confiable de forma consiente”.

Para garantizar la confiabilidad, los equipos para los ensayos serán calibrados antes de ser utilizados para los ensayos de estudio de suelo, tiene que existir una ficha técnica o certificación que nos garantice la seguridad que está calibrados.

Tabla 14. Rangos y magnitudes de confiabilidad.

Rangos	Magnitud
0.53 a menos	confiabilidad nula
0.54 a 0.59	confiabilidad baja
0.60 a 0.65	confiable
0.66 a 0.71	muy confiable
0.72 a 0.99	excelente confiabilidad
1.0	confiabilidad perfecta

Fuente: Confiabilidad y validez de instrumento de investigación, 2013, p.5.

3.5 Método de análisis de datos

Hernández, 2016, p.34 manifiesta que:

“Es el procedimiento con el cual un todo complejo se extrae en varias partes y caracteres. El análisis permitirá el fraccionamiento del todo en sus variables relacionadas y componentes”.

En esta investigación se analizará los datos mediante ensayos de mecánica de suelos, los cuales serán realizados en un laboratorio, el cual cuente con una certificación.

3.6 Aspectos éticos

Según Adolfo, 2015, p.15 dice:

“Los aspectos éticos engloban la particularidad de la moral, compromiso de la moral, así como respetar los aportes científicos de otros autores”.

Para lograr los objetivos en el proyecto de investigación, como investigador estoy comprometido a respetar los datos tomados de los diversos manuales que nos permiten desarrollar la investigación.

Como investigador me comprometo a respetar lo auténtico del contenido, lo cual provoca que el desarrollo de la presente investigación sea a través de fuentes

realmente confiables, de igual manera con respecto a la manipulación de técnicas e instrumentos que se manejarán, serán las adecuadas para interpretar los valores finales que se pretende alcanzar, además los indicadores del estudio ayudarán a llegar a los propósitos específicos.

IV. RESULTADOS

Validez racional (conocimiento): Deben ser conceptos que se han buscado en la literatura y donde el investigador es conocedor del tema que se estudia. El principio de la validez racional, se basa cuando los conceptos están evaluados, están consensuados y han sido aceptados.

La presente investigación se realiza por la validación racional, se utilizará este tipo de validez ya que nos encontramos en una situación muy delicada y peligrosa para todos, la cual nos encontramos en estado de emergencia sanitaria por el covid-19 provocando distanciamiento social afectando los sectores de construcción entre otros, de esta manera evitando el aumento de víctimas por la pandemia, por lo siguiente no estamos aptos para salir a realizar los ensayos ya propuestos en la investigación de tal manera que nos basaremos en los resultados de trabajos ya realizados, los valores obtenidos por Huamán en su tesis: “Mejoramiento del suelo arcilloso utilizando Geoestructuras de Geopier para una edificación en la avenida Juan Lecaros frente al estadio municipal de puente piedra, 2018”, las cuales serán requeridas la resistencia mecánica, el asentamiento y densidad, generado por las Geoestructuras Geopier, ya que esta investigación nos aporta con unos de los sistemas que fue planteado en la presente investigación, los resultados serán comparados con el estudio de campo anteriormente realizado en el laboratorio J.J. GEOTECNIA S.A.C. de esa forma gracias a Huamán y podremos hacer una comparación que es lo que se plantea en el presente estudio.

Características del suelo.

El suelo estudiado para la presente investigación, la muestra que se llevó fueron los 40 kilos requeridos por el laboratorio la profundidad de la muestra fue de 1.50 metros la cual después de la evaluación, tiene una clasificación (CL), del grupo de A-6, teniendo característica de suelo arcilloso de baja plasticidad como podemos observar (Anexo N.8), de esta manera obteniendo los datos del suelo en estudio se presenta los siguientes resultados.

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCION DE LA MUESTRA		
5"	127.000	100.0	/	CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216)		
4"	101.600	100.0		Contenido Humedad (%)	15.0	
3"	76.200	100.0		LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318)		
2 1/2"	63.300	100.0		Límite Líquido (LL)	35	
2"	50.800	100.0		Límite Plástico (LP)	20	
1 1/2"	38.100	100.0		Índice Plástico (IP)	14	
1"	25.400	100.0		Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)
3/4"	19.000	100.0		0.0	10.9	89.1
1/2"	12.500	100.0		CLASIFICACIÓN DE SUELOS		
3/8"	9.500	100.0		Clasificación SUCS (ASTM D2487)		CL
Nº 4	4.750	100.0		Clasificación AASHTO (D3282)		A-6 (10)
Nº 10	2.000	99.9		Nombre del Grupo	Arcilla de baja plasticidad	
Nº 20	0.840	99.8		INDICACIONES:		
Nº 40	0.425	99.3		<i>El método de secado para el ensayo de contenido de humedad fue en horno de laboratorio controlado a 110±5°C.</i>		
Nº 60	0.250	98.4				
Nº 100	0.150	96.7				
Nº 200	0.075	89.1				

figura 12: Análisis granulométrico.

Fuente: Elaboración propia, anexo N.8.

La densidad de campo lo tenemos a través de del ensayo de cono de arena guía ASTM D1556, obteniendo los siguiente:

1	Peso de material + Tara	g	5023
2	Peso de la tara	g	20
3	Peso neto del suelo + grava (1-2)	g	5003
4	Peso de frasco + arena (antes)	g	7838
5	Peso de frasco + arena (después)	g	1895
6	Peso de la arena del embudo	g	1740
7	Peso neto de la arena empleada (4-5-6)	g	4203
8	Densidad de la arena	g/cm ³	1.40
9	Volúmen del hueco (7/8)	cm ³	3002
10	Peso de la grava (retenido malla 3/4")	g	—
11	Densidad de la grava	g/cm ³	—
12	Volúmen de la grava (10/11)	cm ³	—
13	Peso del suelo (3-10)	g	5003
14	Volumen del suelo (9-12)	cm ³	3002
15	Densidad del suelo húmedo (13 / 14)	g/cm ³	1.666
16	Humedad contenida en el suelo	%	14.8
17	Densidad del suelo seco 15 / (1 + 16/100)	g/cm ³	1.452
PORCENTAJE DE COMPACTACION		%	.
CONTENIDO DE HUMEDAD			
1	Porcentaje de Humedad corregida	%	14.80

Figura 13: Densidad de campo.

Fuente: elaboración propia, Anexo N.13.

Densidad seca:

(Densidad húmeda / 100 + contenido húmedo corregido) x 100

$(1.666 / 100 + 14.80) \times 100 = 1.48 \text{ gr/cm}^3$

Grado de compactación:

(Densidad seca / Max densidad seca) x 100

$(1.48 / 1.823 \times 100) = 81.18 \rightarrow 81 \%$

Para obtener la resistencia del suelo realizamos el ensayo de corte directo norma ASTM D3080.

ESPECIMEN 1			VELOCIDAD DE CORTE 0.5 mm/min			ESPECIMEN 3		
<i>Altura Inicial:</i>	23.9	mm	<i>Altura Inicial:</i>	23.9	mm	<i>Altura Inicial:</i>	23.9	mm
<i>Lado de caja :</i>	60.7	mm	<i>Lado de caja :</i>	60.7	mm	<i>Lado de caja :</i>	60.7	mm
<i>Area Inicial:</i>	28.9	cm ²	<i>Area Inicial:</i>	28.9	cm ²	<i>Area Inicial:</i>	28.9	cm ²
<i>Densidad Seca:</i>	1.469	gr/cm ³	<i>Densidad Seca:</i>	1.469	gr/cm ³	<i>Densidad Seca:</i>	1.467	gr/cm ³
<i>Humedad Inic.:</i>	14.1	%	<i>Humedad Inic.:</i>	14.1	%	<i>Humedad Inic.:</i>	14.1	%
<i>Est. Normal :</i>	0.51	kg/cm ²	<i>Est. Normal :</i>	1.01	kg/cm ²	<i>Est. Normal :</i>	2.03	kg/cm ²
<i>Est. Corte:</i>	0.23	kg/cm ²	<i>Est. Corte:</i>	0.38	kg/cm ²	<i>Est. Corte:</i>	0.73	kg/cm ²

Deformacion horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm2)	Esfuerzo Normalizado (σ _v)	Deformacion horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm2)	Esfuerzo Normalizado (σ _v)	Deformacion horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm2)	Esfuerzo Normalizado (σ _v)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.41	0.17	0.43	0.41	0.26	0.33	0.41	0.50	0.32
0.82	0.20	0.50	0.82	0.31	0.39	0.82	0.58	0.36
1.24	0.21	0.52	1.24	0.33	0.41	1.24	0.62	0.38
1.65	0.22	0.53	1.65	0.34	0.43	1.65	0.65	0.40
2.47	0.23	0.57	2.47	0.36	0.45	2.47	0.68	0.42
3.30	0.23	0.56	3.30	0.37	0.45	3.30	0.70	0.42
4.12	0.22	0.52	4.12	0.36	0.45	4.12	0.72	0.43
4.94	0.22	0.52	4.94	0.37	0.44	4.94	0.71	0.43
5.77	0.21	0.50	5.77	0.36	0.43	5.77	0.70	0.41
6.59	0.20	0.47	6.59	0.37	0.43	6.59	0.71	0.42
7.42	0.20	0.47	7.42	0.36	0.42	7.42	0.70	0.40
8.24	0.19	0.44	8.24	0.36	0.42	8.24	0.71	0.41
9.06	0.19	0.44	9.06	0.36	0.41	9.06	0.71	0.40
9.89	0.23	0.52	9.89	0.38	0.43	9.89	0.71	0.40
10.71	0.22	0.50	10.71	0.38	0.43	10.71	0.72	0.41
11.54	0.23	0.52	11.54	0.38	0.43	11.54	0.73	0.40
12.36	0.23	0.50	12.36	0.38	0.42	12.36	0.73	0.40
13.18	0.23	0.50	13.18	0.38	0.41	13.18	0.72	0.39
14.01	0.22	0.48	14.01	0.38	0.41	14.01	0.72	0.39
14.83	0.23	0.49	14.83	0.38	0.40	14.83	0.72	0.38
15.66	0.22	0.47	15.66	0.37	0.39	15.66	0.71	0.37
16.48	0.22	0.46	16.48	0.37	0.39	16.48	0.71	0.37

Figura 14: Resistencia del suelo.

Fuente: elaboración propia, anexo N. 9

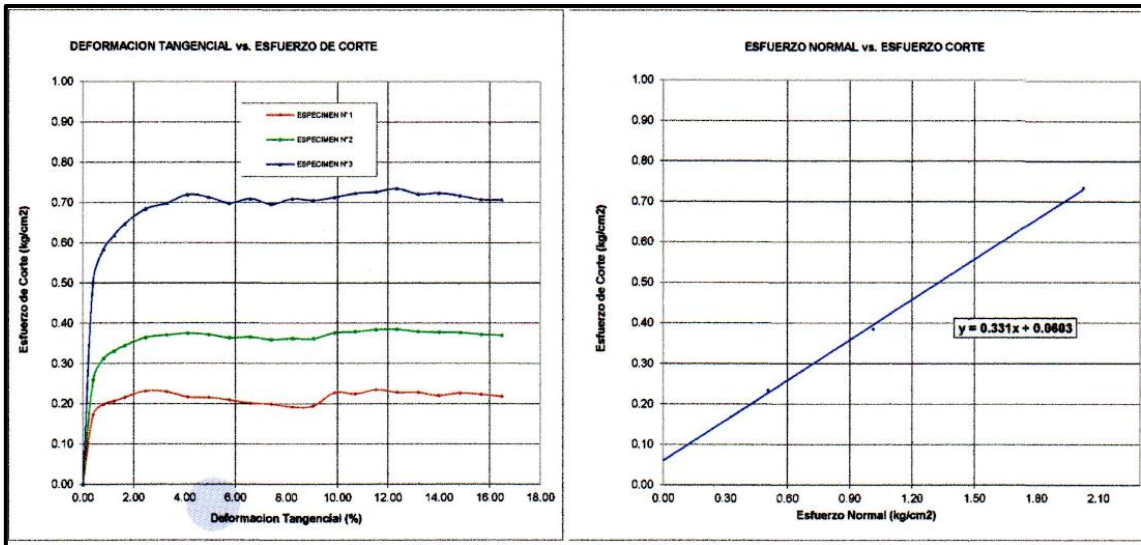


Figura 15: Gráfica de la resistencia del suelo.

Fuente: elaboración propia, anexo N. 10

De acuerdo al estudio se tiene 3 espécimen que varía de acuerdo a la presión, por lo que tomamos el valor de la resistencia del suelo de 0.73 kg/cm³. Como cohesión tiene un valor de 0.06 kg/cm² y un ángulo de fricción de 18.3°.

De acuerdo al estudio para obtener el asentamiento del suelo hacemos el ensayo de consolidación guía ASTM D 2435.

	DATOS	
	INICIALES	FINALES
Humedad (%)	15.6	13.4
Peso específico seco (g/cm³)	1.44	1.58
Relación de vacíos	0.853	0.692
Grado de saturación (%)	48.8	41.9
Peso específico relativo de sólidos G_s =	2.67	
Índice de compresibilidad, C_c	0.397	

INCREMENTO DE CARGA kPa	RELACIÓN DE VACÍOS INSTANTÁNEA	COEFICIENTE DE CONSOLIDACIÓN (cm ² /min)
0	0.853	---
25	0.813	0.2634
50	0.769	0.2339
100	0.674	0.2599
200	0.517	0.2737
400	0.397	0.2283
100	0.411	---
25	0.443	---

Figura 16: Ensayo de consolidación.

Fuente: Elaboración propia, Anexo N.11

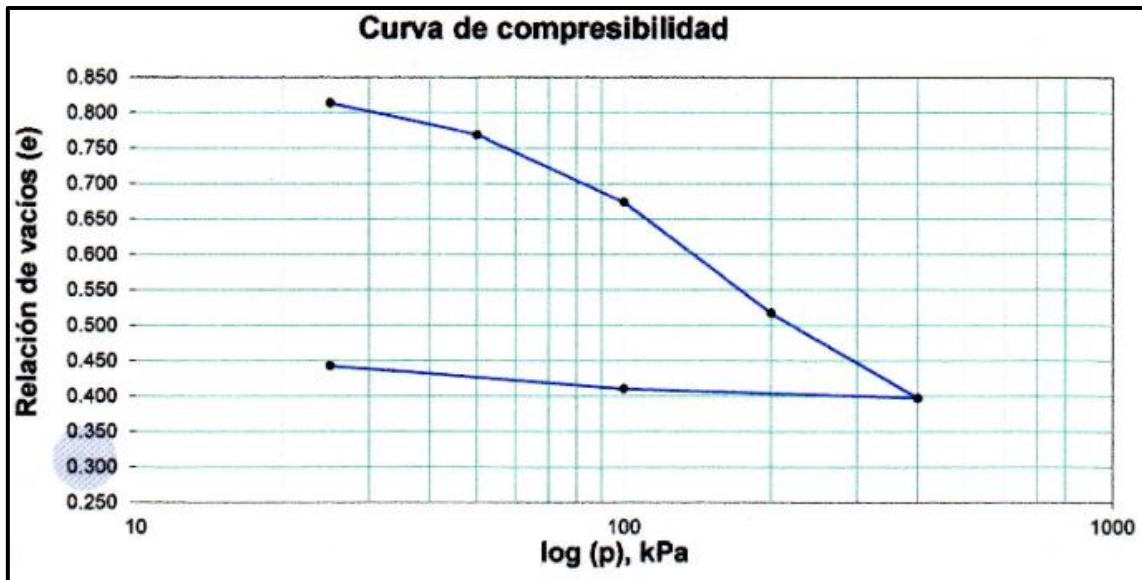


Figura 17: Gráfica representativa de ensayo de consolidación.

Fuente: elaboración propia, Anexo N.12

Tabla 15: Resumen de deformaciones.

presión aplicada kPa	presión aplicada kg/cm ²	Deformación Δh
0	0	0.853
25	0.25	0.813
50	0.5	0.769
100	10	0.674
200	20	0.517
400	40	0.397
100	10	0.411
25	0.25	0.443

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo a la tabla resumen obtenemos el valor de 85 mm el equivalente a 8.5 cm, este es el resultado que asienta el suelo.

Al diseñar una cimentación en el suelo natural estudiado tenemos lo siguiente para poder hallar su asentamiento elástico.

Cuadros Auxiliares					
Tipo de Suelo		Es (Ton/m²)			
Arcilla Muy Blanda		30 - 300			
Blanda		200 - 400			
Media		450 - 900			
Dura		700 - 2000			
Arcilla Arenosa		3000 - 4250			
Suelos Glaciares		1000 - 16000			
Loess		1500 - 6000			
Arena Limosa		500 - 2000			
Arena : Suelta		1000 - 2500			
: Densa		5000 - 10000			
Grava Arenosa : Densa		8000 - 20000			
: Suelta		5000 - 14 000			
Arcilla Esquistosa		14000 - 140000			
Limos		200 - 2000			
Tipo de Suelo		μ (-)			
Arcilla: Saturada		0.4 - 0.5			
No Saturada		0.1 - 0.3			
Arenosa		0.2 - 0.3			
Limo		0.3 - 0.35			
Arena : Densa		0.2 - 0.4			
De Grano Grueso		0.15			
De Grano Fino		0.25			
Roca		0.1 - 0.4			
Loess		0.1 - 0.3			
Hielo		0.36			
Concreto		0.15			
Forma de la Zapata		Valores de I_f (cm/m)			
		Cim. Flexible		Rígida	
Ubicación		Centro	Esq.	Medio	---
Rectangular L/B = 2		153	77	130	120
L/B = 5		210	105	183	170
L/B = 10		254	127	225	210
Cuadrada		112	56	95	82
Circular		100	64	85	88

Fórmulas Para Estimar Es :

Arenas: Es = 50 (N + 15) Ton/m²

Arenas Arcillosas: Es = 30 (N + 5) Ton/m²

Arcillas Sensibles Normalmente Consolidadas Es = (125 a 250) q_u

Arcillosa Poco Sensibles: Es = 500 q_u

N : Spt

q_u : Compresión Simple (Ton/m²)

Figura 18: asentamiento elástico.

Fuente: Jorge Alva, Diseño de cimentaciones superficiales, pag. 29.

A_E: asentamiento elástico

$$A_E = \frac{qB(1 - \mu^2)I_f}{E_s} \dots (2)$$

Dónde:

A_E: asentamiento inmediato en cm

μ = relación de Poisson

I_f = Factor de forma

E_s = Módulo de elasticidad en kg/cm²

q = Presión admisible en kg/cm²

B = Ancho de cimentación en cm

Las propiedades elásticas del suelo de cimentación fueron asumidas a partir de tablas publicadas con valores para el tipo de suelo existente donde ira la cimentación.

$$I_f = \frac{2}{\pi} \left[m \cdot \ln \left(\frac{1 + \sqrt{m^2 + 1}}{m} \right) + \ln(m + \sqrt{m^2 + 1}) \right] \dots (3)$$

Siendo m = L/B longitud representativa del área de la carga

Teniéndose los siguientes valores de acuerdo al tipo de suelo (Tablas de elasticidad):

Arcilla blanda, saturada:

$$\mu = 0.45, E_s = 30 \text{ kg/cm}^2$$

Del ensayo de corte directo: (cohesión)

$$c = 0.0603 \text{ Kg/cm}^2$$

$$c = 0.603 \text{ Ton/m}^2$$

$$\varphi = 18.3^\circ$$

Y utilizando los siguientes valores de cimentación:

Tabla 16. factor de capacidad de carga (Vesic)

Df (m)	B (m)	N _c	N _q	N _γ
1.2	1.0	13.36	5.43	4.26

Fuente: Jorge Alva, Diseño de cimentaciones superficiales, pág. 16.

Utilizando la ecuación establecida por Terzagui & Peck (1967) para cimentación cuadrada:

$$q_0 = 1.3cN_c + \gamma D_F N_q + 0.4\gamma B N_\gamma \dots (4)$$

Donde:

q_0 = Capacidad de carga (Ton/m²)

c = Cohesión (Ton/m²)

γ = Peso volumétrico del suelo (Ton/m³) = 1.66 (ensayo de densidad)

D_F = **Profundidad de cimentación** (m)

B = **Ancho de cimentación** (m)

N_c, N_q, N_γ : Parámetro de capacidad de carga (Vesic 1973)

Reemplazando valores en (4) para situaciones saturadas:

$$q_0 = 1.3 \times 0.603 \times 13.10 + 1.66 \times 1.2 \times 5.26 + 0.4 \times 1.66 \times 1.0 \times 4.07$$

$$q_0 = 23.56 \text{ Ton/m}^2$$

$$q_0 = 2.36 \text{ Kg/cm}^2$$

Y ahora reemplazando en (3) para $m = 1$ (cimentación cuadrada)

$l_f = 1.122$ (lf cuadrado)

Y luego reemplazando en (2)

$$A_E = \frac{2.25 \times 1.0 \times (1 - 0.45^2) \times 1.122}{30} = 7.03 \text{ cm}$$

Tabla 17. Cuadro resumen, características del suelo blando.

	Suelo Blando	Valor
Densidad del suelo	1.48	gr/cm ³
Grado de compactación	81	%
Resistencia del suelo	0.73	kg/cm ²
Asentamiento	8.5	cm

Fuente: elaboración propia.

Interpretación: Los resultados obtenidos por los ensayos ya realizados tenemos los siguientes valores: La resistencia del suelo tenemos como valor 0.73 kg/cm² (anexo N.9) por la norma MTC E 121 nos dice que su valor es de consistencia mediana., En el asentamiento del suelo tenemos como valor 8.5 cm (anexo N.11) siendo un valor no óptimo por lo que la norma E.050 nos dice que tiene ser menor a 1" ósea 2.54 cm., también podemos obtener el valor de la densidad del suelo que tiene un valor de 1.48 gr/cm³ (anexo N.13) y un grado de compactación de 81 % sabiendo que este valor no es bueno ya que la norma MTC E 114 nos dice que tiene que ser mayor a 95% el grado de compactación del suelo.

Resistencia del suelo.

Ahora presentamos el suelo blando ya mejorado con el sistema de pilas de agregado compactado, los valores serán presentados de la siguiente manera comparando resultados del suelo natural y resultados del suelo mejorado.

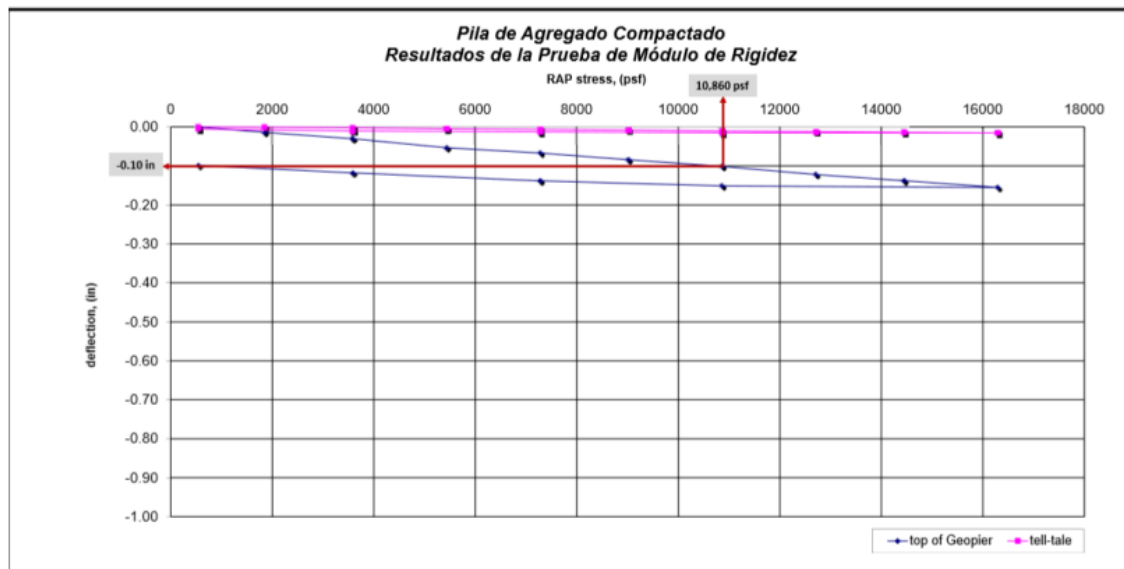


Figura 19: Diagrama de esfuerzos.

Fuente: Huamán, MIGUEL. Mejoramiento de suelo arcilloso utilizando Geostructuras de Geopier. pág. 66.

El ensayo de prueba de modulo es la relación de esfuerzo vs deformación, a través de la gráfica podemos ver la carga que se planteó en el diseño 10860 PSF (pound per square foot), a lo que significa que la carga que puede llegar a soportar el suelo con el sistema de pilas es de 53.31 kn, el cual convertido equivale a 5 kg/cm².

Tabla 18. Resistencia de suelo sin mejorar y mejorado.

	Resistencia del suelo
Suelo blando	0.73 kg/cm ²
Suelo con P. A. C.	5 kg/cm ²

Fuente: elaboración propia.

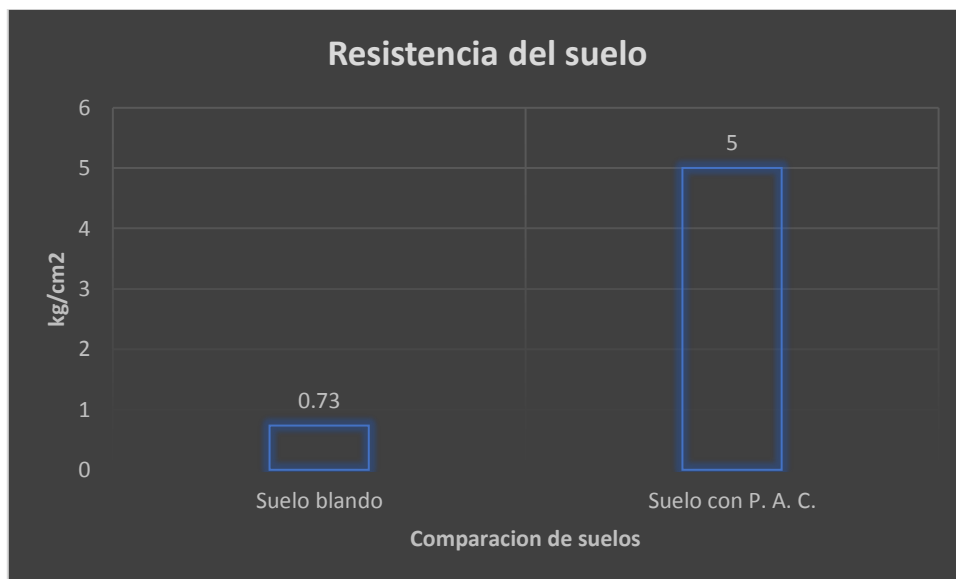


Figura 20: Gráfico de barras, comparación de suelo

Fuente: elaboración propia.

Interpretación: cómo podemos ver en la tabla 18 y figura 20, tenemos los siguientes resultados en cuanto al valor de la resistencia del suelo natural es de 0.74 kg/cm², por lo contrario, el suelo con el sistema de P.A.C. a través de la prueba de módulo de rigidez tiene un valor de 53.31 Kn en el cual el valor convertido viene a ser de 5kg/cm², entonces podemos decir por la norma MTC E 121 que su consistencia es dura.

Asentamiento del suelo.

Ahora presentamos el suelo blando ya mejorado con el sistema de pilas de agregado compactado, los valores serán presentados de la siguiente manera comparando resultados del suelo natural y resultados del suelo mejorado.

	1era compactacion		2da compactacion		Δ diferencia (mm)	
	profundidad		profundidad			
Prueba de estabilización de Fondo(CST)	6.52	6.53	0.00	0.00	2.5	2.8
	6.53	6.51	0.00	0.00	2.3	2.1
	6.50	6.54	0.00	0.00	4.0	2.4
	6.51	6.70	0.00	0.00	2.3	3.9
	6.52	6.60	0.00	0.00	2.4	5.1
	6.50	6.63	0.00	0.00	2.6	3.1
	6.54	6.51	0.00	0.00	1.9	2.7
	6.53	6.61	0.00	0.00	3.4	2.3
	6.50	6.60	0.00	0.00	4.3	3.6
	6.52	6.51	0.00	0.00	2.9	2.4
					Promedio	3.0000

Figura 21: Resultados de prueba de estabilidad.

Fuente: Huamán, MIGUEL. Mejoramiento de suelo arcilloso utilizando Geoestructuras de Geopier. pág. 68.

La prueba de estabilidad de fondo se realiza in situ, durante la ejecución del sistema de pilas de agregado compactado, por lo cual se cuenta los puntos a realizar y se debe considerar el tiempo de compactación de cada máquina.

Tabla 19: Asentamiento del suelo sin mejorar y mejorado.

	Asentamiento (cm)
Suelo blando	8.5
Suelo con P. A. C.	0.3

Fuente: Elaboración propia.

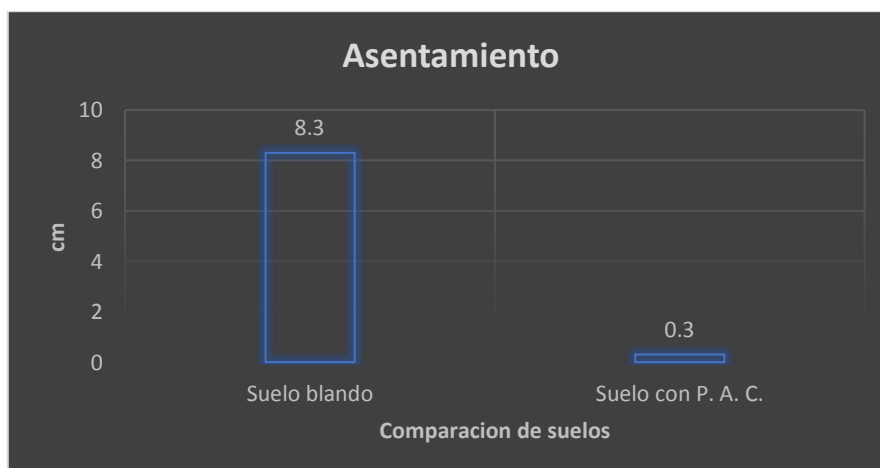


Figura 22: comportamiento del asentamiento sin mejorar y mejorado.

Fuente: elaboración propia.

Interpretación: Como podemos ver en la tabla 19 y figura 22, tenemos que el suelo natural tiene como asentamiento un valor de 8.5 cm (anexo N.11), sabiendo que por la norma E.050 excede de lo permitido, por lo contrario al realizar la prueba de estabilidad durante las instalaciones de las pilas (el manual de diseño Geopier nos dice que el solo el 10% de las pilas se debe hacer la prueba de estabilidad o a los 10 primeros elementos), teniendo ese detalle especifico las prueba de estabilidad nos da como resultado el valor de 0.3 cm (anexo N.16), lo cual nos indica un buen valor ya que está dentro de lo permitido (1" = 2.54 cm).

Densidad del suelo.

Ahora presentamos el suelo blando ya mejorado con el sistema de pilas de agregado compactado, los valores serán presentados de la siguiente manera comparando resultados del suelo natural y resultados del suelo mejorado.

RESULTADOS					
18.- Densidad Húmeda	g/cm ³		2.042	2.052	
19.- Contenido de Húmedad	%		22.60	23.40	
20.- Densidad Seca ((16/(100+17)*100)	g/cm ³		1.665	1.663	
21.- Máxima Densidad Seca	g/cm ³		1.683	1.683	
22.- Optimo Contenido de Humedad	%		21.60	21.60	
23.- Grado de Compactación (20/21*100)	%		98.9	98.8	
ESPECIFICACION:	%		95.0	95.0	

Figura 23: Resultado del grado de compactacion del suelo mejorado.

Fuente: Huamán, MIGUEL. Mejoramiento de suelo arcilloso utilizando Geostructuras de Geopier. pág. 106.

Tabla 20: densidad del suelo sin mejorar y mejorado.

	Densidad (%)
Suelo blando	81
Suelo con P. A. C.	95

Fuente: Elaboración propia.

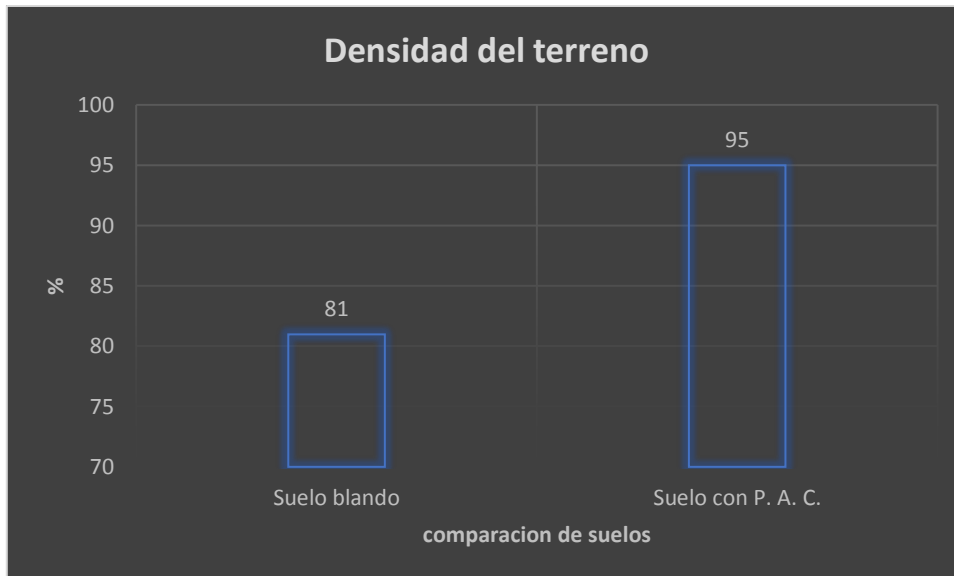


Figura 24: Gráfico de barras mostrando la densidad del suelo.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: Para poder determinar la densidad del campo y el grado de compactación del suelo Figura 24 y tabla 20, hacemos los siguientes ensayos por la norma MTC E114 – ASTM D 1556 – AASTHO 191, de esta manera el Proctor y el cono de arena nos da como resultado de densidad del suelo sin mejorar un valor de 1.48 gr/cm³ (anexo N.13) teniendo así un grado de compactación de 81%, como sabes según la norma MTC E 114 nos dice que tiene que ser el grado de compactación mayor a 95%, por lo contrario el suelo mejorado con el sistema de pilas de agregado compactado (P.A.C.) nos arroja una densidad de 1.665 gr/cm³, este valor nos indica que si grado de compactación es de 95% (anexo N.17) y acuerdo a la norma MTC E114 nos menciona que está dentro del rango.

El aumento de la densidad del suelo al emplear las P.A.C. nos dice que el suelo está más densificado es decir que sus partículas no tienen demasiados espacios y esto favorece a los proyectos ya que se tendrá un suelo bueno y firme para las cimentaciones.

Valores mejorados del suelo blando utilizando el sistema de pilas de agregado compactado, P.A.C.

los valores de la resistencia del suelo natural son de 0.73 kg/cm² a diferencia del valor del suelo mejorado con P.A.C. aumenta teniendo un valor de 5 kg/cm².

El valor del asentamiento del suelo natural tiene 85 mm (8.5 cm), por lo contrario, el suelo mejorado con P.A.C. disminuye significativamente su asentamiento dando como valor 3 mm (0.3 cm).

La densidad del suelo natural tiene un valor de 1.48, y un grado de compactación de 81%, por lo contrario, la densidad del suelo mejorado con el sistema P.A.C. genera un valor de 1.66 con un grado de compactación de 95%, según la norma MTC E 114 nos dice que está dentro del óptimo.

Tabla 21. Comparación de suelos sin mejorar y suelo mejorado.

Suelo	Resistencia mecánica	asentamiento	Densidad	Grado de compactación
Suelo blando	0.73 kg/cm ²	8.5 cm	1.48	81 %
Suelo con P. A. C.	5 kg/cm ²	0.3 cm	1.67	95%

Fuente: elaboración propia.

El sistema de pilas de agregado compactado (P.A.C.) aumente la resistencia mecánica del suelo significativamente, los asentamientos por su parte disminuyen significativamente y la densidad del suelo aumenta significativamente.

Estos valores mostrados después de mejorar el suelo con el sistema de pilas de agregado compactado (P.A.C), cumplen con los rangos especificados en la norma técnica peruana. Estos valores demuestran que el suelo si mejora después de utilizar el sistema de pilas de agregado compactado.

V. DISCUSIÓN

Discusión 1.

De acuerdo al presente estudio se evalúa el suelo natural teniendo como resultado un suelo de tipo CL, teniendo como valores a través de ensayos como el corte directo dando un valor de 0.73 kg/cm², también tenemos como asentamiento un valor de 4.02 cm gracias al ensayo unidimensional y por último también tenemos a densidad del suelo teniendo como valor de 1.48 teniendo un grado de compactación de 81%.

Con respecto a Zamora en su tesis “Optimización De Tratamiento De Suelos Blandos Bajo Terraplenes” en el año 2014, nos dice que su objetivo es describir conceptualmente los más destacados métodos para mejorar un suelo los cuales se puede mejorar mediante los métodos de columna de grava, drenes verticales y método de precarga, por lo cual ellos toman como tratamiento de suelo el método de columnas de grava que nos permite incrementar el soporte a carga de la base del terreno, disminuir hundimientos, y aumentar consistencia al deslizamiento.

De acuerdo a los estudios nos dice que si un suelo presenta características muy pobres para la construcción tenemos que evaluar y mejorar, presentan métodos para la solución de mejoramiento de suelos, por lo tanto, los valores que tenemos no son óptimos para una construcción la cual se tiene que mejorar para obtener un próximo proyecto.

Discusión 2.

El valor de la resistencia del suelo mejorado con el sistema de pilas de agregado compactado es de 5 kg/cm² este valor es mayor a 0.73 kg/cm² del suelo blando sin mejorar.

Con respecto a Camargo y zapata en sus tesis “Evaluación de la reducción del potencial de licuefacción usando la metodología de análisis de Seed & Idriss sobre ensayos de SPT realizado en el suelo arenoso del proyecto outlet premium Lurín mejorado con pilas de grava compactada” en el año 2017, nos dice que obtuvo un suelo con mayor capacidad de carga siendo 542.71 Kpa y teniendo en

una pila un módulo de rigidez de 40.73Mn/m³, en el cual en porcentaje obtuvo un 69% de variación al respecto al suelo sin mejorar.

Los resultados que se obtuvieron en el proyecto de investigación están dentro de los que mencionan otros estudios con mejoramiento de suelo y tiene un valor aceptable para poder desarrollar cimentaciones.

Discusión 3.

En la presente investigación se evalúa la densidad del suelo sin mejorar dando como valor 1.48, este resultado nos indica un grado de compactación de 81%, este valor según la norma MTC E 114 nos dice que no es óptimo. La densidad del suelo luego de colocar el sistema de pilas de agregado compactado es de 1.665, este valor nos indica un grado de compactación de 95%, este valor según la norma MTC E 114 nos menciona que es un buen indicador de compactación para poder desarrollar un proyecto.

Según Terrones en sus tesis “Estabilización de suelos arcillosos adicionando cenizas de vegazo de caña para el mejoramiento de subrasante en el sector Barraza” en el año 2018. Menciona que los valores de ensayos de contenido de agua, los parámetros de agua oscilan entre 15.48 y 33.67, obteniendo una humedad promedio de 25.47 a partir de las 5 calicatas, mejorando la propiedad del suelo. también logra mejorar la densidad del suelo de fundación con un aumento de densidad de 96%.

Esta investigación obtuvo como resultado una densificación de suelo de 95% comprobando y afirmando la influencia de mejoría, utilizando el Sistema de pilas de agregado compactado en la densidad del suelo blando.

Discusión 4.

El asentamiento disminuye a 3 mm (0.3 cm), este valor da un resultado valido ya que la norma E.050 menciona que el asentamiento debe ser menor a 1 pulgada, este valor nos brinda la seguridad de que el proyecto que se va a desarrollar no falle por hundimiento.

Órgano oficial de la sociedad mexicana de ingeniería geotécnica, en su artículo “Mejoramiento de suelos para un tanque digestor” en el año 2014, obtuvo como resultado en el cálculo de asentamiento 17 cm lo cual con la pila de agregado

compactado llego a reducir considerablemente a 2 cm (dentro del rango de 1 pulgada)

En los proyectos mencionadas se realizaron los estudios para suelos arcillosos obteniendo como resultado un asentamiento menor a 1" este valor es del suelo mejorado con el sistema de pilas de agregado compactado. Por tal se afirma la influencia del sistema de pailas de agregado compactado que trabaja accesiblemente con el suelo arcillo en el estudio suelo blando.

Discusión 5.

Según Chávez en su tesis "Fallas presentadas en algunas obras subterráneas y cimentaciones" el peso de la estructura a largo plazo debería ser tomado en cuenta los parámetros de energía neta que las estructuras transmitirán al suelo de fundación y evaluar los asentamientos diferidas o deformaciones a un tiempo de vida, con el fin de estabilizar uniformemente el empuje al contacto.

De lo redactado el estudio aporta con los procedimientos constructivos de acuerdo a diferente estado de suelo teniendo en cuenta que tipo de falla puede darse, es de gran importancia para quienes lo tienen que aplicar en obra son alternativas para las cualidades de los suelos.

Durante la investigación los ensayos realizados como la resistencia mecánica de los suelos se logró mejorar el valor de 0.73 kg/cm² a 5 kg/cm² utilizando el sistema de pilas de agregado compactado.

Los asentamientos se realizaron y se observaron a través de ensayos de consolidación unidimensional teniendo como valor 8.5 cm disminuyendo a 0.3 cm logrando así no sobrepasar lo permitido que menciona la norma E.050 que es de una pulgada.

Se evaluó la densidad del suelo logrando un aumento de 1.48 a 1.66 y por su parte aumentando el grado de compactación del suelo de 81% a 95%.

De acuerdo a la investigación se confirma que un suelo puede ser mejorado y puede presentar elevados cambios para poder tener una mejor superficie por lo tanto las investigaciones anteriores se confirman que un suelo a través de su evaluación se puede mejorar.

VI. CONCLUSIONES

Conclusión general:

Se llega a la conclusión que el sistema de pilas de agregado compactado considerablemente en el mejoramiento de suelo blando ya que logra cambiar la matriz del suelo presentado en el estudio las cuales las características presentadas son, la resistencia mecánica que aumenta de 0.73 kg/cm² a 5 kg/cm² y también se logra disminuir el asentamiento del terreno de un 8.5 cm a 0.3 cm los cuales se analizaron mediante pruebas de estudio, también la densidad del suelo aumenta de 1.48 a 1.65 llegando a mejorar en el grado de compactación de 81% a 95% estos valores se obtuvieron mediante el estudio de suelo realizado en la presente tesis y gracias a estudio de Huamán se obtienen los valores después de la colocación de la pilas de agregado compactado.

Conclusiones específicas:

1. Se calculo la resistencia mecánica (ASTM D3080) del suelo blando sin ninguna mejora obteniendo un valor de 0.73 Kg/cm², también calculamos el asentamiento a través de la consolidación (ASTM 2435) teniendo como resultado de 8.5, y por último para obtener la densidad del suelo a través del cono de arena (ASTM D 1556) dando resultado como valor de densidad de 1.48 gr/cm³ teniendo un grado de 81%.

Los resultados obtenidos en el presenta proyecto de investigación se logra para poder determinar una diferencia con el suelo mejorado ya que los valores mostrados por los resultados ya indicados no son óptimos para un suelo de cimentación o base para alguna construcción.

2. Se calculo la resistencia mecánica del sistema de pilas de agregado compactado a través de análisis de capacidad de carga (prueba de módulo de rigidez) la cual se basa en la normativa AASTM D-1143 obteniendo como resultado una capacidad de carga de 5 kg/cm² mientras que el suelo blando sin mejorar tiene una capacidad de carga baja de 0.73 kg/cm².

Los resultados obtenidos en el presente proyecto de investigación están dentro del rango que menciona las NTP mejorando el suelo y teniendo un valor óptimo para realizar las cimentaciones necesarias para los proyectos.

3. Se halló el asentamiento reduciendo a 3 mm (0.3 cm), este resultado es válido ya que la norma E.050 nos dice que el asentamiento debe ser menor a 1 pulgada (2.54 cm), este valor nos da la seguridad de que la estructura la cual se va construir no falle ocasionando fallas futuras en la estructura.

En la presente investigación se realizaron los estudios para suelos blandos (arcilla) obteniendo un valor menor de asentamiento la cual es menor a 1 pulgada, este valor es obtenido después de la mejora de suelo con el sistema de pilas de agregado compactado, por lo cual el sistema P.A.C. es por ello que se afirma y que las pilas de agregado para los asentamientos es una incidencia positiva.

4. Se evaluó la densidad del suelo blando sin la colocación de Pilas de agregado compactado es de 1.48, este resultado nos indica un grado de compactación de 81%, este valor según la norma MTC E 114 nos dice que no es bueno. Por lo contrario, la densidad del suelo luego de aplicar el sistema de pilas de agregado compactado tiene valor de 1.66, este valor nos indica un grado de compactación de 95%, este valor según la norma MTC E 114 nos menciona que es un buen indicador de compactación para poder construir.

Esta investigación obtuvo como resultado un 95%, comprando a si las teorías de los estudios de que si aumenta la incidencia de los suelos con el sistema de pilas de agregado compactado.

VII. RECOMENDACIONES

- Se debe tener en cuenta los estudios de mecánica de suelos para hallar la capacidad de carga, los suelos son distintos en un distrito es por ello que se debe considerar investigaciones como el CISMID para verificar tipo de suelo. Mayor mente en las edificaciones se considera la capacidad de soporte ya que por sus parámetros de dimensiones de zapatas puede variar el material de construcción.
- Se debe dar seguimiento a los asentamientos luego de aplicar las cimentaciones, se recomienda extender la investigación para un suelo arcilloso y para diferente proyecto ya sea edificio, puente, terraplenes entre otros, estos cálculos ayudarías a los futuros proyectos plantear soluciones rápidas en distintos puntos de Perú.
- Se recomienda tener en cuenta el proceso de compactación debido a que esta influye en el terreno, las fallas que se pueden dar en algunas estructuras que no está correctamente compactado puede llegar a agrietarse debido a los efectos que puede suceder en el suelo.
- Se recomienda realizar las comparaciones económicas de las soluciones para este tipo de terreno, los ingenieros en general los que proponen es movimientos de tierras masivas y luego relleno con material selecto, esto se debe comparar con los costos de sistema de pilas de agregado compactado.

REFERENCIAS

ANDREOU, Frikha y PAPADOPULOS. *Experimental study on sand and gravel columns in clay*. Revista ResearchGate experimental study of EEUU [en línea] marzo del 2015 [fecha de consulta 25 de octubre del 2019]. disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Wissem_Frikha/publication/237019041_Experimental_study_on_sand_and_gravel_columns_in_clay/links/0deec5330a7a9ea18d000000/Experimental-study-on-sand-and-gravel-columns-in-clay.pdf

ARIAS Fidias. *El proyecto de la investigación* [en línea]. 6ta ed. Venezuela Editorial episteme C.A. 2012 [fecha de consulta 21 de octubre del 2019]. Disponible en: <https://evidencia.com/wp-content/uploads/2014/12/EL-PROYECTO-DE-INVESTIGACION-6ta-Ed.-FIDIAS-G.-ARIAS.pdf>

CHÁVEZ Adriana, *Fallas presentadas en algunas obras subterráneas y cimentaciones*. título (especialista en construcción) México. Universidad nacional autónoma de México, facultad de ingeniería, 2014. 21pp.

CAMARGO García y ZAPATA Nicole, *Evaluación De la reducción del potencial de licuefacción usando la metodología de análisis de seed y edriss sobre ensayos de STP realizados en el suelo arenoso del proyecto Outlet Premium Lurín mejorado con pilas de grava compactada*. Título (Grado de ingeniero civil). Perú. Universidad peruana de ciencias aplicadas, facultad de ingeniería, 2017. 28pp.

CARRILLO, *Casos de Cimentaciones Especiales en el Perú*, revista geotecnia de los suelos peruanos [en línea] marzo del 2009 [fecha de consulta 21 de octubre 2019] disponible en: http://www.acingenieros.com/descargas/pdfs/Articulo_02_Parte_02.pdf

CARVAJAL y MORA. *Columnas de grava mediante vibro-sustitución*. Revista evolución tecnológica, diseño y casos prácticos. [en línea] noviembre del 2014 [fecha de consulta 27 de abril del 2020]. Disponible en: <https://docplayer.es/48015957-Columnas-de-grava-mediante-vibro-sustitucion.html>

CASTRO Axel, *Estabilización de Suelos arcillosos con Ceniza de cascara de arroz para el mejoramiento de subrasante*. Título (grado de ingeniero civil) Perú. Universidad nacional de ingeniería, facultad de ingeniería, 2017. 74pp.

CARRASCO y GONZALES, *Aspectos básicos del estudio de muestra y población para la elaboración de los proyectos de investigación*. título (grado de licenciado en administración) Venezuela. Universidad de oriente núcleo de sucre, facultad de administración, 2015. 11pp.

CISNEROS Goyo, *Análisis comparativo en el diseño de pilotes y pilas de agregado compactado*. Título (grado de ingeniero civil). Perú. Universidad nacional de ingeniería, facultad de ingeniería, 2016. 35pp.

ESTRADA Roberto y POLO Sergio, *El ejercicio ético de la profesión* [en línea]. 1ra ed. México Hgo. Centro Pachuca 2010 [fecha de consulta: 21 de octubre del 2019].

Disponible en: https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/icea/LI_SisInfoFin/Demet_Polo/importanciavalores.pdf

DÍAS, A. “*Proyecto de Estaciones Satélites de Regasificación*”, Estudio de suelos con fines de cimentación. [en línea] 2014 TUV Rheinland, [fecha de consulta 21 de abril 2020]. Disponible en : <file:///C:/Users/jeff/Downloads/Estudio%20de%20Mecánica%20de%20suelos%20CAJAMARCA.pdf>

FERNÁNDEZ, Abraham. *Determinación de la densidad seca en campo por el método del cono de arena*. [en línea] [fecha de consulta 12 mayo 2020]. Disponible en: https://www.academia.edu/27760494/DENSIDAD_DEL_CAMPO_M%C3%89TODODO_CONO_DE_ARENA

HERNÁNDEZ y BAPTISTA. *Diseño de investigación*. Libro (metodología de la investigación 5ta edición). México: Universidad Anáhuac. Disponible en: https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf

HERNÁNDEZ. *Método de análisis de datos*. Revista Investigación Educativa [en línea] España Universidad de Murcia. [fecha de consulta 21 de octubre 202]

Disponible en:
https://www.google.com/search?sxsrf=ACYBGNSqIBNI7vTZMsAQ1v7on9KknBlBfw%3A1573149460831&source=hp&ei=FFvEXbrAMOiO5wLGvLS4Dg&q=Hern%C3%A1ndez%2C+2016%2C+p.34+&oq=Hern%C3%A1ndez%2C+2016%2C+p.34+&gs_l=psy-ab.3..33i160.19693.19693..19954...0.0..0.328.536.2-1j1.....0....2j1..gws-wiz.....10..35i362i39.VTdrahJbyU4&ved=0ahUKEwi6mqi21tjIAhVox1kKHUYeDeCQ4dUDCAY&uact=5

HERNÁNDEZ. *Muestreo*. Libro Métodos de análisis de datos. [en línea] [fecha de consulta: 21 abril 2020]. Disponible en:
https://www.unirioja.es/cu/zehernan/docencia/MAD_710/Lib489791.pdf

HUAMÁN, M. *mejoramiento del suelo arcilloso utilizando geoestructuras de geopier para una edificación en la avenida Juan Lecaros frente al estadio municipal de puente piedra, 2018*. Título (grado de ingeniero civil), Lima, universidad Cesar Vallejo, 2018, 121pp.

KERLINGER Y LEE. *Planteamiento cuantitativo del problema*. Libro (Metodología de la investigación). México: McGraw-Hill. Disponible en:
http://metabase.uaem.mx/bitstream/handle/123456789/2773/506_4.pdf?sequence=1&isAllowed=y

MAGUIÑA, G. *Evaluación del potencial de expansión y capacidad portante en el suelo limo arcilloso incorporando ceniza de cascarilla de arroz en la av. Aija, Huarmey, Áncash- 2018*. Título (grado de ingeniero civil). Perú: Universidad Cesar Vallejo, 2018, 34pp.

MARTÍNEZ. *Refuerzo de suelos mediante el uso de inclusiones de grava compactada para apoyo de cimentaciones superficiales rígidas*. Título (Grado de Maestro en construcción). México: Universidad Nacional Autónoma de México. 2015, 12pp.

MASOUMEH MOKHTARI. *Soft Soil Stabilization Using Stone Columns*. Artículo SEMANTIC SCHOLAR [en línea] EEUU Wisconsin. [fecha de consulta 21 de abril 2020] Disponible en:

<https://pdfs.semanticscholar.org/7ebf/a5ab7e9b88495785362a28cb5ce86166a487.pdf>

MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIÓN. Manual de carreteras: *Suelos Geología, Geotecnia y pavimentos*. [en línea] [fecha de consulta: 21 abril 2020]. Disponible en: https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/manuales.html

ÓRGANO OFICIAL DE LA SOCIEDAD MEXICANA DE INGENIERÍA GEOTÉCNICA. *Mejoramiento de Suelos para un tanque Digestor*. Artículo (Órgano oficial de la sociedad mexicana) México. Disponible en: https://issuu.com/helios_comunicacion/docs/geo231/35

ORLANDINI MERLI, G. TELOS. *Escala de medición en Estadística*. (2010, vol. 12). Venezuela: Universidad Rafael Belloso Chacín. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/993/99315569009.pdf>

PALELLA Y MARTINS. *Nivel de investigación*. [en línea] Artículo (El Estado del arte en investigación: ¿Análisis de los conocimientos acumulados o indagación por nuevos sentidos?). Colombia Universidad Pedagógica nacional. [fecha de consulta 20 de abril 2020]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/folios/n44/n44a11.pdf>

PÁNFILO. *Mejoramiento De Suelos A Base De Pilas De Agregado Compactado Para La Cimentación Del Centro De Distribución Herdez*, [en línea] artículo En El Estado De México. [fecha de consulta 15 de abril 2020]. Disponible en: <http://geoserver.ing.puc.cl/info/conferences/PanAm2011/panam2011/pdfs/GEO11Paper862.pdf>

PORTAL DE SUELOS DE LA FOA. *Propiedades físicas del suelo*. [en línea] [fecha de consulta: 27 abril 2020]. Disponible en: <http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/>

QUERO. *Confiabilidad*. Libro (Confiabilidad y coeficiente Alpha de Cronbach). [en línea] [fecha de consulta: 21 abril 2020]. Disponible en: https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:O_TXyFYOkQJ:https://www.redalyc.org/pdf/993/99315569010.pdf+&cd=5&hl=es-419&ct=clnk&gl=pe

RANGEL Y GILER. *Confiabilidad. Investigación de Agronomía* [en línea] Catalogo Grupo de Investigación. Perú: Universidad Nacional Agraria la Molina.[fecha de consulta 10 de mayo 2020] Disponible en: http://www.lamolina.edu.pe/gaceta/comunicados/2018/20180109_CAT%C3%81LOGO%20DE%20GRUPOS%20DE%20INVESTIGACION%20UNALM.pdf

REGLAMENTO DE CALIFICACIÓN, *clasificación y registro de los investigadores del sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación tecnológica - reglamento renacyt* [en línea] [fecha de consulta: 17 abril 2020]. Disponible en: https://portal.concytec.gob.pe/images/renacyt/reglamento_renacyt_version_final.pdf

RENGEL. *Variable, operacionalización*. [en línea] Artículo Las Variables: Estructura y Función en la Hipótesis, Perú. [fecha de consulta 15 de abril 2020] Disponible en: http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/inv_educativa/2007_n20/a12v11n20.pdf

ROSALES, E. *Determinación de la deformación elástica y el módulo de elasticidad en suelos expansivos mediante ensayos de expansión libre y consolidación, lima-2014*. título (grado de ingeniero agrícola). Perú: Universidad Nacional Agraria la Molina,2014, 34pp.

RUIZ. *Enfoque de la investigación*. [en línea] Guía (Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa). Colombia: Universidad Sur colombiana. [fecha de consulta: 17 abril 2020] Disponible en: <https://www.uv.mx/rmipe/files/2017/02/Guia-didactica-metodologia-de-la-investigacion.pdf>

SEQUEIRA, A. *Mitigación de licuefacción mediante columnas de grava-2017*. Titulo (grado de ingeniería civil), costa rica. Universidad de Costa Rica, 2017, 56pp.

SUAREZ. *Diseño y Técnicas*. Libro (Metodología de la investigación p.12). Colombia: Universidad pedagógica y Tecnología de Colombia. Disponible en: <https://ramgil.files.wordpress.com/2015/03/metodologc3ada-de-la-investigac3b3n-disec3b1o-y-tc3a9cnicas-pedro-a-suc3a1rez.pdf>

TAMAYO. *Población y Muestra*. Libro (El proceso de la investigación científica). [en línea] [fecha de consulta: 20 abril 2020]. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/12235974/Tamayo-y-Tamayo-Mario-El-Proceso-de-la-Investigacion-Cientifica>

TANYU, AYDILEK Lau and Benson. *Laboratory evaluation of geocell-reinforced gravel subbase over poor subgrades*. [en línea] Artículo. EEUU: Wisconsin. [fecha de consulta: 17 abril 2020] Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Tuncer_Edil/publication/274765631_Laboratory_evaluation_of_geocell-reinforced_ravel_subbase_over_poor_subgrades/links/555e553008ae8c0cab2c6538.pdf

TERRONES. *Estabilización de suelos arcillosos adicionando cenizas de bagazo de caña para el mejoramiento de subrasante en el sector Barraza, Trujillo – 2018*. titulo (Grado de ingeniero civil). Trujillo: Universidad Privada del Norte, 2018, 45pp.

Terraplén De Aproximación De Puente En Boca De Briceño Sometido A Terremoto De Ecuador De Aceleración 0.37 A 0.52g Y Magnitud 7.8. Revista Colegio de Ingenieros del Perú. [en línea] 54 ed. XX CONIC 2018 [fecha de consulta 21 de abril 2020].Disponible en: <http://www.ingenieriacivil.org.pe/wp-content/uploads/2018/05/REVISTA-INGENIER%C3%8DA-CIVIL-N%C2%B054.pdf>

Toledo. *Población y Muestra*. Libro (Técnicas de investigación cuantitativas y cualitativas). [en línea] [fecha de consulta: 20 abril 2020]. Disponible en:

<https://:VYQJIDJmjkUJ:https://core.ac.uk/download/pdf/80531608.pdf+&cd=13&hl=es-419&ct=clnk&gl=pe>

VALVERDE. *Pilas de agregado Compactado, un caso práctico*. Título (Grado de ingeniero civil). México: Universidad Nacional Autónoma de México. 2014, 54pp.

WILLIAM. *Conceptos y recomendaciones prácticas para la formulación de la hipótesis y Objetivos*. título (metodólogo de la investigación) Chile: Universidad de Chile. 2014, 32pp.

ZAMORA. *Optimización De Tratamiento De Suelos Blandos Bajo Terraplenes*. Título (grado de ingeniero civil). Lima: Universidad Católica del Perú. 2016, 65pp.

ANEXOS





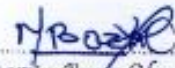
Anexo N.º 1 Matriz de operacionalización de variables

Título: "Estudio comparativo de suelo blando y suelo con el sistema de pilas de agregado compactado, Carabayllo - 2019"							
Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición		
Variable dependiente(Y)	<p>En las construcciones no se trabaja con este suelo debido a que es malo, por eso en la mayoría de las obras se mejora el suelo con técnica o algún proceso que mejora las propiedades de ingeniería del suelo. Por lo general, las propiedades modificadas son resistencia al corte, rigidez y permeabilidad, (Raju, 2010, P.3).</p>	<p>El suelo blando es aquel suelo contrario al arenoso y tiene propiedades como la plasticidad, esta propiedad hace que se evalúe el suelo para su uso en la construcción también tiene otras propiedades más visibles la cual la distinguen.</p>	Resistencia mecánica	Corte directo	razón		
Suelo Blando			Asentamiento	Ensayo de consolidación		Prueba de estabilidad	razón
				cono de arena	razón		
			Densidad	Proctor		razón	
			Variable Independiente(X)	<p>De esta manera, el propósito inicial de las pilas de grava compactada, fue el diseñar un proceso que fuese práctico y eficiente para reemplazar suelos blandos comprensibles, por materiales más rígidos (en este caso hace referencia al agregado compactado), mejorando de esta forma la matriz del suelo circundante, con relativamente poco equipo de construcción. (Nathaniel,1990)</p>	<p>El sistema de pilas de grava compactada es una tecnología que se basa como el propio nombre lo dice en colocar pilas de grava compactada y para su proceso constructivo se usan diferentes tipos de maquinaria y diferentes procesos constructivos.</p>		Sistema de pilas
proceso de calidad						ordinal	
Características	Profundidad	razón					
	Espaciamiento						
Agregado	Calidad de material	nominal					
	Diámetro	razón					

Anexo N. 2 Matriz de consistencia

Título: "Estudio comparativo de suelo blando y suelo con el sistema de pilas de agregado compactado, Carabayllo - 2019"						
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variables	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
¿Cuál es la influencia del sistema de pilas de agregado compactado en el suelo blando, Carabayllo - 2019?	Definir los valores mejorados del suelo Blando utilizando pilas de agregado compactado, Carabayllo-2019.	Existe mejora en el suelo Blando utilizando el sistema de pilas de agregado compactado, Carabayllo – 2019.	Variable Dependiente (Y)			ASTM D 6913
			Suelo blando	Resistencia Mecánica	Corte directo	ASTM D 3080
Prueba de carga	ASTM D 1143					
Asentamiento	Ensayos de consolidación	ASTM 2435				
	Prueba de estabilidad					
Densidad	Cono de Arena	ASTM D 1556				
	Ensayo de Proctor	NTP 339 - 141				
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Variable Independiente (X)			Ficha de recolección de datos
¿Cuál es la resistencia mecánica, el asentamiento y la densidad del suelo blando, Carabayllo - 2019?	Determinar la resistencia mecánica, el asentamiento y la densidad del suelo blando, Carabayllo-2019.	Se conoce la resistencia mecánica, el asentamiento y la densidad del suelo blando, Carabayllo-2019.	Sistema de Pilas de Agregado compactado	Sistema de Pilas	Proceso constructivo	hoja de cálculo Excel
					Proceso de Calidad	
¿Cuánto es la resistencia mecánica del suelo blando aplicando el sistema de pilas de agregado compactado, Carabayllo-2019?	Determinar la resistencia mecánica del suelo blando con el sistema de pilas de agregado compactado, Carabayllo-2019.	La resistencia mecánica del suelo blando aumenta significativamente aplicando el sistema de pila de agregado compactado, Carabayllo-2019.	Sistema de Pilas de Agregado compactado	Características	Espaciamiento	E.050
					Profundidad	
				Agregado	Calidad de material	NTP 400-012
Diámetro						
¿Cuál es el asentamiento del suelo blando aplicando el sistema de pila de agregado compactada, Carabayllo-2019?	Calcular el asentamiento del suelo blando aplicado con el sistema de pilas de grava compactada, Carabayllo-2019.	La estabilidad del suelo blando reduce significativamente aplicando el sistema de agregado compactado, Carabayllo-2019.				
¿Cuál es la densidad del suelo blando aplicando el sistema de pila de agregado compactado, Carabayllo-2019?	Determinar la densidad del suelo blando con el sistema de pilas de agregado compactado, Carabayllo-2019.	La densidad del suelo blando es significativamente alta aplicando pilas de agregado compactado, Carabayllo-2019.				


Anexo N. 3 Ficha de recolección de datos

 FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
ENSAYO DE CORTE DIRECTO					
TÍTULO DE LA TESIS:		Estudio comparativo de suelo arcilloso y suelo con el sistema de pilas de agregado			
TESISTA:	Oyola de la Cruz Jeffrey Andrews				
RESPONSABLE:					
CALICATA:	MUESTRA:	ESTRATO:			
UBICACIÓN:	DEPARAM:	PROVINCIA:	DISTRITO:		
FECHA:					
DATOS INICIALES DE LA MUESTRA			CONTENIDO DE HUMEDAD %		
Lado (cm):			Muestra (gr):		
Area (cm ²):			Peso tara + Suelo Humedo (gr):		
Altura (cm):			Peso tara + Suelo Seco (gr):		
Volumen (cm ³):			Peso Agua (gr):		
D.Húmeda (gr/cm ³):			Peso Tara (gr):		
D.seca (gr/cm ³):			Peso Suelo Seco (gr):		
Peso de la muestra húmeda + Tara al final del ensayo:			Esfuerzo vertical (σ) :		
Carga:					
TIEMPO TRANSCURRIDO	DIAL DE CARGA	DEFORMA CIÓN TANGENCI AL	DEFORMACIÓN NORMAL	FUERZA CORTANTE	ESFUERZO DE CORTE
OBSERVACIONES:					
EXPERTO N°1		EXPERTO N°2		EXPERTO N°3	
 Ing. EDWIN FRANCISCO DIOSSES GARRIDO CIP: 123918		 Juan Manuel Ulloa Clavijo INGENIERO CIVIL CIP: 86352 		 Margarita Boza Olacchaa INGENIERA CIVIL CIP: 80600	
Fecha: / / 2019		Fecha: / / 2019		Fecha: / / 2019	

Anexo N. 4 Ficha de recolección de datos

 FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">DATOS</td> <td style="width: 50%; background-color: #d9ead3;"></td> </tr> <tr> <td>RESULTADOS</td> <td style="background-color: #d9ead3;"></td> </tr> </table>		DATOS		RESULTADOS	
DATOS							
RESULTADOS							
ENSAYO DE COMPACTACION							
AUTOR: Oyola de la Cruz, Jeffrey Andrews TITULO: "estudio comparativo de suelo arcilloso y suelo con el sistema de pilas de agregado compactado, Carabaylo – 2019" PERFORACIÓN: CALICATA Nº C3M1 Nº LABORATORIO: 1							
CILINDRO		ENSAYO	PROCTOR				
NUMERO		HUMEDAD TEORICA					
DIAMETRO	cm.	ENSAYO Nº					
ALTURA	cm.	PESO CILINDRO + SUELO					
VOLUMEN	cm ³ .	PESO CILINDRO					
PESO	gr.	PESO SUELO COMPACTADO					
Nº GOLFES/CAPA		DENSIDAD HUMEDA, Kg/m ³					
Nº PISONADAS/C		P. MUESTRA H. + CAPSULA					
Nº CAPAS		P. MUESTRA S. + CAPSULA					
PASANTE TAMIZ		PESO AGUA					
		PESO CAPSULA					
		PESO MUESTRA SECA					
		CONTENIDO DE HUMEDAD W%					
		DENSIDAD SECA Kg/m ³					
		Numero de Expertos	experto Nro. 1 Experto Nro.2 Experto Nro.3				
		Apellido y Nombres	Edwin Francisco Dioses Garrido EDWIN FRANCISCO DIOSÉS GARRIDO CIP: 123918				
		Registro CIP	Juan Manuel Olloa Clavijo INGENIERO CIVIL CIP: 86352				
		Firma	Margarita Boza Olachea INGENIERA CIVIL CIP: 80500				
		Validez	experto Nro. 1 Experto Nro.2 Experto Nro.3				
		0 a 1					

Anexo N. 5 Ficha de recolección de datos

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
Ficha de recolección de Datos			
Título: "Estudio comparativo de suelo Arcilloso y suelo con el sistema de pilas de agregado compactado, Carabayllo -2019"			
Autor:	Oyola De la Cruz, Jeffrey Andrews		
Análisis Granulométrico de agregado (NTP 400.012-2001)			
Fecha:			Color:
Cantera:			Tamaño máximo:
Agregado: Piedra chancada			Observación:
Tipo de muestra:			

Datos de ensayo

Peso del Material:

Tamiz	Abertura	Peso Retenido(gr)	% retenido	% Retenido acumulado	% Que pasa
3/8"					
#4					
#8					
#16					
#30					
#50					
#100					
#200					
Cazuela					
Total					

Valoración	De acuerdo	No de acuerdo
------------	------------	---------------

Numero de Expertos	experto Nro. 1	Experto Nro. 2	Experto Nro. 3
Apellido y Nombres	Ing. EDWIN FRANCISCO DIOSES GARRIDO CIP: 123918	Juan Manuel Ulloa Clavijo INGENIERO CIVIL CIP: 86352	Margarita Boza Olacena INGENIERA CIVIL CIP: 80500
Registro CIP			
Firma			
Validez	experto Nro. 1	Experto Nro. 2	Experto Nro. 3
0 a 1			

Anexo N. 6 ensayo granulométrico.



Cel: 980703014 / 947280585
 Fijo: 01 7261346
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos
 San Martín de Porres - Lima
 informes@jjgeotecniasac.com

www.jjgeotecniasa

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	Código	FOR-LSR-MS-001
		Revisión	2
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha	20/01/2020

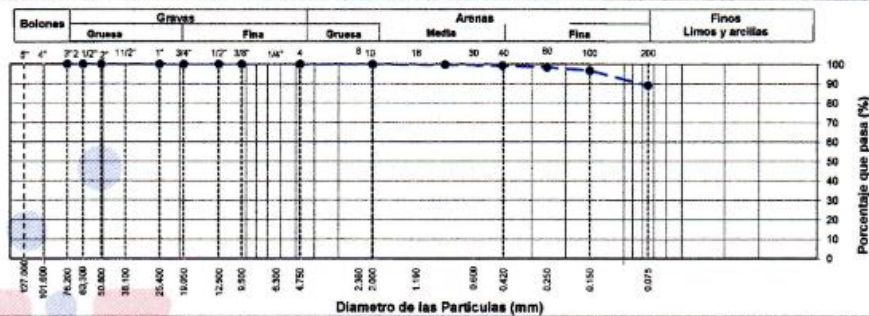
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS ASTM D6913 / MTC E - 204

REFERENCIA	: Datos de Laboratorio
SOLICITANTE	: Jeffrey Andrews Oyola De La Cruz
PROYECTO	: "Estudio comparativo de suelo blando y suelo con el Sistema de Piles de agregado compactado, Carabaylo - 2019"
UBICACIÓN	: Av. Tupac Amaru km 23, calle Vargas Machuca, cruce con Paycal distrito Carabaylo.
CALCATA	: C-1
MUESTRA	: M-1
PROFUNDIDAD	: 1.50 m

Fecha de ensayo: 03/06/2020

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCION DE LA MUESTRA		
5"	127.000	100.0	/	CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216)		
4"	101.600	100.0		Contenido Humedad (%)	15.0	
3"	76.200	100.0		LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318)		
2 1/2"	63.500	100.0		Límite Líquido (LL)	35	
2"	50.800	100.0		Límite Plástico (LP)	20	
1 1/2"	38.100	100.0		Índice Plástico (IP)	14	
1"	25.400	100.0		Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)
3/4"	19.000	100.0		0.0	10.9	89.1
1/2"	12.500	100.0		CLASIFICACIÓN DE SUELOS		
3/8"	9.500	100.0		Clasificación SUCS (ASTM D2487)	CL	
Nº 4	4.750	100.0		Clasificación AASHTO (D3282)	A-6 (10)	
Nº 10	2.000	99.9		Nombre del Grupo	Arcilla de baja plasticidad	
Nº 20	0.840	99.8		INDICACIONES:		
Nº 40	0.425	99.3		El método de secado para el ensayo de contenido de humedad		
Nº 60	0.250	98.4		fue en horno de laboratorio controlado a 110±5°C.		
Nº 100	0.150	96.7				
Nº 200	0.075	89.1				

CURVA GRANULOMETRICA



OBSERVACIONES:

- Muestra provista e identificada por el solicitante.
- El contenido de humedad reportado corresponde a la humedad registrada a la llegada de la muestra al laboratorio de JJ GEOTECNIA
- Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA

Elaborado por: 	Revisado por: JJ GEOTECNIA S.A.C. 	Aprobado por: JJ GEOTECNIA S.A.C.
--------------------	--	--

Anexo N. 7 ensayo de corte directo.



Cel: 980703014 / 947280585
 Fijo: 01 7261346
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos
 San Martín de Porres - Lima
 informes@jjgeotecniasac.com

www.jjgeotecniasa

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO CORTE DIRECTO	Código	FOR-LSR-MS-015
		Revisión	2
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha	31/12/2019

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS ASTM D3080

REFERENCIA	: Datos de Laboratorio
SOLICITANTE	: Jeffrey Andrews Oyola De La Cruz
PROYECTO	: "Estudio comparativo de suelo blando y suelo con el Sistema de Pilas de agregado compactado, Carabayillo - 2019"
UBICACIÓN	: Av. Tupac Amaru km 23, calle Vargas Machuca, cruce con Payacal distrito Carabayillo.
FECHA DE ENSAYO	: 6 de Junio de 2020
SONDAJE	: C-1 PROF. : 1.50 m
PROGRESIVA	: -
MUESTRA	: M-1

ESPECIMEN 1			VELOCIDAD DE CORTE ESPECIMEN 2			ESPECIMEN 3		
Altura Inicial:	23.9	mm	Altura Inicial:	23.9	mm	Altura Inicial:	23.9	mm
Lado de caja:	60.7	mm	Lado de caja:	60.7	mm	Lado de caja:	60.7	mm
Área Inicial:	28.9	cm ²	Área Inicial:	28.9	cm ²	Área Inicial:	28.9	cm ²
Densidad Seca:	1.469	gr/cm ³	Densidad Seca:	1.469	gr/cm ³	Densidad Seca:	1.467	gr/cm ³
Humedad Inic.:	14.1	%	Humedad Inic.:	14.1	%	Humedad Inic.:	14.1	%
Est. Normal:	0.51	kg/cm ²	Est. Normal:	1.01	kg/cm ²	Est. Normal:	2.03	kg/cm ²
Est. Corte:	0.23	kg/cm ²	Est. Corte:	0.38	kg/cm ²	Est. Corte:	0.73	kg/cm ²

ESPECIMEN 1			ESPECIMEN 2			ESPECIMEN 3		
Deformación horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (tn)	Deformación horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (tn)	Deformación horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (tn)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.41	0.17	0.43	0.41	0.26	0.33	0.41	0.50	0.32
0.82	0.20	0.50	0.82	0.31	0.38	0.82	0.58	0.36
1.24	0.21	0.52	1.24	0.33	0.41	1.24	0.62	0.38
1.65	0.22	0.53	1.65	0.34	0.43	1.65	0.65	0.40
2.47	0.23	0.57	2.47	0.36	0.45	2.47	0.68	0.42
3.30	0.23	0.56	3.30	0.37	0.45	3.30	0.70	0.42
4.12	0.22	0.52	4.12	0.36	0.45	4.12	0.72	0.43
4.94	0.22	0.52	4.94	0.37	0.44	4.94	0.71	0.43
5.77	0.21	0.50	5.77	0.36	0.43	5.77	0.70	0.41
6.59	0.20	0.47	6.59	0.37	0.43	6.59	0.71	0.42
7.42	0.20	0.47	7.42	0.36	0.42	7.42	0.70	0.40
8.24	0.19	0.44	8.24	0.36	0.42	8.24	0.71	0.41
9.06	0.19	0.44	9.06	0.36	0.41	9.06	0.71	0.40
9.89	0.23	0.52	9.89	0.36	0.43	9.89	0.71	0.40
10.71	0.22	0.50	10.71	0.36	0.43	10.71	0.72	0.41
11.54	0.23	0.52	11.54	0.38	0.43	11.54	0.73	0.40
12.36	0.23	0.50	12.36	0.38	0.42	12.36	0.73	0.40
13.18	0.23	0.50	13.18	0.38	0.41	13.18	0.72	0.39
14.01	0.22	0.48	14.01	0.38	0.41	14.01	0.72	0.39
14.83	0.23	0.49	14.83	0.38	0.40	14.83	0.72	0.38
15.66	0.22	0.47	15.66	0.37	0.39	15.66	0.71	0.37
16.48	0.22	0.46	16.48	0.37	0.39	16.48	0.71	0.37

OBSERVACIONES:

Muestra proporcionada por el solicitante y reducida en laboratorio a tamaño de ensayo
 Los tres especímenes de ensayo fueron remoldeados con suelo pasante del tamiz N°4 a densidad seca de 1.467 g/cm³
 Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del Área de Calidad de JJ GEOTECNIA SAC

Elaborado por: 	Revisado por: ELMER MORENO HUAMAN INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 210906	Aprobado por: CONTROL DE CALIDAD
--------------------	---	---

Anexo N.8 ensayo de corte directo.



Cel: 980703014 / 947280585
 Fijo: 01 7261346
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos
 San Martín de Porres - Lima
 informes@jjgeotecniasac.com

www.jjgeotecniasac.com

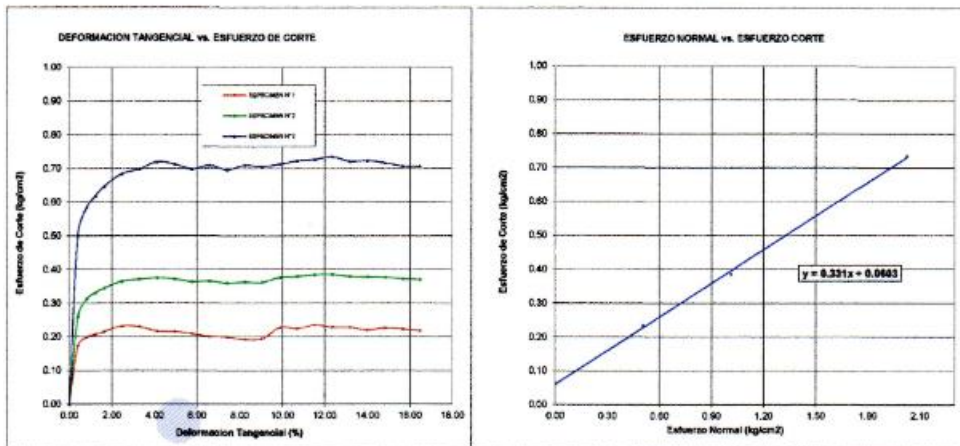
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO CORTE DIRECTO	Código	FOR-LSR-MS-016
		Revisión	2
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha	31/12/2019

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS ASTM D3080

REFERENCIA	: Datos de Laboratorio		
SOLICITANTE	: Jeffrey Andrews Oyola De La Cruz		
PROYECTO	: "Estudio comparativo de suelo blendo y suelo con el Sistema de Pilas de agregado compactado, Carabaylio - 2019"		
UBICACIÓN	: Av. Tupeac Amaru km 23, calle Vargas Machuca, cruce con Payacal distrito Carabaylio.		
FECHA DE ENSAYO	: 6 de Junio de 2020		
CALCATA	: C-1	PRODUNIDAD	: 1.50 m
PROGRESIVA	: -		
MUESTRA	: M-1		

ENSAYO DE CORTE DIRECTO BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS ASTM D3080

VELOCIDAD DE CORTE 0.5 mm/min



Resultados:
 Cohesión c : 0.06 kg/cm²
 Angulo de fricción ϕ : 18.3°

OBSERVACIONES:

Muestra proporcionada por el solicitante y reducida en laboratorio a tamaño de ensayo
 Los tres especímenes de ensayo fueron remoldeados con suelo pasante del tamiz N°4 a densidad seca de 1.467 g/cm³
 Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA SAC

Elaborado por: 	Revisado por: 	Aprobado por:
--------------------	-------------------	-------------------

Anexo N.9 ensayo de consolidación.



Cel: 980703014 / 947280585
 Fijo: 01 7261346
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos
 San Martín de Porres - Lima
 informes@jjgeotecniasac.com

www.jjgeotecnia.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ASFALTO

INFORME DE RESULTADOS (Página 01 de 02)

REFERENCIA : Ensayo en Laboratorio
 SOLICITANTE : Jeffrey Andrews Oyolo De La Cruz
 PROYECTO : "Estudio comparativo de suelo blando y suelo con el Sistema de Pilas de agregado compactado, Carabaylo - 2019"
 UBICACIÓN : Av. Tupac Amaru km 23, calle Vargas Machuca, cruce con Payacal distrito Carabaylo.
 Fecha de inicio : 03-06-20
 Fecha de finalización : 06-06-20

MÉTODO DE ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE SUELOS
 NTP 339.154 / ASTM D2435

DATOS DE LA MUESTRA:

CALICATA : C-1
 MUESTRA : M-1
 PROFUNDIDAD (m) : 1.50 m
 Condición de la muestra : Remoldeada

DATOS

	INICIALES	FINALES
Humedad (%)	15.6	13.4
Peso específico seco (g/cm ³)	1.44	1.58
Relación de vacíos	0.853	0.692
Grado de saturación (%)	48.8	41.9

Peso específico relativo de sólidos G_s = 2.87
 Índice de compresibilidad, C_c = 0.397

INCREMENTO DE CARGA kPa	RELACIÓN DE VACÍOS INSTANTÁNEA	COEFICIENTE DE CONSOLIDACIÓN (cm ² /min)
0	0.853	---
25	0.813	0.2634
50	0.789	0.2339
100	0.674	0.2599
200	0.517	0.2737
400	0.397	0.2283
100	0.411	---
25	0.443	---

Observaciones:

- * Muestra provista e identificada por el peticionario.
- * El espécimen remoldeado a la densidad natural.
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA S.A.C.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	<p>JJ GEOTECNIA S.A.C. ELMER MORENO HUAMAN INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 210906</p>	<p>JJ GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD</p>

Anexo N.10 ensayo de consolidación.



Cel: 980703014 / 947280585
 Fijo: 01 7261346
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos
 San Martín de Porres - Lima
 informes@jjgeotecniasac.com

www.jjgeotecniasa

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ASFALTO**

INFORME DE RESULTADOS (Página 02 de 02)

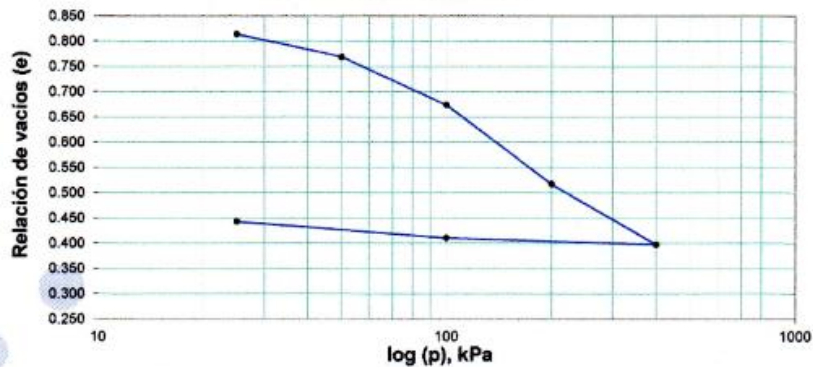
REFERENCIA : Ensayo en Laboratorio
SOLICITANTE : Jeffrey Andrews Oyolo De La Cruz
PROYECTO : "Estudio comparativo de suelo blando y suelo con el Sistema de Pilas de agregado compactado, Carabaylo - 2019"
UBICACIÓN : Av. Tupac Amaru km 23, calle Vargas Machuca, cruce con Payacal distrito Carabaylo.
Fecha de inicio : 03-06-20
Fecha de finalización : 06-06-20

MÉTODO DE ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE SUELOS
 NTP 339.154 / ASTM D2435

DATOS DE LA MUESTRA:




CALICATA : C-1
MUESTRA : M-1
PROFUNDIDAD (m) : 1.50 m
Condición de la muestra : Remoldeada

Curva de compresibilidad



Observaciones:

- * Muestra provista e identificada por el peticionario.
- * El espécimen remoldeado a la densidad natural.
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 Control de Calidad JJ GEOTECNIA

Anexo N.11 ensayo densidad de campo.



Cel: 980703014 / 947280585
 Fijo: 01 7261346
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos
 San Martín de Porres - Lima
 informes@jjgeotecniasac.com

www.jjgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DENSIDAD DE CAMPO POR MÉTODO DE CONO DE ARENA DE 6"	Código	FOR-LAB-MS-012
		Revisión	2
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha	20/01/2020

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS ASTM D1556

REFERENCIA	: Ensayos en campo
SOLICITANTE	: Jeffrey Andrews Oyala De La Cruz
PROYECTO	: "Estudio comparativo de suelo blando y suelo con el Sistema de Piles de agregado compactado, Carabaylo - 2019"
UBICACIÓN	: Av. Tupac Amaru km 23, calle Vargas Mechuca, cruce con Payascal distrito Carabaylo.
CALICATA	: C-1
MUESTRA	: M-1
Prof. (m)	: 1.50 m
Fecha de ensayo: 01/06/2020	

Ubicación		C-1			
Nº de Ensayo		01			
Norte		--			
Este		--			
Fecha de Ensayo		01-06-20			

1	Peso de material + Tara	g	5023			
2	Peso de la tara	g	20			
3	Peso neto del suelo + grava (1-2)	g	5003			
4	Peso de frasco + arena (antes)	g	7838			
5	Peso de frasco + arena (después)	g	1895			
6	Peso de la arena del embudo	g	1740			
7	Peso neto de la arena empleada (4-5-6)	g	4203			
8	Densidad de la arena	g/cm³	1.40			
9	Volumen del hueco (7/8)	cm³	3002			
10	Peso de la grava (retenido malla 3/4")	g	---			
11	Densidad de la grava	g/cm³	---			
12	Volumen de la grava (10/11)	cm³	---			
13	Peso del suelo (3-10)	g	5003			
14	Volumen del suelo (9-12)	cm³	3002			
15	Densidad del suelo húmedo (13 / 14)	g/cm³	1.666			
16	Humedad contenida en el suelo	%	14.8			
17	Densidad del suelo seco 15 / (1 + 16/100)	g/cm³	1.452			
PORCENTAJE DE COMPACTACION		%				

CONTENIDO DE HUMEDAD

1	Porcentaje de Humedad corregida	%	14.80			
---	---------------------------------	---	-------	--	--	--

ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557 (C)

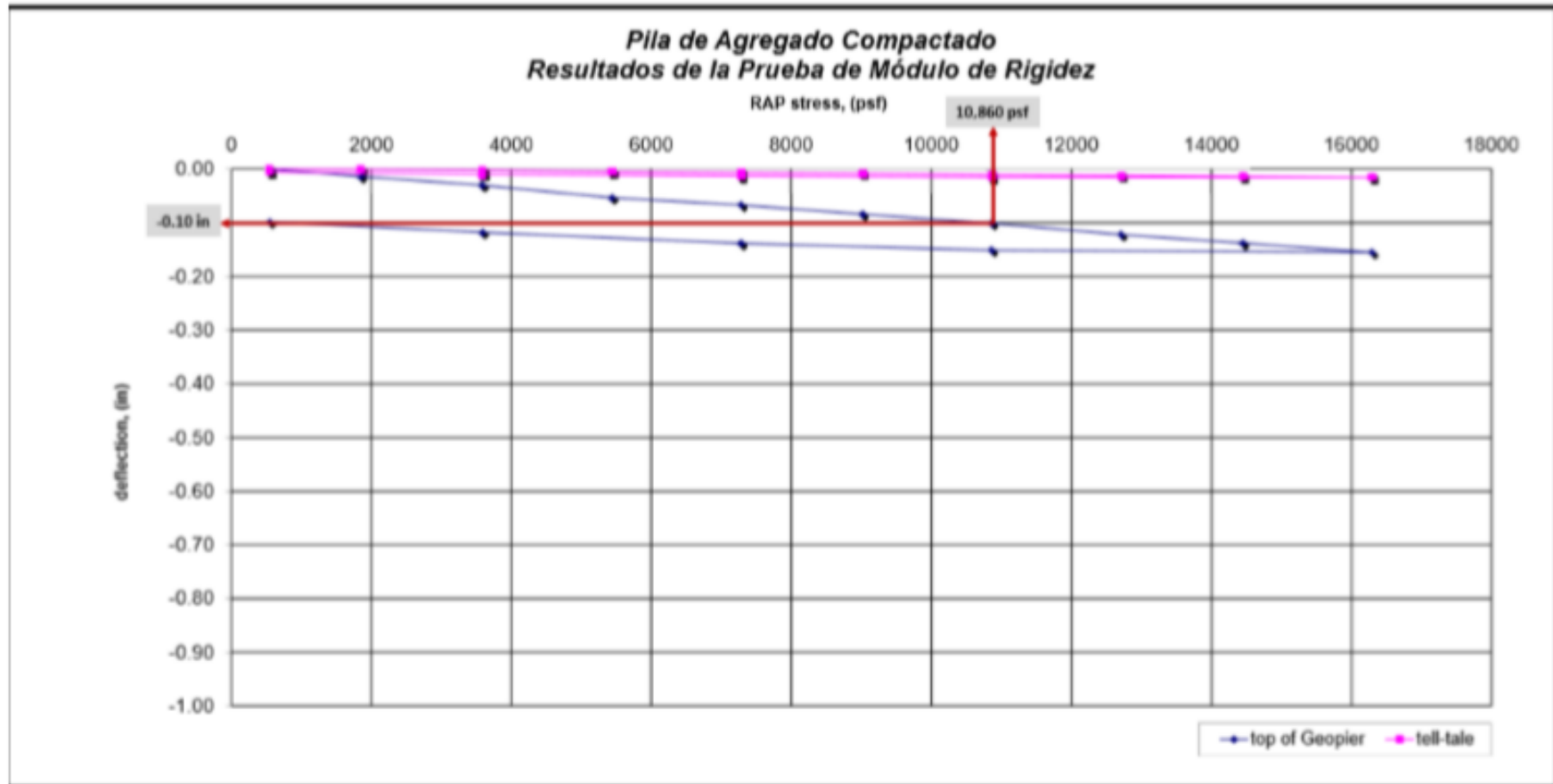
MAXIMA DENSIDAD SECA	g/cm³		
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	%		

OBSERVACIONES:

* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 ELMER MORENO HUAMAN INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 210606	 CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad MTL GEOTECNIA

Anexo N.12 Grafica de módulo de rigidez, Huamán.



Anexo N.13 Prueba de estabilidad BST, Huamán.

Prueba de estabilización de Fondo(BST)	1era compactacion		2da compactacion		Δ diferencia (mm)	
	profundidad		profundidad			
	5.32	5.32	0.00	0.00	0.5	2.0
5.40	5.36	0.00	0.00	2.0	5.0	
5.21	5.33	0.00	0.00	1.2	3.4	
2.31	5.34	0.00	0.00	1.5	1.4	
5.50	5.30	0.00	0.00	5.0	1.0	
5.32	5.37	0.00	0.00	1.0	0.9	
5.35	5.36	0.00	0.00	3.0	2.3	
5.39	5.37	0.00	0.00	2.0	1.5	
5.41	5.31	0.00	0.00	1.7	1.1	
5.32	5.32	0.00	0.00	1.0	1.3	
					Promedio	2.0000

Anexo N.14 Prueba de estabilidad CST, Huamán.

Prueba de estabilización de Fondo(CST)	1era compactacion		2da compactacion		Δ diferencia (mm)	
	profundidad		profundidad			
	6.52	6.53	0.00	0.00	2.5	2.8
6.53	6.51	0.00	0.00	2.3	2.1	
6.50	6.54	0.00	0.00	4.0	2.4	
6.51	6.70	0.00	0.00	2.3	3.9	
6.52	6.60	0.00	0.00	2.4	5.1	
6.50	6.63	0.00	0.00	2.6	3.1	
6.54	6.51	0.00	0.00	1.9	2.7	
6.53	6.61	0.00	0.00	3.4	2.3	
6.50	6.60	0.00	0.00	4.3	3.6	
6.52	6.51	0.00	0.00	2.9	2.4	
					Promedio	3.0000

Anexo N.15 Ensayo densidad de campo, Huamán.

	CD PROJECTS S.A.C					
DENSIDAD DE CAMPO						
MTC E 114 - ASTM D1556 - AASTHO T 191						
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS						
PROYECTO: MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO UTILIZANDO GEOSTRUCTURAS DE GEOTEX PARA UNA EDIFICACION EN LA AVENIDA JUAN LECAROS FRENTE AL ESTADIO MUNICIPAL DE PUENTE PIEDRA 2018 MUESTRA MUESTRA: DESPUES DE LA ESTRUCTURA GEOTEX Materia: NATURAL				TÉCNICO : C.A.C. ING. CAMPO : J.C.D. ING. RESP. : D.C.LL. FECHA : 25-Oct-18 CERTIFICADO :		
DESCRIPCION	Unidad	DENSIDAD HUMEDA				
Capas	Nº					
ENSAYOS	-		PUNTO 1	PUNTO 2		
Epesor	m		0.15	0.15		
1.- Peso del Frasco + Arena	g		8100	8100		
2.- Peso del Frasco + Arena que Quiebra	g		3090	3124		
3.- Peso de Arena Emplastada (1-2)	g		5010	4976		
4.- Peso de Arena en el Cono	g		1836	1836		
5.- Peso de Arena en la Excavación (3-4)	g		3074	3040		
6.- Densidad de la Arena	g/cm ³		1.891	1.891		
7.- Volumen del Material Extraído (5R)	cm ³		1922	1911		
8.- Peso del Recipiente + Suelo + Grava	g		4097	4023		
9.- Peso del Recipiente	g		180	180		
10.- Peso del Suelo + Grava (9-9)	g		3917	3843		
11.- Peso Referido en la Malla 20#	g		100	274		
12.- Peso Especifico de la Grava	g/cm ³		1.600	1.600		
13.- Volumen de la Grava (11/12)	cm ³		63	171		
14.- Peso de Fines (10-11)	g		3817	3569		
15.- Volumen de Fines (7-13)	cm ³		1870	1739		
16.- Densidad Humeda (14/15)	g/cm ³		2.042	2.052		
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso Recipiente + Suelo Humedo	g					
Peso Recipiente + Suelo Seco	g					
Peso de Agua	g					
Peso de Recipiente	g					
Peso de Suelo Seco	g					
Contenido de humedad (Speedy)	%		24.7	25.6		
17.- Contenido de Humedad (correcto)	%		22.80	23.40		
RESULTADOS						
18.- Densidad Humeda	g/cm ³		2.042	2.052		
19.- Contenido de Humedad	%		22.80	23.40		
20.- Densidad Seca ((18/100+17)*100)	g/cm ³		1.605	1.603		
21.- Máxima Densidad Seca	g/cm ³		1.683	1.683		
22.- Óptimo Contenido de Humedad	%		21.80	21.80		
23.- Grado de Compactación ((20/21)*100)	%		98.9	98.8		
ESPECIFICACION:	%		98.0	98.0		

CD PROJECTS S.A.C.
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

 DR. SANDRO ESCOBAR
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 8002



Anexo N.16 Análisis granulométrico de agregado, Huamán.



LABORATORIOS "LASA" INGENIEROS

ANALISIS DE SUELOS

PROCEDENTE DE : PROY.P038-156 EMIN ENSAYOS
AGREGADOS PIEDRA CHANCADA HUS05
CANTERA JICAMARCA UNICON
PROYECTO CC- PUENTE PIEDRA

UBICACIÓN : PUENTE PIEDRA LIMA

SOLICITANTE : EMIN GEOESTRUCTURAS SAC

FECHA : LIMA, 26 DE JULIO DEL 2018

N° DE CAMPO	Cl ppm	SO ₄ ppm	S.S.T. ppm
Muestra M-01 Piedra Chancada	51.38	33.14	276.00

La Muestra fue tomada por el interesado.

INFORMADO POR:

L. A. S. A. Ingenieros
Laboratorio de Análisis de Suelos y Aguas

ING. MIGUEL PASACHE ANGULO
GERENTE GENERAL

ANALISIS DE SUELOS Y AGUAS: Asesoría - Consulta - Supervisión

Calle Colarco N° 300 - Urb. La Florida - Rímac - Lima.

Teléfono: 481-558 - Celular: 99992-1508 - E: lasaingenieros@hotmail.com

Anexo N.17 Análisis granulométrico de agregado, Huamán.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Civil

Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos



INFORME N° S18 - 582-1

SOLICITANTE : EMIN GEOESTRUCTURAS SAC
 PROYECTO : ENSAYO AGREGADO PIEDRA CHANCADA HUSO 5 - CANTERA JICAMARCA UNICON
 PROYECTO CC - PUENTE PIEDRA
 UBICACIÓN : PUENTE PIEDRA - LIMA
 FECHA : 01 DE AGOSTO 2018

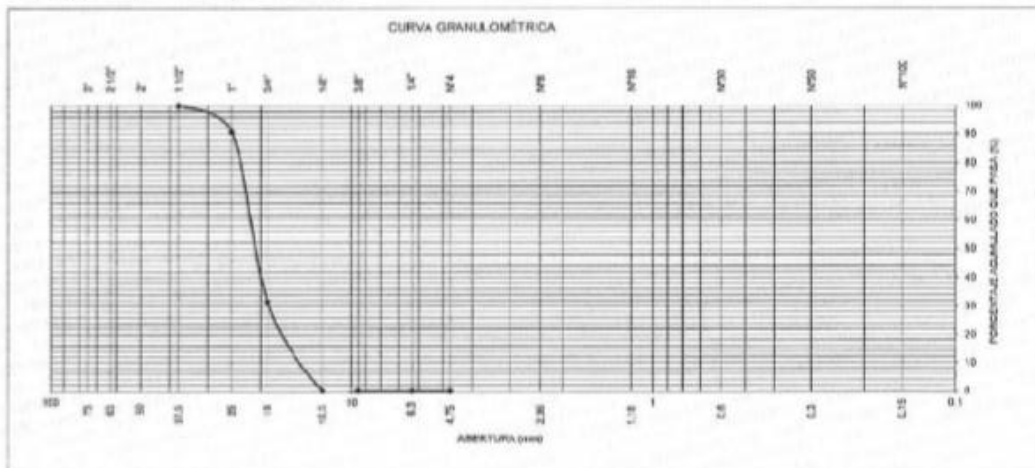
REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Cantera : Jicamarca Unicon
 Muestra : Piedra Chancada Huso 5

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM C 136

Tamiz	Abertura (mm)	(%) Parcial Retenido	(%) Acumulado	
			Retenido	Pasa
3"	75.000	-	-	
2 1/2"	63.000	-	-	
2"	50.000	-	-	
1 1/2"	37.500	-	-	100.0
1"	25.000	9.2	9.2	90.8
3/4"	19.000	59.1	58.4	31.6
1/2"	12.500	31.6	99.9	0.1
3/8"	9.500	-	99.9	0.1
1/4"	6.300	-	99.9	0.1
N°4	4.750	-	99.9	0.1
FONDO		0.1		

Módulo de Fineza ASTM C-125 : 7.7



Nota: Muestra remitida e identificada por el Solicitante

Ejecución : Téc. W. ChMtas H
 Revisión : Ing. L.S.L. / B.R.P.



[Handwritten Signature]

Msc. Ing. LUISA E. SHUAN LUCAS
 Jefa (e) del Laboratorio N°2 UNI - FIC

Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Apartado 1301 - Perú
 Teléfono: (511) 381-3842, Central Telefónica: 481-1070 Anexo: 4019
 e-mail: lms_fic@uni.edu.pe, lms.servicios@uni.edu.pe, www.lms.uni.edu.pe

Anexo N.18 Gravedad específica y absorción del agregado, Huamán.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Civil
Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos



INFORME N° S18 - 582-2

SOLICITANTE : EMIN GEOESTRUCTURAS SAC
PROYECTO : ENSAYO AGREGADO PIEDRA CHANCADA HUSO 5 - CANTERA JICAMARCA UNICON
PROYECTO CC - PUENTE PIEDRA
UBICACIÓN : PUENTE PIEDRA - LIMA
FECHA : 01 DE AGOSTO 2018

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Cantera : Jicamarca Unicon
Muestra : Piedra Chancada Huso 5

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO ASTM C - 127

P.e. BULK (BASE SECA)	:	2.673
P.e. BULK (BASE SATURADA)	:	2.688
P.e. APARENTE (BASE SECA)	:	2.714
% DE ABSORCIÓN	:	0.55

Nda. Muestra remitida e identificada por el Solicitante

Ejecución : Téc. W. Oblitas H.

Revisión : Ing. L.S.L. / B.R.P.



Msc. Ing. LUISA E. SHUAN LUCAS
Jefe (a) del Laboratorio N°2 UNI - FIC

Anexo N.19 Calibración de instrumento.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD
NTP ISO / IEC 17025:2017

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN TC - 4373 - 2020

PROFORMA : 1696A Fecha de emisión : 2020-05-25 Página : 1 de 2

SOLICITANTE : MTL GEOTECNIA S.A.C.

Dirección : Cal.La Madrid Nro. 264 Asc. Los Olivos Lima-Lima-San Martín De Porres

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : EQUIPO DE CORTE DIRECTO

Marca : PERU TEST
Modelo : PT-CD-500
Serie : 1011
Alcance : 500 kg
Resolución : 0,01 kg
Procedencia : Perú
Identificación : No indica
Ubicación : LABORATORIO
Fecha de Calibración : 2020-05-25

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

LUGAR DE CALIBRACIÓN

Instalaciones de MTL GEOTECNIA S.A.C.

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se efectuó por comparación directa utilizando el PIC-023 "Procedimiento interno de Calibración de Prensas, Celdas y Anillos de Carga".

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

CONDICIONES AMBIENTALES

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	22,4	22,5
HUMEDAD RELATIVA	70,0%	70,0%

Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

Lic. Nicolas Ramos Paucar
Gerente Técnico.
CFP :0316



Jr. Condesa de Lemos N°117
San Miguel, Lima

(01) 262 9536
(51) 988 901 065

informes@testcontrol.com.pe
www.testcontrol.com.pe

Anexo N.20 Calibración de instrumento.

Certificado : TC - 4373 - 2020

Página : 2 de 2

TRAZABILIDAD

Patrón de Referencia	Patrón de Trabajo	Certificado de calibración
Manómetro Digital 700 bar TEST & CONTROL	CELDA ANYLOAD	LM-0033-2019

RESULTADOS DE MEDICIÓN

Indicación del Equipo (kg)	Indicación del Patrón (kg)	Error (kg)	Incertidumbre (kg)
10,00	9,65	-0,35	0,01
100,00	99,35	-0,65	0,10
150,00	150,60	0,60	0,15
200,00	199,20	-0,80	0,20
250,00	249,16	-0,84	0,25
300,00	299,20	-0,80	0,30
350,00	348,90	-1,10	0,35
400,00	398,85	-1,15	0,40
450,00	449,16	-0,84	0,45
500,00	498,56	-1,44	0,50

OBSERVACIONES

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura $k=2$ que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO



Anexo N.21 Calibración de instrumento.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD
NTP ISO / IEC 17025:2017

CERTIFICADO DE CALIBRACION

TC - 4372 - 2020

PROFORMA : 1696A Fecha de emisión : 2020-05-25

SOLICITANTE : MTL GEOTECNIA S.A.C.
Dirección : CAL.LA MADRID NRO. 264 ASC. LOS OLIVOS LIMA-LIMA-SAN MARTÍN DE PORRES

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BALANZA
Tipo : ELECTRÓNICA
Marca : DENVER INSTRUMENT
Modelo : AA-250
N° de Serie : B032815
Capacidad Máxima : 220 g
Resolución : 0,0001 g
División de Verificación : 0,001 g
Clase de Exactitud : I
Capacidad Mínima : 0,1 g
Procedencia : U.S.A.
N° de Parte : No Indica
Identificación : No Indica
Ubicación : LABORATORIO
Variación de ΔT Local : 5 °C
Fecha de Calibración : 2020-05-25

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

LUGAR DE CALIBRACIÓN
Instalaciones de MTL GEOTECNIA S.A.C.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones según procedimiento PC-011 "Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y II". Cuarta Edición - Abril 2010. SNM - INDECOPI.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
CFP: 0316



Anexo N.22 Calibración de instrumento.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD
NTP ISO / IEC 17025:2017

Certificado de Calibración
TC - 4372 - 2020

TRAZABILIDAD

Trazabilidad	Patrón de Trabajo	Certificado de Calibración
Patrones de Referencia de LO JUSTO	Juego de Pesas 1 mg a 1 kg Clase de Exactitud F1	IP-140-2019 Mayo 2019

RESULTADOS DE MEDICIÓN

INSPECCION VISUAL

Ajuste de Cero	Tiene	Escala	No Tiene
Oscilación Libre	Tiene	Cursor	No Tiene
Plataforma	Tiene	Nivelación	Tiene
Sistema de Traba	No Tiene		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

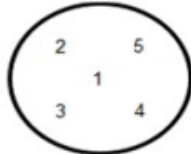
Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	22,0 °C	22,0 °C
Humedad Relativa	64 %	64 %

Medición N°	Carga (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Medición N°	Carga (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)
1	110,0000	110,0018	-	1,8	1	220,0000	220,0020	-	2,0
2		110,0016	-	1,6	2		220,0019	-	1,9
3		110,0016	-	1,6	3		220,0016	-	1,6
4		110,0018	-	1,8	4		220,0016	-	1,6
5		110,0016	-	1,6	5		220,0018	-	1,8
6		110,0016	-	1,6	6		220,0016	-	1,6
7		110,0016	-	1,6	7		220,0018	-	1,8
8		110,0018	-	1,8	8		220,0016	-	1,6
9		110,0018	-	1,8	9		220,0018	-	1,8
10		110,0018	-	1,8	10		220,0017	-	1,7
Emáx - Emin (mg)				0,2	Emáx - Emin (mg)				0,4
error máximo permitido (±mg)				2,0	error máximo permitido (±mg)				3,0



Anexo N.23 Calibración de instrumento.

Certificado de Calibración
TC - 4372 - 2020



ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	22,1 °C	22,1 °C
Humedad Relativa	64 %	64 %

N°	Determinación de Error Eo				Determinación de Error Corregido Ec				e.m.p. (±mg)	
	Carga (g)	I (g)	ΔL (mg)	Eo (mg)	Carga (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)		Ec (mg)
1	0,0100	0,0100	-	0,0	70,0000	70,0015	-	1,5	1,5	2,0
2		0,0100	-	0,0		70,0015	-	1,5	1,5	
3		0,0100	-	0,0		70,0016	-	1,6	1,6	
4		0,0100	-	0,0		70,0018	-	1,8	1,8	
5		0,0100	-	0,0		70,0015	-	1,5	1,5	

ENSAYO DE PESAJE

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	22,2 °C	22,3 °C
Humedad Relativa	63 %	63 %

Carga (g)	Crecientes				Decrecientes				e.m.p. (±mg)
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	
0,0100	0,0100	-	0,0						
0,1000	0,1000	-	0,0	0,0	0,1000	-	0,0	0,0	1,0
1,0000	1,0000	-	0,0	0,0	1,0000	-	0,0	0,0	1,0
10,0000	9,9999	-	-0,1	-0,1	9,9999	-	-0,1	-0,1	1,0
50,0001	50,0016	-	1,5	1,5	50,0018	-	1,7	1,7	1,0
70,0001	70,0015	-	1,4	1,4	70,0012	-	1,1	1,1	2,0
100,0003	100,0016	-	1,3	1,3	100,0012	-	0,9	0,9	2,0
110,0003	110,0011	-	0,8	0,8	110,0006	-	0,3	0,3	2,0
150,0004	150,0016	-	1,2	1,2	150,0018	-	1,4	1,4	2,0
200,0004	200,0013	-	0,9	0,9	200,0013	-	0,9	0,9	2,0
220,0004	220,0012	-	0,8	0,8	220,0010	-	0,6	0,6	3,0

Donde:

I : Indicación de la balanza
R : Lectura de la balanza posterior a la calibración (g)

ΔL : Carga adicional
E : Error del instrumento
Ec : Error corregido

Eo : Error en cero
Ec : Error corregido

LECTURA CORREGIDA E INCERTIDUMBRE DE LA BALANZA

$$\text{Lectura Corregida} : R_{\text{corregida}} = R - 9,80 \times 10^{-6} \times R$$

$$\text{Incertidumbre Expandida} : U_R = 2 \times \sqrt{4,29 \times 10^{-8} \text{ g}^2 + 2,10 \times 10^{-10} \times R^2}$$

OBSERVACIONES

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.
La indicación de la balanza fue de 220,0121 g para una carga de valor nominal 220 g.

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre expandida que resulta de multiplicar la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura k=2 que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO



Anexo N.24 Calibración de instrumento.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD
NTP ISO / IEC 17025:2017

CERTIFICADO DE CALIBRACION

TC - 4370 - 2020

PROFORMA : 1696A Fecha de emisión : 2020-05-25

SOLICITANTE : MTL GEOTECNIA S.A.C.
Dirección : CAL.LA MADRID NRO. 264 ASC. LOS OLIVOS LIMA-LIMA-SAN MARTÍN DE PORRES

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BALANZA
Tipo : ELECTRÓNICA
Marca : SARTORIUS
Modelo : LC2201S
N° de Serie : 50310007
Capacidad Máxima : 2200 g
Resolución : 0,01 g
División de Verificación : 0,1 g
Clase de Exactitud : II
Capacidad Mínima : 5 g
Procedencia : ALEMANIA
N° de Parte : No Indica
Identificación : No Indica
Ubicación : LABORATORIO
Variación de ΔT Local : 5 °C
Fecha de Calibración : 2020-05-25

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

LUGAR DE CALIBRACIÓN
Instalaciones de MTL GEOTECNIA S.A.C.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

MÉTODO DE CALIBRACIÓN
La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones según procedimiento PC-011 "Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y II". Cuarta Edición - Abril 2010. SNM - INDECOPI.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
CFP: 0316

Anexo N.25 Calibración de instrumento.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD
NTP ISO / IEC 17025:2017

Certificado de Calibración
TC - 4370 - 2020

TRAZABILIDAD

Trazabilidad	Patrón de Trabajo	Certificado de Calibración
Patrones de Referencia de LO JUSTO	Juego de Pesas 1 mg a 1 kg Clase de Exactitud F1	IP-140-2019 Mayo 2019
Patrones de Referencia de DM-INACAL	Juego de Pesas 2 kg a 5 kg Clase de Exactitud F1	LM-147-2019 Mayo 2019

RESULTADOS DE MEDICIÓN

INSPECCION VISUAL

Ajuste de Cero	Tiene	Escala	No Tiene
Oscilación Libre	Tiene	Cursor	No Tiene
Plataforma	Tiene	Nivelación	Tiene
Sistema de Traba	No Tiene		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	21,9 °C	21,9 °C
Humedad Relativa	64 %	64 %

Medición N°	Carga (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Medición N°	Carga (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)
1	1 100,000	1 099,99	5	-10	1	2 200,000	2 199,98	4	-19
2		1 099,99	3	-8	2		2 199,99	4	-9
3		1 099,98	4	-19	3		2 199,98	5	-20
4		1 099,98	4	-19	4		2 199,98	4	-19
5		1 099,99	4	-9	5		2 199,99	4	-9
6		1 099,98	5	-20	6		2 199,98	4	-19
7		1 099,98	3	-18	7		2 199,98	3	-18
8		1 099,98	5	-20	8		2 199,99	4	-9
9		1 099,99	5	-10	9		2 199,99	5	-10
10		1 099,99	5	-10	10		2 199,99	5	-10
Emáx - Emin (mg)				12	Emáx - Emin (mg)				11
error máximo permitido (±mg)				200	error máximo permitido (±mg)				300

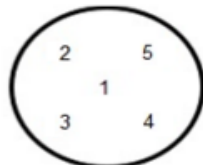


Anexo N.26 Calibración de instrumento.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD
NTP ISO / IEC 17025:2017

Certificado de Calibración
TC - 4370 - 2020



ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	22,1 °C	22,2 °C
Humedad Relativa	63 %	63 %

N°	Determinación de Error Eo				Determinación de Error Corregido Ec				e.m.p. (±mg)	
	Carga (g)	I (g)	ΔL (mg)	Eo (mg)	Carga (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)		Ec (mg)
1	1,000	1,00	4	1	800,000	799,99	4	-9	-10	200
2		1,00	5	0		799,98	4	-19	-19	
3		1,00	4	1		799,98	5	-20	-21	
4		1,00	4	1		799,98	5	-20	-21	
5		1,00	5	0		799,99	5	-10	-10	

ENSAYO DE PESAJE

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	22,2 °C	22,3 °C
Humedad Relativa	63 %	63 %

Carga (g)	Crecientes				Decrecientes				e.m.p. (±mg)
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	
0,000	0,10	4	101	899	1,00	4	1 001	900	100
0,000	1,00	5	1 000	999	10,00	5	10 000	9 999	100
0,000	10,00	4	10 001	9 900	100,00	5	100 000	99 999	100
0,000	100,00	4	100 001	99 900	1 000,00	5	1 000 000	999 999	100
0,000	500,00	5	500 000	499 899	5 000,00	4	5 000 000	4 999 999	100
0,000	799,99	4	799 991	799 890	799,99	4	799 991	799 890	200
0,000	999,99	4	999 991	999 890	1 000,00	5	1 000 000	999 899	200
0,000	1 099,99	5	1 099 990	1 099 889	1 099,99	5	1 099 990	1 099 889	200
0,000	1 499,99	5	1 499 990	1 499 889	1 500,01	5	1 500 010	1 499 909	200
2 000,004	1 999,99	5	-14	-115	1 999,99	4	-13	-114	200
2 000,004	2 199,99	4	199 987	199 886	2 199,99	4	199 987	199 886	300

Donde:

I : Indicación de la balanza

ΔL : Carga adicional

Eo : Error en cero

R : Lectura de la balanza posterior a la calibración (g)

E : Error del instrumento

Ec : Error corregido

LECTURA CORREGIDA E INCERTIDUMBRE DE LA BALANZA

Lectura Corregida : $R_{\text{corregida}} = R - 4,58 \times 10^{-1} \times R$

Incertidumbre Expandida : $U_R = 2 \times \sqrt{7,73 \times 10^{-5} \text{ g}^2 + 2,26 \times 10^{-10} \times R^2}$

OBSERVACIONES

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado. La indicación de la balanza fue de 1 999,97 g para una carga de valor nominal 2200 g.

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre expandida que resulta de multiplicar la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura $k=2$ que para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO



Anexo N.27 Calibración de instrumento.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CAL
NTP ISO / IEC 17025:2017

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

TC - 4371 - 2020

PROFORMA : 1696A

Fecha de emisión : 2020 - 05 - 27

Página : 1 de 5

SOLICITANTE : MTL GEOTECNIA S.A.C.

Dirección : Cal.La Madrid Nro. 264 Asc. Los Olivos Lima-Lima-San Martín De Porres

EQUIPO : HORNO
Marca : GEMMY
Modelo : YC0-010
N° de Serie : 510847
Tipo de Ventilación : Turbulencia
Procedencia : ALEMANIA
Identificación : NO INDICA
INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : TERMÓMETRO DIGITAL
Marca : No Indica
Alcance : 1°C a 250°C
Resolución : 1°C
TIPO DE CONTROLADOR : DIGITAL
Marca : No Indica
Alcance : 1°C a 250°C
Resolución : 1°C
Fecha de Calibración : 2020 - 05 - 25
Ubicación : LABORATORIO

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

LUGAR DE CALIBRACIÓN

Instalaciones de MTL GEOTECNIA S.A.C.

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó por comparación directa con nuestro sistema de medición de temperatura patrón según procedimiento PC- 018 "Procedimiento de calibración o caracterización de medios isotermos con aire como medio termostático", Segunda Edición - Junio 2009. SNM - INDECOPI.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

CONDICIONES AMBIENTALES

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	29,3 °C	29,6 °C
Humedad Relativa	45,3 %	43,2 %

Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
CFP: 0316



Jr. Condesa de Lemos N°117
San Miguel, Lima

(01) 262 9536
(51) 988 901 065

informes@testcontrol.com
www.testcontrol.com.pe

Anexo N.28 Calibración de instrumento.

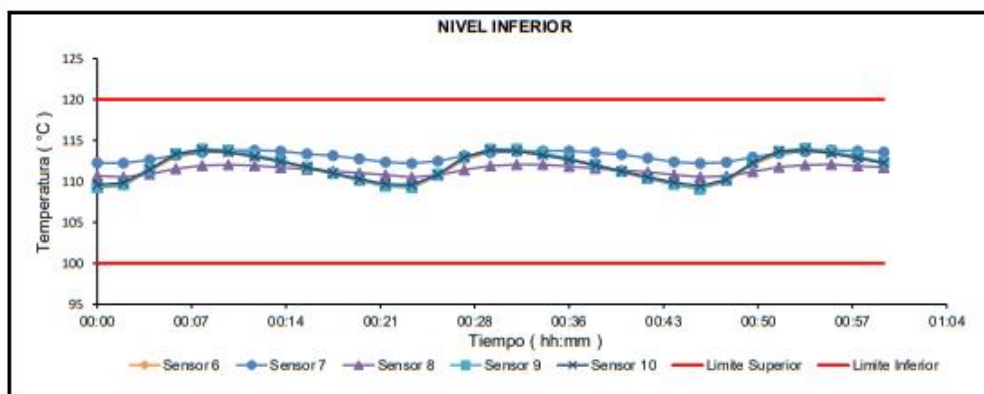
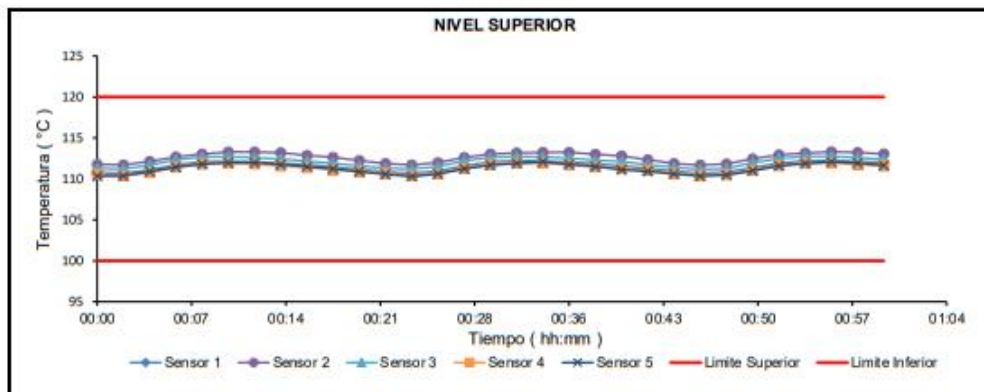
Certificado : TC - 4371 - 2020

Página : 3 de 5

RESULTADOS DE MEDICIÓN

Parámetro	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)
Máxima Temperatura Medida	114,0	0,4
Mínima Temperatura Medida	109,1	0,5
Desviación Temperatura en el Tiempo	4,9	0,1
Desviación Temperatura en el Espacio	1,8	0,5
Estabilidad Medida (±)	2,45	0,04
Uniformidad Medida	3,1	0,5

GRAFICO DE TEMPERATURA DE LOS SENSORES



Anexo N.29 Calibración de instrumento.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD
NTP ISO / IEC 17025:2017

Certificado : TC - 4371 - 2020
Página : 5 de 5

OBSERVACIONES

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.

[1] T. PROM: Promedio de las temperaturas en una posición de medición durante el tiempo de calibración.

[2] T prom: Promedio de las temperaturas en las doce posiciones de medición para un instante dado.

[3] Tmax: Temperatura máxima.

[4] Tmin: Temperatura mínima.

[5] DTT: Desviación de Temperatura en el Tiempo.

Para cada posición de medición su "**desviación de temperatura en el tiempo**" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura registradas en dicha posición.

Incertidumbre expandida de las indicaciones del termómetro propio de Medio Isotermo: 0,6 °C

La Uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.

La Estabilidad es considerada igual a $\pm \frac{1}{2}$ máx. DTT.

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre expandida que resulta de multiplicar la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura $k=2$ que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO



Jr. Condesa de Lemos N°117
San Miguel, Lima

(01) 262 9536
(51) 988 901 065

informes@testcontrol.com
www.testcontrol.com.pe