



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

Análisis de la mitigación de licuefacción del suelo aplicando el diseño  
de columnas de grava compactada en el Colegio Jacobo, Catacaos,  
Piura 2022

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Civil

**AUTORES:**

Ruiz Ortiz, Sofia del Pilar (orcid.org/0000-0001-5652-774X)  
Pineda Alcala, Erick Alexander (orcid.org/0000-0003-3550-6485)

**ASESOR:**

Mg.Villegas Martinez, Carlos Alberto (orcid.org/ 0000-0002-4926-8556)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico y Estructural

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

**LIMA - PERÚ**

**2022**

## **Dedicatoria**

Erick Pineda: A mi madre por haberme formado de buenos valores, eres y serás mi motivación para seguir adelante y a la persona más importante Nicole por creer en mí y por mantenerme siempre de pie.

Sofía Ruiz: Dedico la presente investigación a mi tía Marielena Ruiz, quien en vida siempre me acompañó y aconsejó a seguir adelante con mis objetivos de vida, también a Isabella y Abigail porque son la fuente de mi inspiración, y por último a todas las mujeres que están involucradas en la ingeniería y se esfuerzan con marcar un cambio.

## **Agradecimiento**

Erick Pineda: A Dios, por la fortaleza para no rendirme, a mi madre por su amor y sabiduría, a Sofía Ruiz por su amistad y ser mi apoyo, finalmente a los catedráticos por compartir sus experiencias y enseñanzas.

Sofía Ruiz: Agradezco en primera instancia a Dios, por brindarme la paciencia y la oportunidad de seguir con los propósitos, en segunda instancia a mis hijas por su acompañamiento y comprensión en esta investigación y seguir siendo ejemplo de superación, finalmente agradezco al ingeniero Carlos Villegas y a los especialistas quien con su guía y capacidades se desarrolló la presente investigación.

## Índice de contenidos

Carátula .....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas .....	V
Índice de figuras .....	VI
Resumen .....	VIII
Abstract .....	IX
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	4
III. METODOLOGÍA .....	24
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	24
3.2. Variables y operacionalización .....	25
3.3. Población, muestra y muestreo.....	26
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	27
3.5. Procedimientos .....	28
3.6. Método de análisis de datos.....	41
3.7. Aspectos éticos .....	41
IV. RESULTADOS.....	42
V. DISCUSIÓN .....	70
VI. CONCLUSIONES .....	74
VII. RECOMENDACIONES.....	76
REFERENCIAS .....	78
ANEXOS .....	84

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> <i>Distorsión angular</i> .....	13
<b>Tabla 2.</b> <i>Requisitos para el concreto expuesto a soluciones de sulfatos</i> .....	21
<b>Tabla 3.</b> <i>Ubicaciones de exploraciones</i> .....	30
<b>Tabla 4.</b> <i>Exploraciones y Ensayos realizados por muestras</i> .....	31
<b>Tabla 5.</b> <i>Exploraciones y Muestras del Ensayo SPT</i> .....	32
<b>Tabla 6.</b> <i>Registro de Golpes vs Profundidad Exploraciones y Muestras del Ensayo SPT</i>	32
<b>Tabla 7.</b> <i>Resumen de los Ensayos Geofísicos MASW- WGS- 84</i> .....	36
<b>Tabla 8.</b> <i>Resumen del Sondaje MASW y MAM</i> .....	37
<b>Tabla 9.</b> <i>Resumen de los Ensayos Geofísicos SEV - WGS- 84</i> .....	38
<b>Tabla 10.</b> <i>Calculo máximo potencial de licuefacción</i> .....	47
<b>Tabla 11.</b> <i>Análisis del Potencial de licuefacción</i> .....	48
<b>Tabla 12.</b> <i>Análisis de la probabilidad de licuefacción</i> .....	49
<b>Tabla 13.</b> <i>Cálculo Capacidad Admisible del suelo con licuefacción</i> .....	50
<b>Tabla 14.</b> <i>Resumen del diseño de Grava</i> .....	51
<b>Tabla 15.</b> <i>Diseño de columnas de grava</i> .....	52
<b>Tabla 16.</b> <i>Cálculo de la mitigación de la licuefacción del suelo</i> .....	53
<b>Tabla 17.</b> <i>Cálculo de la mitigación de la licuefacción del suelo</i> .....	53
<b>Tabla 18.</b> <i>Cálculo de la mitigación de la licuefacción del suelo</i> .....	54
<b>Tabla 19.</b> <i>Pilote Perforado estática</i> .....	55
<b>Tabla 20.</b> <i>Diseño Pilotes Tipo Franki estática</i> .....	56
<b>Tabla 21.</b> <i>Pilote Perforado estática</i> .....	57
<b>Tabla 22.</b> <i>Diseño Pilotes Tipo Franki estática</i> .....	57
<b>Tabla 23.</b> <i>Resumen de capacidad de carga de pilote por compresión condición estática <math>F_s = 3</math></i> .....	58
<b>Tabla 24.</b> <i>Capacidad de Carga de Pilote por Compresión condición sísmica <math>F_s = 2.5</math></i> ...	59
<b>Tabla 25.</b> <i>Carga de Pilote por tracción condición estática <math>F_s = 3</math></i> .....	60
<b>Tabla 26.</b> <i>Capacidad de carga de pilote por tracción condición sísmica <math>F_s = 2.5</math></i> .....	61
<b>Tabla 27.</b> <i>Resultado Pilas de grava (carga) desplazamientos</i> .....	65
<b>Tabla 28.</b> <i>Resultado Pilas de grava (descarga) desplazamientos</i> .....	66
<b>Tabla 29.</b> <i>Prueba de Normalidad</i> .....	68
<b>Tabla 30.</b> <i>Correlación de la profundidad con el potencial de licuefacción</i> . .....	69

## Índice de figuras

<i>Figura 1.</i> Formula tensión tangencial cíclica CSR.....	11
<i>Figura 2.</i> Esfuerzos de Corte Cíclico Inducidos (CSR).....	11
<i>Figura 3.</i> Fórmula Resistencia a la Licuefacción CRR .....	12
<i>Figura 4.</i> Factor de Seguridad frente a la Ocurrencia de la Licuefacción (FSL) ...	12
<i>Figura 5.</i> Susceptibilidad de licuación a partir de la resistencia de punta del cono eléctrico.....	13
<i>Figura 6.</i> Métodos MASW y MAM. ....	14
<i>Figura 7.</i> Líneas de corriente (rojo) y de potenciales - Esquema básico del método de SEV .....	15
<i>Figura 8.</i> Principio de penetración de los dispositivos geoelectrónicos.....	15
<i>Figura 9.</i> Dispositivos geoelectrónicos .....	16
<i>Figura 10.</i> Proceso de ejecución de columnas de grava.....	16
<i>Figura 11.</i> Curva de factor de mejora n.....	18
<i>Figura 12.</i> Mecanismos de rotura de una columna aislada. ....	19
<i>Figura 13.</i> Capacidad portante frente rotura estabilidad lateral columna .....	19
<i>Figura 14.</i> Curva Densidad Natural Seca vs. Limite Liquido .....	20
<i>Figura 15.</i> Suelos expansivos Talara .....	20
<i>Figura 16.</i> Instrumentación de prueba de carga a compresión. ....	22
<i>Figura 17.</i> Sistema de pilotes perforados.....	22
<i>Figura 18.</i> Inclusiones Rígidas (CMC).....	23
<i>Figura 19.</i> Pruebas MASW- MAM .....	29
<i>Figura 20.</i> Extracción de muestra de suelo .....	29
<i>Figura 21.</i> Ubicación del ensayo SPT-2 .....	33
<i>Figura 22.</i> Tramo 0.55m a 1.00m.....	33
<i>Figura 23.</i> Calicata identificada como C-2.....	34
<i>Figura 24.</i> La toma corresponde al fondo de la calicata asignada como C-2. ....	34
<i>Figura 25.</i> Calicata identificada como C-3.....	35
<i>Figura 26.</i> La toma corresponde al fondo de la calicata asignada como C-3. ....	35
<i>Figura 27.</i> Ejecución del Shot del Sondaje MASW-01 .....	39
<i>Figura 28.</i> Ejecución del Shot del Sondaje MAM-01 .....	39
<i>Figura 29.</i> Ejecución del Shot del Sondaje MAM-02 .....	40

<i>Figura 30.</i> Ejecución de la inducción de corriente al suelo SEV-02 .....	40
<i>Figura 31.</i> Mapa General del Perú .....	42
<i>Figura 32.</i> Mapa Departamento de Piura .....	43
<i>Figura 33.</i> Mapa político Catacaos.....	44
<i>Figura 34.</i> Ubicación del Colegio Jacobo .....	44
<i>Figura 35.</i> Zonificación sísmica del Perú.....	45
<i>Figura 36.</i> Distribución De Intensidades Sísmicas .....	46
<i>Figura 37.</i> Análisis CSR vs. CRR .....	48
<i>Figura 38.</i> Análisis CSR vs CRR .....	49
<i>Figura 39.</i> Diseño de Columnas de grava .....	51
<i>Figura 40.</i> Análisis de los valores de diseño de pilotes .....	56
<i>Figura 41.</i> Análisis de los valores de diseño de pilotes condición dinámica.....	58
<i>Figura 42.</i> Capacidad de carga por compresión condición estática .....	59
<i>Figura 43.</i> Capacidad de carga por compresión condición sísmica .....	60
<i>Figura 44.</i> Capacidad de carga por tracción condición estática .....	61
<i>Figura 45.</i> Capacidad de carga por tracción condición sísmica .....	62
<i>Figura 46.</i> Comparativos resultados requeridos vs. Ensayos de calidad .....	63
<i>Figura 47.</i> Sistema de Ensayo en C.G .....	64
<i>Figura 48.</i> Prueba de Carga estática.....	64
<i>Figura 49.</i> Gráfico de Esfuerzo- Desplazamiento.....	66

## Resumen

La presente investigación tiene como objetivo determinar el análisis de la mitigación de licuefacción aplicando el diseño de columnas de grava compactada en el proyecto Colegio Jacobo, Catacaos, Piura 2022. En la metodología se tuvo una investigación experimental, tipo aplicada y con un enfoque cuantitativo, su nivel de explicación fue explicativa y el diseño experimental.

Se determinó los resultados a base del estudio de penetración estándar las proyecciones del máximo potencial de licuefacción frente a un factor de seguridad aplicando un sismo leve de 1.83, sismo severo 0.52 y a una profundidad de 3.30 m, como la capacidad admisible de 2.09 kg/cm<sup>2</sup>, con un desplante de -1.33 mm a 1.5 mm. En conclusión, a referencia del objetivo de acuerdo a los resultados que se determinaron los parámetros tolerables de obtenemos que la capacidad admisible del suelo mejorado es de 1.50 kg/cm<sup>2</sup> para asientos máximos de 0.25 cm. Asimismo el análisis comparativo del diseño de las columnas de grava para mitigar la licuefacción versus los sistemas de pilotes de concreto, se determinó que las columnas de gravas es un método de mitigación a la licuefacción del suelo y reduciendo los peligros de asentamientos de las cimentaciones para alguna construcción, siendo el método más alternativo, seguro, con un menor tiempo de ejecución.

**Palabras clave:** Potencial de Licuefacción, Asentamientos, Pilas de grava compactada.

## **Abstract**

The objective of this research is to determine the analysis of liquefaction mitigation by applying the design of compacted gravel columns in the Colegio Jacobo project, Catacaos, Piura 2022. In the methodology, an experimental research was carried out, applied type and with a quantitative approach, its level of explanation was explanatory and the experimental design.

The results were determined based on the standard penetration study, the projections of the maximum liquefaction potential against a safety factor applying a mild earthquake of 1.83, a severe earthquake of 0.52 and at a depth of 3.30 m, as the admissible capacity of 2.09 kg/cm<sup>2</sup>. , with an offset of -1.33 mm to 1.5 mm. In conclusion, based on the objective according to the results that the tolerable parameters were determined, we obtain that the admissible capacity of the improved soil is 1.50 kg/cm<sup>2</sup> for maximum settlements of 0.25 cm. Likewise, the comparative analysis of the design of gravel columns to mitigate liquefaction versus concrete micropile systems, it was determined that gravel columns is a method of mitigating soil liquefaction and reducing the dangers of foundation settlements for some construction, being the most alternative method, safe, with a shorter execution time.

**Keywords:** Liquefaction Potential, Settlement, Piles of compacted gravel

## I. INTRODUCCIÓN

La licuefacción del suelo es el fenómeno en el que se produce un aumento de las presiones de poros debido a la exposición de ondas sísmicas, con lo que el esfuerzo de confinamiento del suelo disminuye y se obtiene un comportamiento semejante a un líquido, conllevando a una pérdida importante de rigidez, y con ello, de la capacidad portante, pudiendo causar el asentamiento e incluso el colapso de edificaciones, puentes, vialidades, entre otros (Pando, 2020, párr. 1). Este fenómeno ha dado lugar a grandes desastres por el colapso de diversas estructuras, cuya documentación se formalizó por primera vez luego del terremoto de Japón en 1964, donde se establecieron asentamientos métricos con la consiguiente inversión y derrumbe de edificaciones por su establecimiento sobre grandes montículos de depósitos (Geoquantics, 2020, párr. 24).

Desde el punto de vista geológico, este fenómeno posee una alta susceptibilidad en suelos conformados por depósitos aluviales, coluviales y eólicos. Por lo tanto, en el enfoque físico, las partículas sueltas son más propensas a sufrir el fenómeno, principalmente los conformados por limos y gravas. Considerando además la alta sismicidad de una región, se puede decir que el Perú reúne todas las características necesarias para poseer la presencia de suelos potencialmente licuables (Hurtado y Salas, 2020, p. 17), donde en el caso de la región de Piura, estudios anteriores confirman tal escenario (Orozco y Seminario, 2020, p. 109).

Diversas técnicas de mitigación han evolucionado en el transcurrir de los años, para mitigar tal efecto potencialmente devastador, las cuales van desde métodos de mejora de las propiedades del suelo como las inyecciones de compactación o la inclusión de elementos adicionales para el soporte de estructuras como el uso de geomallas (Orozco y Seminario, 2020, p. 109).

Por su parte, se tiene que la vulnerabilidad que presentan las edificaciones debe ser controlada de acuerdo a sus funciones, donde las clasificadas como esenciales deben permanecer operativas incluso después de ser expuestas a sismos de gran intensidad u otros fenómenos naturales extremos (Cámara Peruana de la Construcción [CAPECO], 2018, p. 3). Es en este sentido que la realidad planteada coincide con la situación del proyecto para el colegio “Jacobo”, en la región de

Catacaos, Piura, el cual está proyectado a ser construido en una zona cuyo análisis preliminar indica la presencia de suelos potencialmente licuables, al tiempo que la zona se caracteriza por una sismicidad elevada (Zona sísmica 4) y la edificación se clasifica como esencial.

Considerando las líneas anteriores, se evidencia la necesidad de dotar al proyecto Colegio Jacobo de un método de mitigación ante los efectos de los suelos licuables, lo que compromete su estabilidad estructural. Ante ello, surge el siguiente problema general: ¿De qué manera se puede analizar la mitigación de licuefacción aplicando el reforzamiento de columnas de grava compactada en el proyecto Colegio Jacobo, Catacaos, Piura 2022?, razón por la cual se plantean los siguientes problemas específicos: ¿Cuál es el potencial de licuefacción del suelo según los ensayos de penetración estándar SPT en el proyecto Colegio Jacobo, Catacaos, Piura 2022?, ¿Cuál es el diseño de columnas de grava para mitigar el potencial de licuefacción del suelo en el proyecto Colegio Jacobo, Catacaos, Piura 2022?.

En base a lo planteado, el presente proyecto adquiere una Justificación Práctica al estar enfocado a encontrar una solución aplicable al proyecto, dotándolo de los medios necesarios para afrontar el problema de estabilidad estructural causado por el potencial de licuefacción del suelo de fundación. Así mismo, presenta una Justificación social por cuanto la realización del proyecto de colegio Jacobo atiende a las necesidades de la población, donde, además, estas son los sujetos principales a colocarse en una situación de peligro debido al fenómeno de licuefacción una vez construida la edificación. De manera similar, la presente investigación sostiene una justificación tecnológica considerando que busca indagar en la aplicación de la técnica de reforzamiento de columnas de grava compactada para mejorar el comportamiento de los suelos de fundación de una edificación, cuyos hallazgos servirán de referencia para trabajos futuros.

Por consiguiente, para responder tales interrogantes, se plantea el objetivo general: Realizar el análisis de la mitigación de licuefacción aplicando el reforzamiento de columnas de grava compactada en el proyecto Colegio Jacobo, Catacaos, Piura 2022. A su vez, se plantean los objetivos específicos: a) Determinar el potencial de licuefacción del suelo a través de ensayos de penetración estándar SPT en el

proyecto Colegio Jacobo, Catacaos, Piura 2022, b) Obtener un diseño de columnas de grava para mitigar el potencial de licuefacción del suelo en el proyecto Colegio Jacobo, Catacaos, Piura 2022, c) Comparar el diseño de columnas de gravas compactadas versus las columnas de pilotes de concreto en el proyecto Colegio Jacobo, Catacaos, Piura 2022, d) Determinar y comparar la capacidad de carga admisible máxima por pilote de concreto vs. Columnas en el colegio Jacobo, Catacaos, Piura 2022. f). Determinar los desplazamientos mediante la prueba de carga estática por la ejecución de las columnas de grava compactada en el colegio Jacobo, Piura, 2022.

## II. MARCO TEÓRICO

Como antecedentes nacionales en esta investigación, Falla (2021), presentó una solución para el perfeccionamiento de suelos licuables mediante el uso de columnas de gravas y cuyo objetivo principal fue reducir el potencial de licuefacción del suelo en la zona del Callao. Para el desarrollo de los objetivos se obtuvo la caracterización del terreno por medio de ensayos de SPT, y además se obtuvo el potencial de licuefacción a través del diseño, cálculos Priebe y SEED & IDRIS. Para dar solución al problema se propusieron columnas de grava, realizando el diseño de estas mediante el método de SEED & BOOKER. Como resultado de los ensayos realizados se obtuvo que el suelo de la zona del puerto del Callao es altamente soluble, y se encuentra compuesto por un suelo arenoso, cuyo factor de seguridad, en muchos de sus estratos, es menor a 1. Al obtener el diseño e implementar las columnas de grava, se pudo concluir que el suelo de la zona ha sido mejorado, ya que según el estudio de SPT muestran un mayor número de golpes en comparación al estudio realizado antes del uso de las columnas de grava.

Valdiviezo (2019), Desarrolló un proyecto de uso de columnas de grava para aumentar la capacidad de diferentes caminos, ubicados en Piura, para fines de desarrollo se realizaron ensayos SPT en cuatro coordenadas de la sección en estudio, a partir de los cuales se pudo determinar las clasificaciones de los estratos: arena suelta, arena de densidad media y arena muy densa, y luego dieron los resultados de la dureza resultante, módulo de rigidez. Los resultados del coeficiente de dureza resultantes después de colocar las columnas de agregado compactado son favorables a la capacidad portante del suelo. En conclusión, se realizó una comparación de la capacidad portante del suelo después de aplicarle el uso de columnas de grava, y se obtuvieron valores favorables dentro del rango del 80% de aumento de su capacidad.

Camargo y Zapata (2017), presentaron la evaluación de reducción del potencial de licuefacción usando el software SEED & IDRIS, sobre ensayos en el suelo arenoso, utilizando en el proyecto Comercial ubicado en Lurín y aplicando pilas de grava, con el objetivo principal de evaluar la mejora del suelo luego de haber aplicado el método en mención, enfocado en la reducción del potencial de

licuefacción. La investigación fue de tipo descriptiva, con un enfoque mixto, sujeto a un análisis cualitativo y cuantitativo, en la que se procedió con la verificación inicial del estrato licuable y el diseño de las pilas de grava, las cuales resultaron ser de 50 cm de diámetro y 5 m de largo. Posterior a su aplicación en el terreno de estudio, se realizaron nuevamente dos ensayos de penetración, calculando además las capacidades admisibles y asentamientos del suelo mejorado, todo a la vez que los resultados fueron comparados con los de otros proyectos de mejora ejecutados en la región. Se encontró que, basado en los nuevos resultados obtenidos, se logró una mejora en la capacidad admisible del 69.94%, una reducción de los asentamientos del 72%, y un incremento en el número del golpe en el ensayo de SPT del 106%, lo que validó la aplicación de las pilas de grava para reducir el potencial de licuefacción, resultados que además fueron consonantes con los de los otros proyectos usados en la comparación.

Seguidamente los antecedentes en el ámbito internacional, Bautista y Mayorga (2018), presentaron un proyecto a pequeña escala en el cual analizaban el mejoramiento del suelo aplicando las columnas de grava, y el principal objetivo es definir la efectividad de asentamiento del suelo. Para el desarrollo del estudio se construyó a escala dos clasificaciones de suelo (arena y arcilla) compactados en diferentes capas, de forma tal que se pudiera recrear el estrato homogéneo, asimismo, se constituyó la columna de grava a escala. Como resultado se obtuvo que, al momento de aplicarle una fuerza simulado a un sismo, se evidencio que la columna de grava actúa como un sistema de drenaje, accediendo que el agua se dirija directamente al suelo, lo cual puede inferir la profundidad que se encuentra el nivel freático. De igual manera se concluyó que, las columnas de grava muestran una disminución evidente en los asentamientos ocurridos por la carga axial, mostrando diferencias del asentamiento del suelo mejorado con el método versus al suelo sin mejorar obteniendo un porcentaje del 25% de reducción.

Campodónico y Maldonado (2018), realizaron el diseño y estudio estructural de un edificio con sistema de pórticos especialmente en concreto armado donde estaba ubicado geotécnicamente en un suelo potencialmente licuable, para ello emplearon el sistema de columnas de gravas para mitigar los asentamientos .Para determinar el potencial de licuefacción del terreno se llevó a cabo la prueba de penetración

estándar como característica in-situ de los estratos, la cual dio como resultado que el estrato de estudio estaba compuesto por arena limosa como estimando pérdidas considerables en su totalidad de su resistencia al corte durante un evento severo. De esto se pudo determinar, que el análisis de licuefacción, que las columnas de grava como una alternativa geotécnica ante este fenómeno ya que actúan como drenaje que maximizan la permeabilidad de los suelos esquivado la presión de poros cíclicos, además de aumentar la resistencia al esfuerzo cortante, e tuvo como resultado de la medición de la capacidad admisible del terreno ya mejorado un 4.86 kg/cm<sup>2</sup> y 5.46 kg/cm<sup>2</sup> el cual en porcentajes se obtuvo un 69.94% de variación respecto al suelo sin mejorar

Sequeira (2017), presentó para la mitigación de licuefacción mediante columnas de grava, con el objetivo principal del análisis del efecto del refuerzo de arena con pilotes de grava en la reducción del efecto de licuefacción. Para desarrollar el estudio se realizaron modelos a pequeña escala para probar tres combinaciones de diferentes diámetros y tres separaciones de columnas de grava en la mesa vibratoria para evaluar su efectividad en la prevención de los efectos de la licuefacción al reducir la sedimentación. El estudio incluyó 19 pruebas en vibradores de concreto y una prueba adicional en vibradores unidireccionales para evaluar la licuefacción en modelos a pequeña escala. Como resultado de estos estudios, se puede verificar experimentalmente que la introducción de columnas de grava en una capa de suelo licuado conduce a una reducción de los sedimentos relacionados con la licuefacción y que existe una relación proporcional entre la reducción de la licuefacción y la licuefacción del sedimento. y la ubicación de las columnas de grava. En resumen, la colocación de una columna de grava tuvo el efecto de reducir la precipitación media en modelos de menor tamaño, logrando una tasa de mejora del 18% al 84%.

Por otro lado, encontramos antecedentes en otros idiomas, Castro y Millán (2019) En su tesis analizaron la consolidación y deformación de columnas de grava, concluyendo que estas metodologías más populares de mejoramiento de suelo para la cimentación de terraplenes o estructuras sobre suelo blando, pues actúan como objetos con mayor rigidez, resistencia y permeabilidad que en naturaleza. Además de mejorar la capacidad de carga y la estabilidad de deslizamiento,

reducen la cantidad de asentamiento, el tiempo requerido para realizar y la posibilidad de licuefacción.

Alonso (2016), en su investigación sobre obtener técnicas de fiabilidad para el suelo mediante las columnas de grava determinó aspectos de al evaluar el asentamiento, el tiempo de consolidación y la capacidad de carga, se debe realizar un análisis razonable del proceso de diseño, teniendo en cuenta la influencia de la incertidumbre y la variabilidad en la seguridad del diseño, es decir, la probabilidad de falla. El análisis combinó un nuevo método innovador de diseño de columnas de grava con métodos clásicos de confiabilidad.

Finalmente podemos encontrar antecedentes en artículos científicos como, Salguero (2019), En la sección "Análisis comparativo de algunos métodos comunes de cálculo de asentamientos en suelos blandos mezclados con grava", se han investigado varios métodos para determinar el asentamiento elástico. El objetivo principal de este estudio es investigar algunos de los principales métodos de asentamiento disponibles actualmente en suelos de gravas blandas, determinar las diferencias y similitudes de cada uno de estos métodos, y comparar los resultados obtenidos en la aplicación con el caso económico real. A través de la investigación, pudo conocer los pros y los contras de cada método. El método de Zewart tiene en cuenta la resistencia a la compresión volumétrica de la arcilla y el efecto de grupo, pero no tiene en cuenta la resistencia a la compresión de los pilares. El método de Priebe tiene en cuenta la resistencia a la compresión de la columna y tiene en cuenta el módulo isostático de la arcilla y la columna, pero no tiene en cuenta el efecto de expansión de la columna, mientras que Valaam y Booker tienen en cuenta los efectos de estiramiento y tracción, respeta los parámetros de Lamé, pero no respeta el efecto del grupo de columnas.

(Poblete M., Bustamante G., Born R. y Ulloa E., 2017) En el artículo científico realizaron la investigación, análisis, diseño e implementación del método de la columna de grava. El estudio tiene como propósito principal aplicar el método teórico de la columna de grava al caso real de un edificio de 17 pisos ubicado en la ciudad de Concepción. Se analizaron diversas propiedades del suelo, así como las ventajas y desventajas de utilizar este método de construcción frente a otros que

cada vez se utilizan más. Durante su investigación, llegaron a la conclusión de que el sistema de desplazamiento de vibraciones funciona muy bien con columnas de poco más de 80 centímetros de diámetro. También concluyeron que el suelo podría resistir la presión del edificio mejorado para eliminar los impactos. Sin embargo, con el peso propio estático, el asentamiento esperado debido a la naturaleza de la estructura (placa de cimentación) parecerá uniforme sin parecer obvio. Durante la construcción, estos asentamientos variaron en tamaño de 1 a 2 centímetros.

Ortuño (2017), en su artículo de investigación titulado Vibro flotación y columnas de grava nos detalla las técnicas de mejora de los suelos usando las metodologías de vibrocompactación para aplicar las columnas de gravas en el suelo, teniendo como objetivos el aumento de la capacidad, reducir los asentamientos , acelerar los procesos de consolidación y disminución del riesgo de licuefacción, en lo cual concluye que se requiere que se plantee más tratamientos de mejora en el suelo bajo zapatas locales y efectuarse más columnas de gravas para terrenos con mayor presencia de licuefacción.

La teoría de licuefacción de un suelo es un fenómeno en el que un terreno que presenta una elevada saturación de agua, particularmente en sedimentos recientes como grava o arena, pierde su estabilidad y fluye debido a las fuerzas que se ejercen en ellos debido a los temblores. En este sentido, la licuefacción es considerada como una causa mayor de destrucción relacionada con terremotos. En otras palabras, la licuefacción puede ser la causante del desplazamiento, hundimiento e incluso volcamiento de una infraestructura, bien sea casas, edificios u otros (Red Sismológica Nacional [RSN], 2019, párr. 01). Entre los principales efectos provocados por la licuefacción se pueden mencionar: cráteres, pequeños volcanes y fuga de agua y arena; oscilaciones importantes y roturas del terreno; hundimientos y levantamientos del terreno; movimientos horizontales del terreno; movimiento de masas fluidas y colapso en caso de laderas naturales o artificiales; pérdida de la capacidad portante de la cimentación y flotación de obras subterráneas (Jefferies y Been, 2016, p. 05).

Con el paso de los años se ha evidenciado importantes factores que permiten determinar el potencial de un suelo para licuarse a continuación se detalla.

Elección de las dimensiones de los granos arenisca graduada uniformemente con arenisca tiene mayor posibilidad de licuarse y es permisible que se vuelva más densa mismamente mismo las arenas limosas y con gravas igualmente sonoridad sensibles a la licuefacción inferior cargas cíclicas muy severas (Herriko, 2017, p. 02).

La profundidad de licuefacción del agua subterránea puede ocurrir cuando el agua subterránea se presenta en el punto de la hilera de la acera donde ocurre la compactación, se considera que cuanto más bajo es el nivel freático, mayor es el potencial de compactación (Herriko, 2017, p. 02).

La densidad sucede principalmente en suelos sueltos y saturados, esta capa de suelo puede espesarse cuando se somete a cargas periódicas en un rango de tiempo. La frecuencia tiende a endurecerse el volumen de suelo, agua y aumenta la presión de los poros granulares en caso estén llenos de agua. Cuando la presión de poro es igual al esfuerzo total promedio, el suelo pierde su fuerza y licuefacción, si el suelo es denso, la probabilidad de licuefacción es menor (Herriko, 2017, p. 02).

Otra teoría a considerar es del manto y profundidad del suelo cuando la tensión intergranular aumenta y se eleva la presión del manto. En este sentido, cuanto mayor es la tensión entre las partículas, es menos probable que se licúen. En general, la licuefacción se produce a profundidades inferiores a los 9 metros; rara vez ocurre a profundidades superiores a los 15 metros (Herriko, 2017, p. 02).

Amplitud y duración de la vibración terrestre: La capacidad de la Tierra para resistir las vibraciones causadas por un terremoto sin fallas depende de la magnitud del movimiento de la Tierra, incluidas la amplitud y la duración. Es más probable que los movimientos fuertes provoquen licuefacción. La licuefacción del suelo puede ocurrir bajo condiciones de estrés sísmico cerca del epicentro en terremotos débiles o moderados, o muy lejos durante terremotos moderados a severos y finalmente tenemos el origen del suelo El suelo depositado por el limo se deposita fácilmente y sus partículas no se pueden compactar. De manera similar, las presas artificiales incompletas, que a menudo se encuentran por debajo de la línea de flotación, pueden tener defectos similares (Herriko, 2017, p. 02).

En este sentido se tiene que, en la naturaleza existen grandes cantidades de materiales con malas propiedades constructivas, como es el caso de los suelos con sulfatos, los cuales son muy abundantes y hacen que el terreno sea inadecuado para la ejecución de multitud de obras. Este tipo de suelos son particularmente difíciles de estabilizar debido al hecho de que los aditivos estabilizantes se basan en calcio. En estos casos, al combinarse el calcio con el sulfato presente en el suelo y el aluminio presente en la arcilla, resulta un material altamente hidratado y expansivo, lo cual provoca el hinchamiento del material tratado (Geotecnia fácil, 2021, p. 03).

La Prueba de penetración estándar (SPT) es una prueba que proporciona el número de golpes necesarios para impulsar un taladro desde un tubo de acero hueco con un martillo de 63.5 kg, que se deja caer varias veces desde una altura de 76,2 cm. Estas medidas están estandarizadas en ASTM D1586. En este ensayo, el valor de resistencia a la penetración N se obtiene sumando el número total de impactos de dos intermedios de 15 cm, excluyendo tanto el inicio como el final como posibles cambios de suelo, colapso del pozo perforado o sellado de pozos. Autocomprobación (Geotecnia fácil, 2021, párr. 03).

Las contribuciones de Seed & Idriss y sus colaboradores permitieron ampliar el conocimiento acerca de la licuefacción de arenas. De esta manera, propusieron un método experimental simple para predecir la posibilidad de licuefacción a partir de los resultados de la prueba de penetración estándar. Este método simple de Seed e Idriss compara una medición de resistencia a la permeación con el cociente de tensión repetitiva provocada por una masa de arena a una profundidad particular (Rodríguez, 2017, p. 01). Se define de la siguiente manera:

$\frac{r}{P'_v}$  : Cociente de esfuerzos cíclicos

$r_d$  : Factor de reducción

N : número de golpes de una prueba de penetración estándar

$q_c$  : Resistencia de punta medida con un cono eléctrico

(Rodríguez, 2017, p. 01)

*Figura 1. Formula tensión tangencial cíclica CSR*

Utilizando el valor CSR-CRR, es posible comprobar si el suelo es susceptible a la licuefacción para diferentes clases en los granos y el valor (N1) 60 y para un evento sísmico de magnitud 7, 5.

Aplicaremos las siguientes ecuaciones:

$$CSR = \frac{(\tau h)_{ave}}{\sigma'_{o}} = 0.65 \frac{a_{max}}{g} \frac{\sigma_o}{\sigma'_{o}} rd \quad (a)$$

*Figura 2. Esfuerzos de Corte Cíclico Inducidos (CSR)*

Fuente. Boulanger & Idriss. 2008

Dónde:

CSR = Esfuerzo de corte cíclico normalizado inducido por el sismo

$(\tau h)_{ave}$  = Esfuerzo promedio de corte cíclico

$\sigma'_{o}$  = Presión efectiva de tapada

$\sigma_o$  = Presión total

$a_{max}$  = Aceleración máxima en la superficie del terreno

$g$  = Aceleración de la gravedad

$rd$  = Coeficiente de reducción de las tensiones, que disminuye desde en la superficie del terreno hasta valores muy inferiores a grandes profundidades.

$$CRR(N_{1.60}, Mw, \sigma'v, FC, P_L) = \exp \left[ \frac{N_{1.60}(1 + 0.04 \cdot FC) - 29.53 \cdot \ln(M_w) - 3.70 \cdot \ln(\sigma'v) + 0.05 \cdot FC + 44.97 + 2.70\Phi^{-1}(P_L)}{13.32} \right]$$

donde

- $P_L$  = probabilidad de licuefacción
- $N_{1.60}$  = Corrección por número de golpes
- FC = Porcentaje de contenido de finos
- $\Phi^{-1}$  = La inversa de la distribución estándar acumulativa

*Figura 3. Fórmula Resistencia a la Licuefacción CRR*

Fuente. Boulanger & Idriss. 2008

El factor de seguridad se define como:

$$FSL = CRR / CSR$$

*Figura 4. Factor de Seguridad frente a la Ocurrencia de la Licuefacción (FSL)*

Fuente. Boulanger & Idriss. 2008

De acuerdo a lo estipulado, este factor de seguridad debe ser mayor de 1 para considerar que un suelo arenoso no es susceptible a licuefactar (Norma Técnica de Edificación E.050 Suelos y Cimentaciones (2018)).

Con estos lineamientos se determina si el suelo es capaz de licuarse a la profundidad estudiada, esto se hace de acuerdo a experiencias previas, ya que al examinar las condiciones presentes en los sitios donde se ha presentado licuación quedan definidas las líneas que separan el estado de arena licuada de las que no existen (Rodríguez, 2017, p. 02), como se puede observar en la figura 2.

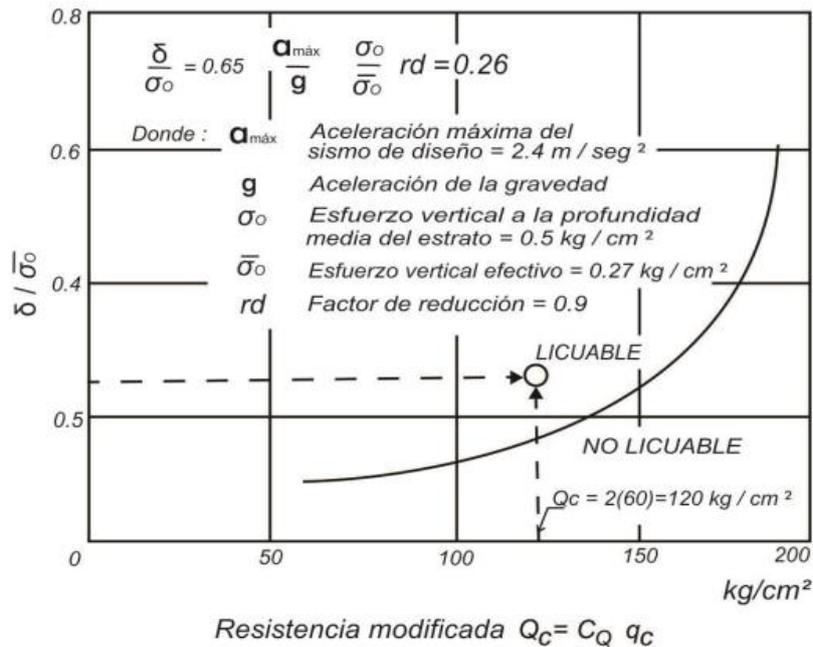


Figura 5. Susceptibilidad de licuación a partir de la resistencia de punta del cono eléctrico.

Fuente: Rodríguez (2017)

De acuerdo con la norma técnica E.050, el asentamiento tolerable que debe sufrir una estructura durante el fenómeno de licuefacción no debe ocasionar una distorsión angular mayor a la indicada en la tabla 1 (SENCICO, 1997, p. 20).

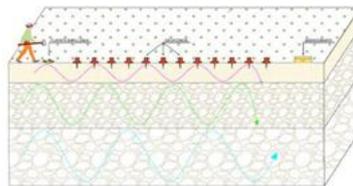
Tabla 1. Distorsión angular

$\alpha = \delta/L$	Descripción
1/150	Limite en el que se debe esperar daño estructural en edificios convencionales
1/250	Limite en el que la pérdida de verticalidad de los edificios altos y rígidos puede ser visible
1/300	Limite en que se debe esperar dificultades con puentes grúas
1/300	Limite en que se debe esperar las primeras grietas en paredes
1/500	Limite seguro para edificios en los que no se permiten grietas
1/500	Limite para cimentaciones rígidas circulares o para anillos de cimentación de estructuras rígidas, altas y esbeltas
1/650	Limite para edificios rígidos de concretos cimentados sobre un solado de espesor aproximado de 1.20
1/750	Limite donde se esperan dificultades en maquinaria sensible a asentamientos

Fuente: SENCICO (1997).

En la actualidad existen diversos métodos para mitigar la licuefacción, entre los cuales se pueden mencionar el reemplazo del material con relleno compactado, el uso de muros de contención, la compactación dinámica, pilotes de compactación, mezcla de suelo profundo y columnas de grava (Zhu, y otros, 2017, p. 1365).

También se va a considerar las condiciones geofísicas como los ensayos de MASW este método de campo fue desarrollado en la década de 1990 por Chun Park. La prueba MASW es un método geofísico activo que proporciona un perfil de suelo unidimensional basado en la propagación de una onda de corte "Vs". El ensayo consiste en registrar el tiempo de propagación de la onda de corte (onda S) generada por la fuente de energía de pulsos hacia puntos en cada extremo de la instalación por otro lado la combinación de los métodos MASW y MAM, permiten obtener perfiles de ondas S hasta profundidades promedios de 30 m a 100 m (Park, C., Miller, R., Xia, J., & Ivanov, J. 2001).



*Figura 6. Métodos MASW y MAM.*

Fuente. Park, C., Miller, R., Xia, J., & Ivanov, J. 2001.

Exploración geofísica – SEV cuando se induce una corriente eléctrica en el suelo, puede propagarse dentro de él de tres maneras diferentes: conductiva (involucrando una cantidad muy pequeña de material conductor o aislante), conductiva relacionada con materiales de electrones libres; metales) y conductora de electricidad, relacionados con el movimiento de iones presentes en el fluido tisular del suelo. La conductividad es el modo de propagación importante en el que se basan los métodos de resistividad (Park, K., Miller, R., Xia, J. và Ivanov, J. 2001).

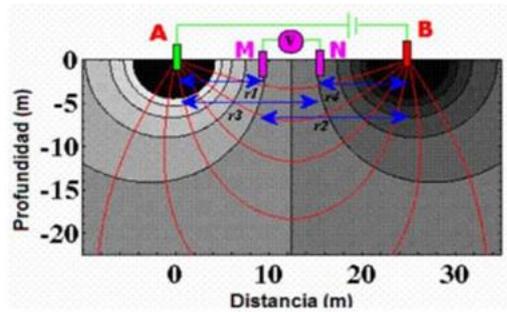


Figura 7. Líneas de corriente (rojo) y de potenciales - Esquema básico del método de SEV

Fuente. Park, C., Miller, R., Xia, J., & Ivanov, J. 2001

La figura 8 se ilustra uno de los principios básicos de la exploración geoelectrica: cuanto más largo es el instrumento, mayor es la penetración subterránea. El caso (a) de la figura muestra cómo, a pequeñas distancias entre electrodos, la corriente está prácticamente confinada a la propia región superficial ( $\rho_1$ ). En el caso (b), a medida que los electrodos se abren más, aumenta la longitud del dispositivo y, por tanto, aumenta la penetración hacia el interior, proporcionando más información sobre ( $\rho_2$ ) (Redpath, B., B. (1973)).

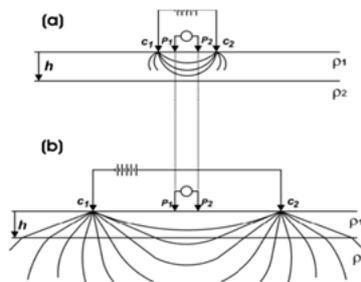
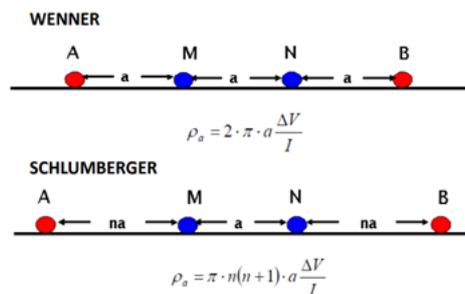


Figura 8. Principio de penetración de los dispositivos geoelectricos

Fuente. Redpath, B., B. (1973)



### Figura 9. Dispositivos geoelectricos

Fuente. Redpath, B., B. (1973)

El pilote de grava, es un método alternativo para la estabilización y mejora de suelos, utilizado principalmente en suelos cohesivos, que consiste en aumentar la resistencia del suelo mediante la compactación vibratoria, es decir, el movimiento horizontal del terreno. Luego mezcla y compacta la grava. Gracias a esta técnica, es posible mejorar los parámetros de deformación relevantes, tales como: ángulo de fricción, módulo de deformación y fuerza de tracción (Boulangier e Idriss, 2016, p. 02).

El método utilizado para la ejecución de columnas de grava es el “Dry method” o método “vía seca” con descarga inferior, el cual utiliza un vibrador y aire comprimido, para poder ejecutar y lanzar la grava hasta la punta del vibrador. El proceso de ejecución se divide de la siguiente manera: Usando un tubo vibrador se combina el efecto de las vibraciones, el peso propio del tubo y el esfuerzo de perforación para desplazar lateralmente el suelo, sin que ocurra la extracción de material, hasta la profundidad deseada o hasta la obtención de un criterio de rechazo, al llegar a la profundidad máxima, el vibrador es retirado por pasadas ascendentes (50cm a 1m) y se inicia con la incorporación de aditivos que rellenan por gravedad el espacio libre, de esta manera el vibrador puede compactar lateralmente el área (pasadas sucesivas de 30 a 50 cm) hasta vencer el empuje pasivo del terreno y llegar a este proceso que se ilustra en la figura 2 (Brandenberg, y otros, 2020, p. 02).

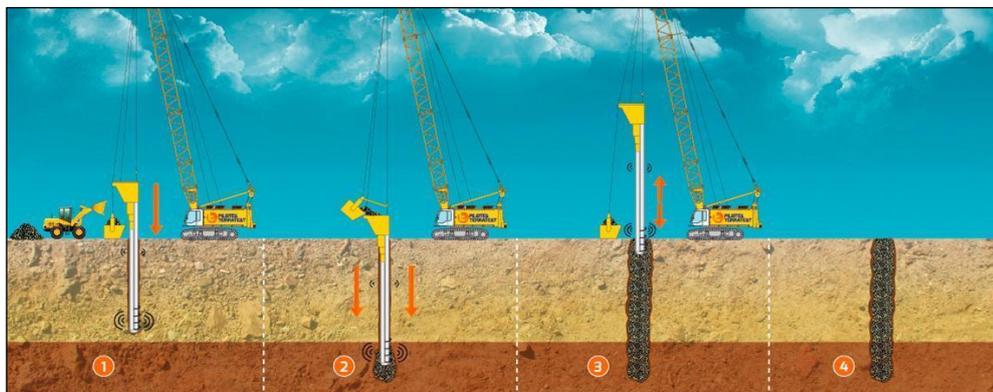


Figura 10. Proceso de ejecución de columnas de grava.

Fuente: Brandenberg, y otros, 2020.

El diseño y programación de una columna de grava está influenciado por muchos factores, entre los cuales las propiedades mecánicas del suelo circundante afectan el diámetro final de la columna. Esto significa que en suelos blandos y sueltos el diámetro es mayor que en suelos duros. Entre los parámetros que inciden en la determinación del tamaño de la columna se encuentran los siguientes: Considerar un canto rodado que mida entre 5 y 40 mm, con un ángulo de fricción interna de 38 a 40° (para fines de cálculo) y que no sea frágil, es decir, Prueba de Ángeles, el valor de absorción de grava especificado debe ser inferior al 30 o 35%, luego la distancia entre los postes debe tener una cuadrícula distribuida uniformemente entre los pilares 2-10 m, diámetro promedio de 40 cm a 120 cm. , dependiendo de las características del suelo circundante. Las columnas tienen una profundidad adecuada para los equipos existentes. Actualmente, se pueden lograr profundidades de hasta 37 m con sistemas internos de alimentación seca que utilizan grúas y tubos vibratorios, aunque las profundidades inferiores a 20 m son las más utilizadas (Macedo y Bray, 2018, p. 03).

Por otro lado, existen muchos métodos diferentes para determinar el tamaño de la columna de piedra, uno de ellos es ampliamente aceptado es el método con la fórmula de Priebe. Este método se basa en tomar los parámetros equivalentes del suelo recuperado en base a los parámetros de entrada de los informes geotécnicos y los coeficientes de mejora (n), distribución (m) y profundidad (fd) teniendo en cuenta la diferencia de módulo de deformación entre suelo y suelo. capas de grava, así como la influencia de las capas debajo del área de prueba. Esto permite el estudio clásico del asentamiento del sustrato o superficie bajo consideración en base a los parámetros obtenidos (ángulo de fricción, módulo de adherencia y deformación) (Bao, y otros, 2019, p. 01).

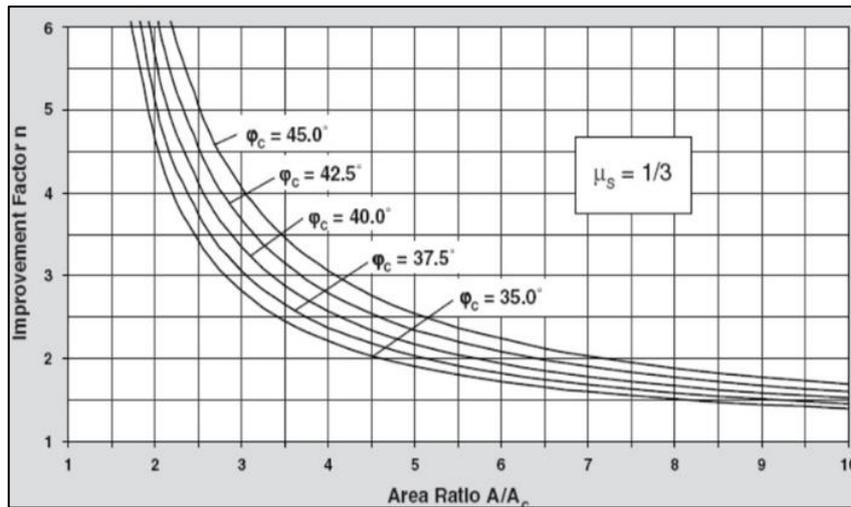


Figura 11. Curva de factor de mejora  $n$ .

Fuente: Método PRIEBE

El refuerzo por columna graduada es para resolver el problema de asentamiento de formaciones compactadas con cimentación recta de gran área, acelerar el proceso de consolidación, obtener alto rendimiento del terreno, y es un tratamiento anticorrosivo, delgado, mayor resistencia al corte. Entre los diferentes tipos de obras de construcción para las que se puede utilizar esta técnica, se pueden distinguir las siguientes: Obras hidráulicas, terraplenes, vías férreas, naves industriales, instalaciones comerciales, muros de contención, cimentaciones en zonas sísmicas, asentamientos u otros elementos (Huang y Wen, 2015, p. 02).

Asimismo, aplicaremos la fórmula de Tensión admisible para las columnas de gravas en general la tipología de rotura es el abombamiento o "bulging". En el caso que nos ocupa se ha calculado la rotura por el abombamiento al tener una longitud superior a 3-4D como se puede visualizar en la figura 5 (Coya, 2018).

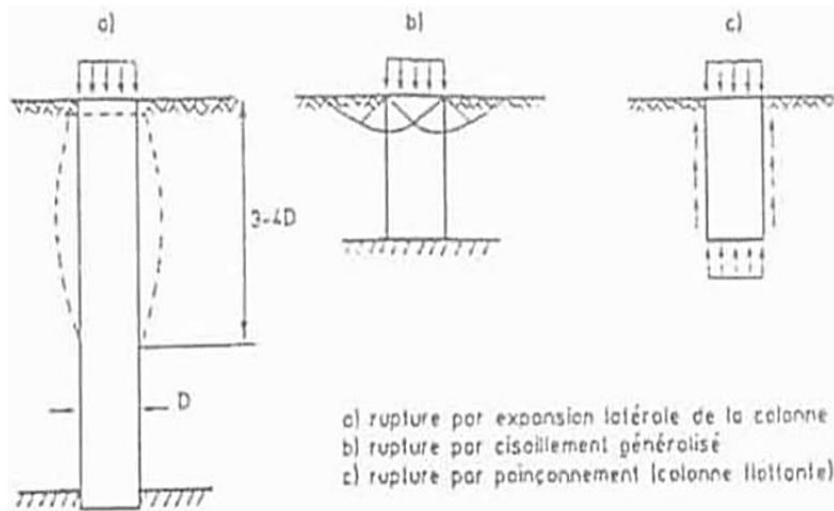


Figura 12. Mecanismos de rotura de una columna aislada.

Fuente: Alonso, 2014.

Se considera como factor la expansión lateral de las columnas para los diferentes criterios de rotura, y según la tipología del tratamiento, el caso más desfavorable es por expansión lateral, con lo que la capacidad portante de una columna de grava aislada viene definida por la siguiente expresión:

$$K a_c q_c \leq p$$

$$q_c \leq p \frac{1}{K a_c} = p K p_c = p \cdot \tan^2 \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\varphi_c}{2} \right)$$

L'expansion latérale de la colonne peut être comparée à celle d'une sonde pressiométrique :

$$p = p_i - u$$

Pour  $\varphi_c = 38^\circ$  :  $\tan^2 \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\varphi_c}{2} \right) \approx 4$

Contrainte à la rupture et contrainte admissible (DTU13.2) :

$$q_r = 4 \cdot p_l \qquad q_a = \frac{q_r}{2} = 2 \cdot p_l$$

siendo:

- p: Presión lateral o límite del terreno
- $K a_c$ : Empuje pasivo
- $p_l$ : Presión límite del suelo.
- u: Presión intersticial en el perímetro de la columna.
- $\varphi_c$ : Ángulo rozamiento interno de la grava
- $q_r$  o  $q_c$ : Presión límite de rotura.
- $q_a$ : Carga admisible de la columna.

Figura 13. Capacidad portante frente rotura estabilidad lateral columna

Fuente: Alva y Parra 2016

Por otro lado, es necesario considerar asentamientos cuyo comportamiento requiere determinar características internas y factores mecánicos; y también se definen como suelo, cuyo comportamiento es independiente de las propiedades mecánicas, pero también controlado por factores externos al suelo tales como químicos, cambios ambientales u otros factores (Redolfi ,2018, p.2).

Para evaluar el asentamiento del suelo, se ha utilizado información sobre la densidad seca, uno de los modelos intactos confiables que se han utilizado y aplicando los estándares técnicos del NTP E.050 (Suelo y Cimentaciones (2018), Figura 14, muestra que el criterio.

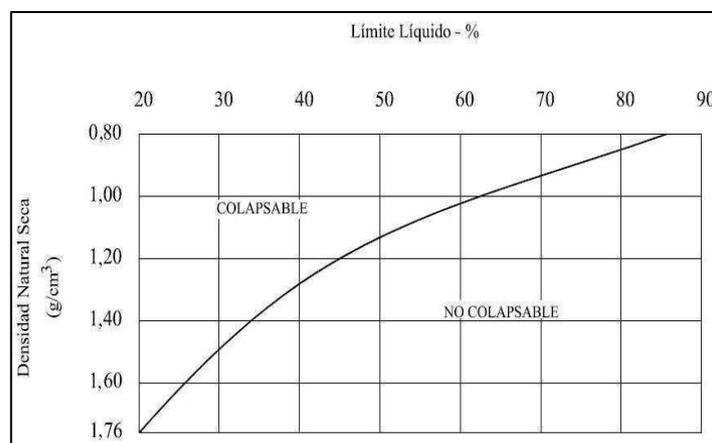


Figura 14. Curva Densidad Natural Seca vs. Limite Liquido

Fuente. Norma técnica de Edificaciones E.050



Figura 15. Suelos expansivos Talara

Fuente. Alva Hurtado 2016

En suelos granulares, la tensión sísmica puede manifestarse por un fenómeno llamado licuefacción, es decir, la pérdida de resistencia al corte debido a la presión

intersticial ejercida por el agua en los poros provocada por fuertes vibraciones, para que un suelo granular se licue fácilmente en un sismo, debe tener las siguientes características: arena fina, arena arcillosa fina, arena arcillosa fina, arena humus o grava no plástica, encapsulado en una matriz de inclusión para incrustar cualquiera de los materiales anteriores, su densidad relativa debe ser de baja a media. La corrosión del suelo incluye un aumento en la concentración de sal en suelos salinos y/o sodio en suelos arcillosos (Pusaclla, 2017, p. 25).

A continuación, se presentan los requisitos mínimos según normativa E.060 para el diseño de mezcla del concreto con un máximo de presencia de sales en suelo.

**Tabla 2.** Requisitos para el concreto expuesto a soluciones de sulfatos

Exposición a sulfatos	Sulfato soluble en agua (SO <sub>4</sub> ) presente en el suelo, porcentaje en peso	Sulfato (SO <sub>4</sub> ) en el agua, ppm	Tipo de Cemento	Relación máxima agua - material cementante (en peso) para concretos de peso normal*	f <sub>c</sub> mínimo (MPa) para concretos de peso normal y ligero*
Insignificante	0.0 ≤ SO <sub>4</sub> < 0.1	0 ≤ SO <sub>4</sub> < 150	—	—	—
Moderada**	0.1 ≤ SO <sub>4</sub> < 0.2	150 ≤ SO <sub>4</sub> < 1500	II, IP(MS), IS(MS), P(MS), I(PM)(MS), I(SM)(MS)	0.50	28
Severa	0.2 ≤ SO <sub>4</sub> < 2.0	1500 ≤ SO <sub>4</sub> < 10000	V	0.45	31
Muy severa	2.0 < SO <sub>4</sub>	10000 < SO <sub>4</sub>	Tipo V más puzolana***	0.45	31

Fuente. Reglamento Nacional de Edificaciones. E.060.

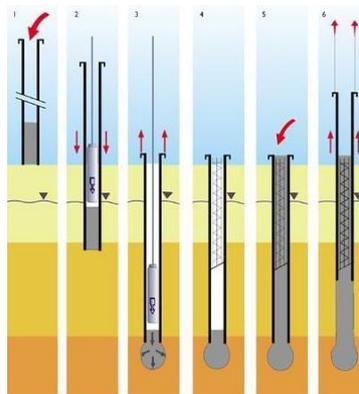
Asimismo, se tiene que considerar las pruebas de carga estática en las cimentaciones y se conceptualizan por la simulación del mejor comportamiento verídico del pilote bajo presión. Dependiendo de la complejidad del proyecto, la prueba de carga estática se pueden ejecutar durante las fases de diseño o construcción, las cargas convencionales que se consideran en los ensayos son: comprensión axial, tracción, carga lateral donde se registra el movimiento del pilote incluyendo los incrementos de cargas subsiguientes son solo aplicados cuando el mínimo periodo de rango de tiempo en lo que ha transcurrido y la velocidad del asentamiento medido por los sensores es menor al criterio indicado en el procedimiento (Gil, 2020, p.3).



*Figura 16.* Instrumentación de prueba de carga a compresión.

Fuente. Gil 2020

Para el comparativo de diseño más óptimo de columnas tenemos el método de los pilotes perforados y el método Franki para el reforzamiento de suelos, se entiende que el método perforado es utilizado para aumentar la base de concreto de un pilote en lo cual se utiliza una entubación de material metálico que presenta un tapón de concreto en la punta, luego se procede a realizar unos golpes mediante una maza, finalmente cuando se llega al límite de la profundidad adecuada se sujeta la entubación y se golpea hasta expulsarlo hacia el subsuelo y su objetivo es que el pilote sea eficiente (Maquinaria para cimentaciones especiales, 2013).



*Figura 17.* Sistema de pilotes perforados

Fuente. Maquinaria para cimentaciones especiales, 2013.

Finalmente realizaremos el comparativo con el sistema de pilotes estructurales (inclusiones rígidas CMC) que también son conocidas como columnas de lechada de desplazamiento, mejoran el terreno con una red de inclusiones verticales semirrígidas. A diferencia de los pilotes, están diseñados únicamente para reducir el asentamiento total y diferencial del suelo mediante la eliminación de parte de la

carga que se transfiere. En definitiva, estamos hablando de reforzar el suelo con estuco u hormigón bombeable que se comporta como un material compuesto de baja compresión. Esto permite cimientos poco profundos donde comúnmente se usan cimientos profundos. Se pueden instalar tanto en suelos granulares como cohesivos, incluso con bajo contenido de materia orgánica o turba (Yepes,2021).



*Figura 18. Inclusiones Rígidas (CMC)*

Fuente. Menard 2018

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

##### **Tipo de investigación**

En cuanto al tipo metodológico, este trabajo es aplicable en el sentido de que tiene un propósito práctico e inmediato, es decir, la investigación que se realiza para realizar actividades transformadoras, modificadoras o de cambio que tengan impacto en el campo de la realidad (Carrasco, 2017, p. 43), en la presente investigación se ejecutará las pilas de grava como ensayo de transformación y mitigación del suelo siendo de tipo aplicada.

##### **Enfoque de la investigación**

Para el uso de la información y datos proporcionados en el estudio se utiliza un enfoque cuantitativo, ya que la recolección de datos se basa en la medición cuantitativa de los indicadores, así como el análisis estadístico de la información a partir de la observación de los fenómenos de un objeto en particular. De hecho, todo se describe de manera consistente y basado en evidencia. En este sentido, la recolección de tales datos ocurre a través de procedimientos estandarizados y de uso comprobado por la comunidad científica (Hernández, y otros, 2014, p. 37).

##### **Nivel de la investigación**

En la presente investigación, representa un nivel explicativo, representando aquellos niveles en los que se pretende establecer las causas de los fenómenos objeto de estudio. Como su nombre lo indica, la investigación en este nivel tiene como objetivo explicar las causas de un fenómeno y sus condiciones, así como explicar la correlación que existe entre dos o más variables cuando una de ellas es directamente dependiente o afectada por la otra variable (Hernández, y otros, 2014, p. 95). Por consiguiente, dicha investigación se considera de un nivel de trabajo explicativo, donde se detallará las características, diseños y procesos que se experimentará las columnas de grava compactada para reducir el nivel de mitigación de licuefacción del suelo.

## **Diseño de la investigación**

El diseño de la presente es de tipo experimental, dicese de las investigaciones en las que no existe una manipulación deliberada de la variable independiente o de las características que describen a los grupos de contraste, por lo cual no es posible establecer un grado de causalidad con verdadera certeza, por lo que este tipo de diseño consiste en la administración de un estímulo y su verificación, constituyendo así un caso pre prueba – post prueba de un solo grupo (Hernández, y otros, 2014,p.141). En tal sentido, la presente investigación pretende realizar el análisis de la mitigación de la licuefacción en el proyecto colegio Jacobo, Catacaos, Piura, a través de la ejecución de ensayos de penetración estándar y diseño de la grava compactada.

### **3.2. Variables y operacionalización**

Para el desarrollo de la investigación científica, se utilizará siempre.

Los conceptos son variables, por lo que será posible cambiarlos con frecuencia o tienen la capacidad durante todo el período de estudio para comunicarse permanentemente resultados. La variable coincidirá con todo lo posible establecer diferentes valores; No hay datos o antecedentes posibles cambios a lo largo del tiempo (p. ej., conocimiento, edad, desempeño laboral, compensación, horas trabajadas, eficiencia, etc.). Entonces debemos entender que la variable es lo opuesto a la constante, porque la constante no cambia, no cambia, siempre es constante. Por el contrario, una variable, si cambia, si cambia y también podemos decir que fluctuará dentro de cierto rango de conflicto (Baena, 2017.p.17).

**Variable independiente:** Licuefacción del suelo.

**Variable dependiente:** Diseño para Reforzamiento de columnas de grava compactada. (ver matriz Operacionalización en el anexo 1)

### **3.3. Población, muestra y muestreo**

#### **Población**

Es el conjunto de personas o elementos de los que se recogen datos, ya sea que se considere un grupo finito o infinito. (Palomino, y otros, 2015, p. 130). A partir de esta definición se tiene que, la población del presente estudio viene dada por el área de 120 m<sup>2</sup> del suelo del colegio Jacobo en la dirección Centro Poblado Pueblo Nuevo, Manzana 04, Lote 12 de Catacaos, que se encuentra ubicada a 12 Km. de Piura, cuya zona es considerada como de alto riesgo sísmico.

#### **Muestra:**

Se considera como muestra a un fragmento de la muestra representativo de la población, es decir, que presenta iguales características que todo el conjunto, y como tal, posibilita inferir propiedades del total de la misma a partir de un grupo reducida de ella (Palomino, y otros, 2015, p. 130) En este sentido, la muestra en estudio estará representada por el suelo que conforma el área de terreno de 120 m<sup>2</sup> y se extraerá las muestra 5 calicatas de una profundidad máxima de 6 metros en la cual se empleara en el colegio Jacobo, Catacaos , y del cual se realizarán exploraciones que permitirán determinar las características del mismo en un solo pabellón.

#### **Muestreo**

Por otro lado, acerca del muestreo no probabilístico en este caso, los elementos se seleccionan deliberadamente de acuerdo con los criterios o prejuicio por parte del investigador (Arias, 2012, p.82) La muestra para este estudio es experimental y no probabilístico sino de la presencia de características que son motivo de estudio en este caso la muestra las 5 calicatas en un área de 120 m<sup>2</sup> para emplear los ensayos de penetración estándar.

#### **Unidad de análisis**

Se determina como unidad de análisis al fragmento del documento realizado que se toma como base para investigación. Por consiguiente, lo que vamos a

estudiar es el suelo reforzado con las columnas de gravas para determinar la mitigación del asentamiento del Colegio Jacobo, Piura, 2022.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **Técnicas**

La técnica utilizada en este estudio es la observación directa, la cual puede ser utilizada para interpretar la realidad evaluando directamente las circunstancias o fenómenos existentes, verificando si se logra sobre la base de hechos un objetivo predeterminado. uso de recursos científicos (Hernández y otros, 2018, p. 399). En esta investigación se emplearán los resultados de laboratorio para hallar el potencial de licuefacción, normativas para el diseño de las columnas de grava, software Seed e Idriss y pruebas de calidad para hallar los asentamientos luego de aplicado el reforzamiento.

#### **Instrumentos**

Las herramientas de recolección de datos se refieren a los medios utilizados por el investigador para obtener un registro de datos observacionales relacionados con indicadores que describen las variables de investigación. (Hernández, y otros, 2014). Como tal, el presente estudio se emplean fichas técnicas de observación para elaborar el registro de la ubicación de las calicatas y los datos obtenidos del ensayo de penetración estándar, los cuales permitirán determinar las características del suelo y el potencial de licuefacción del mismo.

#### **Validez**

La validez tiene como representante significativo con respecto a la metodología de investigación el de realizar validez externa y validez interna. Validez externa son los descubrimientos de una investigación teniendo en cuenta el conjunto de conceptos y la validez interna es el utilizar un instrumento desde la investigación con el cual se mide lo investigado. (Carrasco, 2006, p. 336) Se toma en cuenta los instrumentos para realizarse hacia la validez en base al proyecto de investigación, elaborado mediante normas internacionales y nacionales en función

a los ensayos en campo y laboratorio para obtener la validez en lo cual será monitoreado por los encargados y profesionales.

### **Confiabilidad de los instrumentos**

Es la medida o puntuación de varianza y la observación la medida de utilizar la confiabilidad tiene un rango de cero a uno. Esto indica que cuando se da la medición es errónea la confiabilidad resulta cero y si no hay errores será el equivalente a uno. (Hernandez, Fernandez y Baptista, 2014, p.200) En el respectivo proyecto utilizaremos normas mayormente normas nacionales lo cual también serán incluidas las normativas técnicas peruanas para los ensayos estándares del suelo y las pruebas serán a cargo de los especialistas de laboratorio con los instrumentos ya calibrados, asimismo se utiliza la guía de investigación de la Universidad Cesar Vallejo y con el resultado de porcentaje del turnitin.

### **3.5. Procedimientos**

En la investigación se recolectó información objetiva, tal como los planos de diseño estructurales, visita a campo en este caso a la institución educativa Jacobo, realizar los estudios exploratorios, mediciones, extracción de muestras para el laboratorio para hallar el potencial de licuefacción utilizando el software SEED & IDRIS y finalmente alquilamos la maquinaria para realizar el reforzamiento con grava al suelo y la prueba de calidad.



Figura 19. Pruebas MASW- MAM



Figura 20. Extracción de muestra de suelo

### **Excavación manual a cielo abierto (calicatas) y muestreo.**

En la zona de estudio se ejecutaron en total cinco (05) exploraciones. Se procede a definir el perfil estratigráfico mediante la identificación visual y manual de suelos a lo largo de las excavaciones, obteniendo muestras representativas para ser ensayadas en el laboratorio de Mecánica de Suelos.

En el cuadro 3, se registra la ubicación de las calicatas y ensayos SPT por coordenadas UTM. En Anexos se adjunta el plano de ubicación de calicatas UB-01.

**Tabla 3.** *Ubicaciones de exploraciones*

<b>Exploración</b>	<b>Coordenadas</b>	
	<b>E</b>	<b>N</b>
C-1	535953	9418288
C-2	535985	9418288
C-3	535984	9418304
C-4	535958	9418320
C-5	535989	9418343
SPT-1	535960	9418319
SPT-2	535979	94818302

Fuente: Trabajos en campo.

**Tabla 4. Exploraciones y Ensayos realizados por muestras**

EXPLORACIÓN	MUESTRA	PROF. DE EXCAVACIÓN (m)	ENSAYOS REALIZADOS										
			GRANULOMETRIA	W(%)	LL	LP	CO	TX	CO	DC	QS	QA	
C-1	M-1	0.60 - 1.90	x	x	x	x						x	
	M-2	1.90 - 5.00	x	x	x	x							x
C-2	M-1	0.20 - 0.90	x	x	x	x							
	M-2	0.90 - 5.00	x	x	x	x							
C-3	M-1	0.20 - 1.90	x	x	x	x							
	M-2	1.90 - 5.00	x	x	x	x				x		x	x
C-4	M-1	0.30 - 1.10	x	x	x	x							
	M-2	1.10 - 5.00	x	x	x	x	x	x			x		
C-5	M-1	0.20 - 1.70	x	x	x	x							
	M-2	1.70 - 5.00	x	x	x	x	x	x			x		x

W(%) : Contenido de Humedad  
 LL: Límite Líquido  
 LP: Límite Plástico  
 CO: Corte Directo  
 TX: ~~Trazo~~  
 CO: Colapso  
 DC: Densidad de Campo  
 QS: Análisis Químicos del Suelo  
 QA: Análisis Químicos del Agua

Fuente. Ensayos de laboratorio.

En la tabla 4, se indica la relación de calicatas evaluadas según la profundidad alcanzada, así como los ensayos realizados a cada una de las muestras extraídas.

### Prueba de penetración estándar SPT

Norma empleada: ASTM D1586.

Se realizaron dos (02) exploraciones de ensayo SPT en la zona evaluada.

Los registros de estos ensayos se encuentran en el Anexo SPT; aquí en esta investigación se muestra los cálculos y resultados, los cuales se toman en consideración en la presente investigación; en el ítem de capacidad admisible del suelo (4.0) podemos ver el análisis al que se sujetan los resultados.

**Tabla 5.** Exploraciones y Muestras del Ensayo SPT

<b>SPT</b>	<b>MUESTRA</b>	<b>PROFUNDIDAD (m)</b>
SPT-1	M-1	0.55 – 1.00
	M-2	1.55 – 2.00
	M-3	2.55 – 3.00
	M-4	3.55 – 4.00
	M-5	4.00 – 4.55
	M-6	5.55 – 6.00
	M-7	6.55 – 7.00
	M-8	7.55 – 8.00
SPT-2	M-1	0.55 – 1.00
	M-2	1.55 – 2.00
	M-3	2.55 – 3.00
	M-4	3.55 – 4.00
	M-5	4.55 – 5.00
	M-6	5.55 – 6.00
	M-7	6.55 – 7.00
	M-8	7.55 – 8.00

Fuente. Elaboración Propia.

**Tabla 6.** Registro de Golpes vs Profundidad Exploraciones y Muestras del Ensayo SPT

<b>SPT 1</b>		<b>SPT 2</b>	
<b>Prof(m)</b>	<b>NSPT</b>	<b>Prof(m)</b>	<b>NSPT</b>
1	6	1	7
2	6	2	10
3	13	3	11
4	13	4	15
5	14	5	12
6	38	6	17
7	83	7	93
8	120	8	60

Fuente. Elaboración Propia.

El procedimiento fue desarrollado con base en observaciones in situ del comportamiento de depósitos de arena durante sismos pasados e involucra el uso de la resistencia a la penetración estándar N (número de golpes del ensayo estándar de penetración - SPT - ASTM D-1586) como una medida de resistencia de las arenas a la licuefacción.



*Figura 21.* Ubicación del ensayo SPT-2

Fuente. Ensayo de campo



*Figura 22.* Tramo 0.55m a 1.00m.

Fuente. Ensayo de campo

En la figura 21 y 22 se detalla que las exploraciones, se realizaron en dos secciones obteniendo 8 muestras en diferentes profundidades, se verifica los límites líquidos plasticidad y contenido de humedad, del ensayo de Proctor Modificado tenemos

que la máxima densidad seca es 1.591 kg/cm<sup>3</sup>, mientras que el óptimo contenido de humedad llega a 22.5%.



Figura 23. Calicata identificada como C-2.

Fuente. Ensayo de Campo



Figura 24. La toma corresponde al fondo de la calicata asignada como C-2.

Fuente. Ensayo de Campo



Figura 25. Calicata identificada como C-3.



Figura 26. La toma corresponde al fondo de la calicata asignada como C-3.

## Ensayos Geofísicos MASW y MAM

Se ejecutaron 02 Sondajes MASW, 02 Sondajes MAM y 02 Sondajes SEV, distribuidos adecuadamente con la finalidad de determinar la Clasificación Sísmica del suelo y el perfil de Velocidades VS hasta los 100 metros de profundidad.

**Tabla 7. Resumen de los Ensayos Geofísicos MASW- WGS- 84**

PROYECTO DE INVESTIGACION	Sondaje	Prof. (m)	Coordenadas ( UTM- WGS		Vs30 (m/s)	To (s)	IBS		Norma	Descripcion (E-030)
			Este (m)	Norte (m)			2015	E-030		
ANALISIS DE LA MITIGACION DE LA LICUEFACCION APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVAS EN EL COLEGIO JOSE JACOBO VILLEGAS , CATACAOS , PIURA 2022	MASW-01	30	535946.5	9418317.35	360.77	0.33	360.77	360.77	Suelos Intermedios	
	MASW-02	30	535984.69	9418306.12	360.77	0.41	360.77	360.77	Suelos Intermedios	

Fuente. Estudios de laboratorios.

**Tabla 8. Resumen del Sondaje MASW y MAM**

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	ENSAYO	Estrato Sísmico	Espesor	Vp (m/s)	Descripción
ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LA LICUEFACCIÓN APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVAS EN EL COLEGIO JOSE JACOBO VILLEGAS , CATACAOS , PIURA 2022	MASW y MAM-01	1	3.57	268.56-269.29	Material conformado por arena limosa de color verde, parcialmente humedo, suelo medianamente compacto
		2	50.25	269.29-532.71	Material conformado por arena limosa de color verde, parcialmente humedo, suelo compacto.
		3	46.18	532.71-605.61	Depósito Aluvial, conformado por material conglomerado, compuesto por cantos rodados de cuarcita, rocas volcánicas e intrusivas, suelo compacto a denso.
	MASW y MAM-02	1	3.57	188.50-213.25	Material conformado por arena limosa de color verde, parcialmente humedo, suelo medianamente compacto
		2	50.25	213.25-618.27	Material conformado por arena limosa de color verde, parcialmente humedo, suelo compacto.
		3	46.18	618.27-732.75	Depósito Aluvial, conformado por material conglomerado, compuesto por cantos rodados de cuarcita, rocas volcánicas e intrusivas, suelo compacto a denso.

Fuente: Estudios en laboratorio

**Tabla 9. Resumen de los Ensayos Geofísicos SEV - WGS- 84**

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	SONDAJE	Capas	Ohm m	Espesor (m)	Descripción
ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LA LICUEFACCIÓN APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVAS EN EL COLEGIO JOSE JACOBO VILLEGAS , CATACAOS , PIURA 2022	SEV-1	1	39	1.9	Material conformado por arena limosa de color verde, parcialmente húmedo
		2	72.6	3.7	Material conformado por arena limosa de color verde, parcialmente húmedo
		3	202	19	Depósito Aluvial conformado por material conglomeradico, compuestos por cantos rodados de cuarcitas, rocas volcánicas e intrusivas.
		4	657	25.4	Depósito Aluvial conformado por material conglomeradico, compuestos por cantos rodados de cuarcitas, rocas volcánicas e intrusivas.
	SEV-2	1	56.6	0.8	Material conformado por arena limosa de color verde, parcialmente húmedo
		2	24.6	5.8	Material conformado por arena limosa de color verde, parcialmente húmedo
		3	112.8	17.6	Depósito Aluvial conformado por material conglomeradico, compuestos por cantos rodados de cuarcitas, rocas volcánicas e intrusivas.
		4	332.5	25.9	Depósito Aluvial conformado por material conglomeradico, compuestos por cantos rodados de cuarcitas, rocas volcánicas e intrusivas.

Fuente. Ensayos de Geofísica Laboratorio



*Figura 27. Ejecución del Shot del Sondaje MASW-01*



*Figura 28. Ejecución del Shot del Sondaje MAM-01*



Figura 29. Ejecución del Shot del Sondaje MAM-02



Figura 30. Ejecución de la inducción de corriente al suelo SEV-02

### **3.6. Método de análisis de datos**

El método de análisis parte de un enfoque cuantitativo, es decir, está basado en la observación y la medición, y encuentra apoyo en la estadística descriptiva y en los métodos establecidos en el procedimiento propuesto por Seed e Idriss, según lo establecido en la Norma Técnica de Edificación E.050: suelos y cimentaciones, en la cual se encuentra especificado el procedimiento y análisis matemático para llevar a cabo el estudio del potencial de licuefacción del suelo y la metodología a emplear para su mitigación. Asimismo, para el procesamiento de la información se emplean hojas de cálculo en Excel.

### **3.7. Aspectos éticos**

Este estudio se diseñará teniendo en cuenta las siguientes consideraciones éticas: Recomendaciones en la guía para la elaboración de artículos de investigación y tesis para las licenciaturas y títulos profesionales de la Universidad César Vallejo.

La propiedad intelectual de los responsables del citado, así como del contenido que forma parte de las bases teóricas referenciales del estudio.

Los lineamientos y procedimientos establecidos en las normas ASTM D420-D2488-D1586, norma AASHTO T1119M, NTP339.035 y las normas E.060-E.030-E.050 del RNE.

La veracidad de la información utilizada, mediante la toma de datos reales y confiables, utilizando para ello el instrumento de recolección de datos previamente validado por expertos.

Se utilizará el sistema Turnitin para verificar la autenticidad de la tesis.

## IV. RESULTADOS

### Descripción de la zona de estudio

#### Ubicación Política

Este estudio se realizó en el distrito de Catacaos, provincia de Piura, Departamento de Piura. Su ubicación es SE latitudes  $4^{\circ}04'50''$  y  $6^{\circ}22'10''$  S y  $79^{\circ}13'15''$  y  $81^{\circ}19'35''$  longitud West Greenwich.



Figura 31. Mapa General del Perú

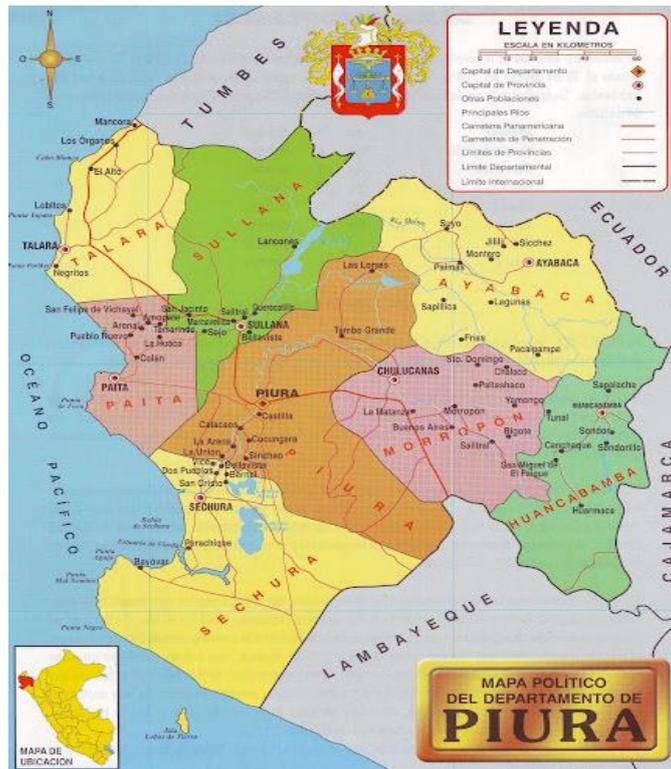


Figura 32. Mapa Departamento de Piura

### Ubicación del Proyecto

El terreno escolar se encuentra localizado entre los jirones Zepita, Chota y Comercio, en el centro poblado Pueblo Nuevo, manzana 04, lote 12, Catacaos, Piura.

**Departamento:** Piura

**Provincia:** Piura

**Distrito:** Catacaos

**Dirección:** Centro Poblado Pueblo Nuevo, Manzana 04, Lote 12



*Figura 33. Mapa político Catacaos*



*Figura 34. Ubicación del Colegio Jacobo*

## Sismicidad

Basado en terremotos en Perú con datos sobre magnitudes específicas de terremotos históricos y recientes; Teniendo en cuenta que el sitio de prueba está ubicado en la zona sísmicamente aumentada (Zona 4) y la nueva Norma Técnica NTE E-30 y en concordancia con el ensayo geofísico MASW, se deben utilizar los siguientes parámetros sísmicos en la instrumentación para el diseño adecuado:

Suelo: S2, Factor de suelo-zona 4:  $z=0.45$ , factor de ampliación del suelo  $S=1.05$ , periodo que define la plataforma del factor  $C=0.6$ , Periodo que define el inicio de la zona del factor C con el desplazamiento= 2.0.



Figura 35. Zonificación sísmica del Perú

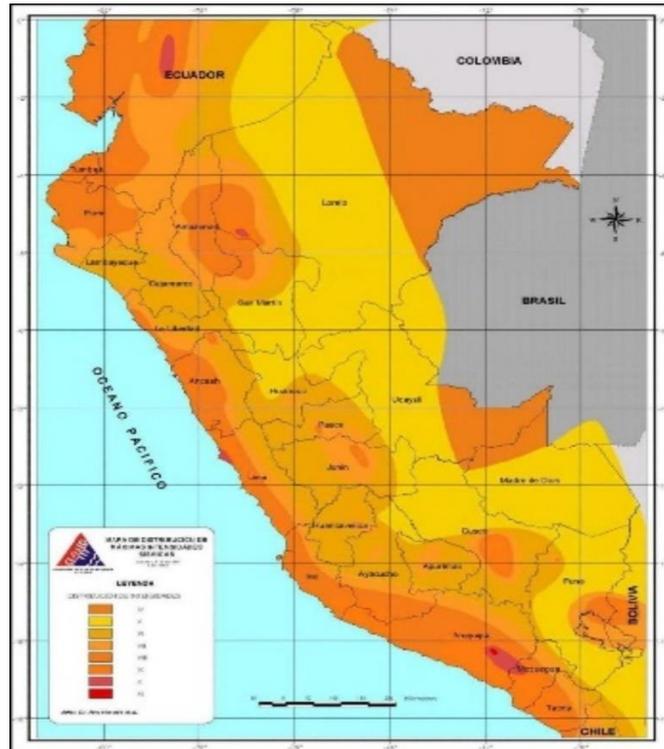


Figura 36. Distribución De Intensidades Sísmicas

## Geología

Se presentan las características geológicas importantes en el área de estudio ubicado en el Centro Poblado Pueblo Nuevo, Manzana 04, Lote 12, Distrito de Catacaos, Provincia y Departamento de Piura. al momento que ejecuten las obras proyectadas a futuro, estas no modificarán las condiciones geológicas y la morfología local.

## Litología

De acuerdo con el Mapa Geológico del INGEMMET, el área de estudio se encuentra dentro de los depósitos aluviales contemporáneos que llenan los caudales por donde discurren los ríos. Son aglomerados y arenas, que descienden desde la cima hasta la desembocadura, en las que predominan las arenas y los limos.

**Objetivo específico 1:** Determinar el potencial de licuefacción del suelo a través de ensayos de penetración estándar SPT en el proyecto Colegio Jacobo, Catacaos, Piura 2022.

Para determinar el máximo potencial de licuefacción del suelo se tiene las consideraciones de los parámetros de los resultados de los ensayos de laboratorio para el cálculo del factor de seguridad frente a la ocurrencia de la licuefacción (FSL).

**Tabla 10.** *Calculo máximo potencial de licuefacción*

Profundidad (m)	CLASIFICACIÓN SUCS	N (SPT)	N <sub>1(60)</sub>	FACTOR DE SEGURIDAD		Potencial de Licuefacción
				FRENTE A LA LICUEFACCIÓN		
				Sismo Leve <sup>(1)</sup>	Sismo Severo <sup>(2)</sup>	
3.30	SC-SM	13	14	1.83	0.52	LICUEFACCION
4.30	SC-SM	14	15	1.68	0.47	LICUEFACCION
5.30	SC	24	24	3.31	1.00	LICUEFACCION
6.50	CH	46	47	3.13	1.45	NO LICUEFACTUA
7.50	SM	36	35	3.06	1.41	NO LICUEFACTUA
8.50	CL	29	27	3.03	1.40	NO LICUEFACTUA
9.50	CL	35	31	3.04	1.39	NO LICUEFACTUA
10.50	SM	32	28	3.07	1.40	NO LICUEFACTUA
11.30	CL	25	21	3.11	0.86	NO LICUEFACTUA
12.50	CL	31	25	3.21	1.26	NO LICUEFACTUA
12.95	CL	37	30	3.25	1.46	NO LICUEFACTUA
13.40	SM	50	40	3.29	1.48	NO LICUEFACTUA
14.30	CL	32	41	3.37	1.51	NO LICUEFACTUA
15.30	SC-SM	25	31	3.46	1.18	NO LICUEFACTUA

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 10 se observa que a menor profundidad y al aplicarle un sismo leve – severo el suelo tiende a presentar licuefacción con una aceleración de 0.47 g, es la que corresponde utilizar la Norma Técnica de Edificación E030 y Diseño Sismorresistente (2018) y sus modificaciones (2019) para la zona estudiada; y fue incrementada en 5% considerando que el perfil del suelo se clasifica como S2.

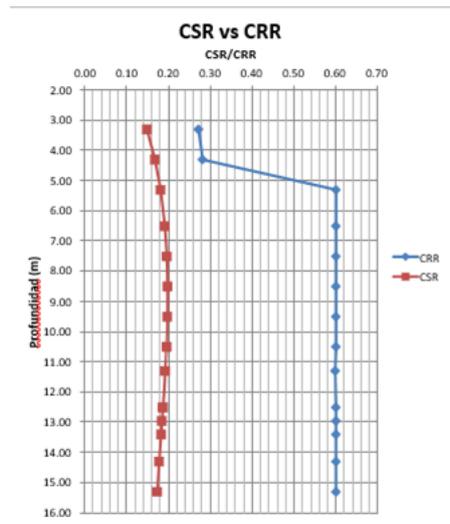
En la tabla 11 observamos los parámetros de los resultados de los ensayos de laboratorio, se calculó respectivo y de los esfuerzos de corte cíclico inducidos como consecuencia de la excitación sísmica (CSR), cálculo del esfuerzo cortante cíclico normalizado resistente mínimo que produce licuefacción (resistencia a la

licuefacción) (CRR), cálculo del factor de seguridad frente a la ocurrencia de la licuefacción (FSL).

**Tabla 11. Análisis del Potencial de licuefacción**

PROFUNDIDAD	PROFUNDIDAD	SUCS	CF%	N	sigma'o	sigmao	CE	CB	CS	CR	CN	N1(60)	rd	CSR	C Fines	N160cs	CRR	FS	PL
0	REAL				Kg/cm2	Kg/cm2											corregido		Probab. Licuef.
3	3.3	SC-SM	27	13	0.577	0.607	1	1	1	0.8	1.34	13.92	0.99	0.1487	1.205	16.77	0.2719	1.83	0.15%
4	4.3	SC-SM	27	14	0.667	0.797	1	1	1	0.85	1.24	14.81	0.98	0.1677	1.199	17.76	0.2813	1.68	0.54%
5	5.3	SC	37	24	0.76	0.99	1	1	1	0.85	1.17	23.78	0.97	0.1812	1.226	29.78	0.6	3.31	0.00%
6.2	6.5	CH	73	46	0.88	1.23	1	1	1	0.95	1.08	47.35	0.96	0.1915	1.369	53.35	0.6	3.13	-
7.2	7.5	SM	19	36	0.985	1.435	1	1	1	0.95	1.02	35.02	0.94	0.1963	1.103	38.64	0.6	3.06	0.00%
8.2	8.5	CL	70	29	1.095	1.645	1	1	1	0.95	0.97	26.76	0.92	0.198	1.411	32.76	0.6	3.03	-
9.2	9.5	CL	70	35	1.205	1.855	1	1	1	0.95	0.93	30.79	0.9	0.1976	1.394	36.79	0.6	3.04	-
10.2	10.5	SM	63	32	1.32	2.065	1	1	1	1	0.89	28.36	0.87	0.1954	1.363	34.36	0.6	3.07	0.00%
11	11.3	CL	67	25	1.4	2.233	1	1	1	1	0.86	21.45	0.85	0.1924	1.424	27.45	0.5978	3.11	-
12.2	12.5	CL	67	31	1.54	2.485	1	1	1	1	0.82	25.43	0.81	0.1869	1.4	31.43	0.6	3.21	-
12.65	12.95	CL	67	37	1.58	2.5795	1	1	1	1	0.81	29.87	0.79	0.1846	1.38	35.87	0.6	3.25	-
13.1	13.4	SM	22	50	1.63	2.674	1	1	1	1	0.8	39.76	0.78	0.1823	1.116	44.35	0.6	3.29	0.00%
14	14.3	CL	65	53	1.73	2.863	1	1	1	1	0.77	40.92	0.75	0.178	1.339	46.92	0.6	3.37	-
15	15.3	SC-SM	23	41	1.84	3.073	1	1	1	1	0.75	30.7	0.73	0.1734	1.129	34.67	0.6	3.46	0.00%

Fuente. Elaboración Propia



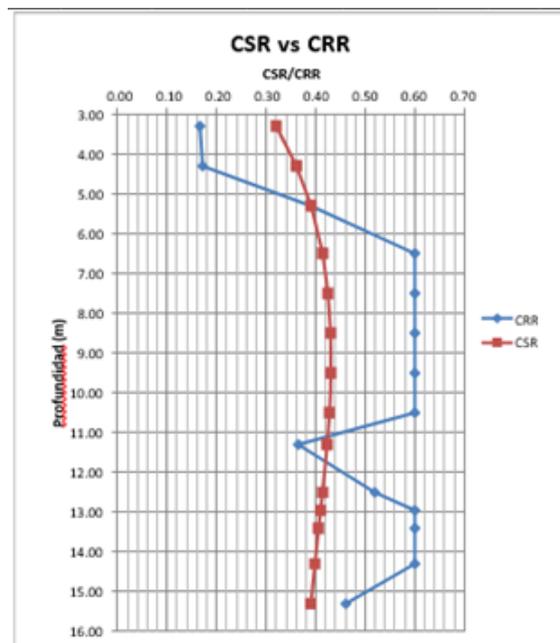
**Figura 37. Análisis CSR vs. CRR**

En la figura 37 podemos observar el cálculo del máximo potencial del suelo en el primer sondaje, se consideró la onda sísmica de magnitud de 6 MW con un periodo de retorno proyectado de 30 años, nivel inicial 3 metros, velocidad promedio a los 12 metros de 727.69 ft/s obteniendo un post licuefacción con probabilidad de asentamiento licuefacción del suelo de 0.32%.

**Tabla 12. Análisis de la probabilidad de licuefacción**

PROFUNDIDAD	PROFUNDIDAD	SUCS	CF%	N	sigma'o	sigmao	CE	CB	CS	CR	CN	N(60)	rd	CSR	C Fines	N160cs	CRR	FS	PL
0	REAL				Kg/cm2	Kg/cm2											corregido		Probab. Licuef.
3	3.3	SC-SM	27	13	0.577	0.607	1	1	1	0.8	134	13.92	0.99	0.3198	1205	16.77	0.1658	0.52	99.94%
4	4.3	SC-SM	27	14	0.667	0.797	1	1	1	0.85	124	14.81	0.98	0.3611	1189	17.76	0.1716	0.47	99.99%
5	5.3	SC	37	24	0.76	0.99	1	1	1	0.85	117	23.78	0.98	0.3905	1226	29.78	0.3891	1	50.7%
6.2	6.5	CH	73	46	0.88	1.23	1	1	1	0.95	108	47.35	0.96	0.4136	1369	53.35	0.6	145	-
7.2	7.5	SM	19	36	0.985	1.435	1	1	1	0.95	102	35.02	0.95	0.4248	1103	38.64	0.6	141	0.32%
8.2	8.5	CL	70	29	1.095	1.645	1	1	1	0.95	97	26.76	0.93	0.4298	1411	32.76	0.6	14	-
9.2	9.5	CL	70	35	1.205	1.855	1	1	1	0.95	93	30.79	0.91	0.4304	1394	36.79	0.6	139	-
10.2	10.5	SM	63	32	1.315	2.065	1	1	1	1	89	28.36	0.89	0.4275	1363	34.36	0.6	14	106%
11	11.3	CL	67	25	1.403	2.233	1	1	1	1	86	21.45	0.86	0.4226	1424	27.45	0.3645	0.86	-
12.2	12.5	CL	67	31	1.535	2.485	1	1	1	1	82	25.43	0.83	0.4135	14	31.43	0.5192	126	-
12.65	12.95	CL	37	1585	2.58	2.58	1	1	1	1	81	29.87	0.82	0.4096	138	35.87	0.6	146	-
13.1	13.4	SM	22	50	1.63	2.674	1	1	1	1	8	39.76	0.81	0.4055	116	44.35	0.6	148	0.00%
14	14.3	CL	65	53	1.73	2.863	1	1	1	1	77	40.92	0.78	0.398	1339	46.92	0.6	151	-
15	15.3	SC-SM	23	41	1.84	3.073	1	1	1	1	75	30.7	0.76	0.39	1129	34.67	0.4603	118	20.67%

Fuente. Elaboración propia.



**Figura 38. Análisis CSR vs CRR**

Se verifica en la figura 38 el promedio de las velocidades de corte para los primeros 12 m de profundidad se obtuvo utilizando una media armónica de las velocidades por espesor de estrato, la variación de la relación de esfuerzos cíclicos inducidos fue determinada para una aceleración máxima en la superficie de 0.225 g, correspondiente a un sismo mediano de 6 MW con probabilidad de ocurrir varias veces durante la vida útil de las estructuras (período de retorno de 30 años) y para una aceleración máxima de 0.45 g, correspondiente a un sismo severo de magnitud de 7 ½ MW con menor probabilidad de ocurrencia.

En la tabla 12 se verifica los sondeos rotativos realizados, se ha calculado el FS exigiendo un valor mínimo de 1,25-EC-8, también podemos observar que al aplicar el mejoramiento del suelo las condiciones en el existe licuefacción en diferentes profundidades.

**Tabla 13. Cálculo Capacidad Admisible del suelo con licuefacción**

SPT1			S	10	mm	SPT 2			S	10	mm
Desplante		Df	Fd	Qadm B=	2	Desplante		Df	Fd	Qadm B=	2
Prof(m)	(N1)60			Bowles	Qadm	Prof (m)	(N1)60			Bowles	Qadm
1	7.65	1.5	1.25	0.61		1	8.93	1.5	1.25	0.71	
2	7.65	1.5	1.25	0.61		2	12.75	1.5	1.25	1.02	
3	18.84	1.5	1.25	1.18		3	12.58	1.5	1.25	1	
4	14.16	1.5	1.25	1.13		4	16.05	1.5	1.25	1.28	
5	14.83	1.5	1.25	1.18		5	12.63	1.5	1.25	1.01	
6	37.18	1.5	1.25	2.96	2.96	6	16.67	1.5	1.25	1.33	1.33
7	75.88	1.5	1.25	6.04		7	85.42	1.5	1.25	6.8	
8	103.38	1.5	1.25	824		8	51.78	1.5	1.25	4.12	
9	0	1.5	1.25	0		9	0	1.5	1.25	0	
10	0	1.5	1.25	0		10	0	1.5	1.25	0	

Fuente. Elaboración Propia

En la tabla 13 se detalla que la profundidad de cimentación se encuentra sujeta al análisis de licuación de suelos, entre tanto se ha tomado una profundidad de fundación de 6m, por tanto, tenemos como Cargo Admisible (Qadm) de los materiales de fundación de acuerdo a los cálculos correspondientes al SPT es 1.33 kg/cm<sup>2</sup>.

**Objetivo 2.** Obtener un diseño de columnas de grava para mitigar el potencial de licuefacción del suelo en el Colegio Jacobo, Catacaos, Piura, 2022.

Una vez identificado el estudio de mecánica de suelos elaborado por el laboratorio suelos JCH SAC y la consultoría de BINA INGENIERIA SAC, se cuenta con el siguiente registro de perforación P-1 dentro del suelo a mejorar.

En una primera etapa, se establece el factor de mejora (o de reducción de asientos) que se alcanza con el tratamiento, las columnas de grava mejoran el rendimiento del subsuelo en comparación con el terreno sin columnas. De acuerdo con este factor, la mejora del módulo de deformación del sistema compuesto se incrementa y los asientos se reducen respectivamente. Todos los pasos siguientes al diseño toman como referencia un valor básico.

Luego de la realización de los cálculos con las fórmulas de tensión admisible, expansión lateral de las columnas y el método de prube para el cálculo de asentamientos se ha previsto una longitud de las columnas de grava de 9.00 m hasta alcanzar un nivel firme de arenas arcillosas/limosas o rechazo, lo que ocurra primero, los niveles de arenas finas arcillosas/limos de consistencia media blanda con nivel freático a 4.30 m de profundidad.

Para el proceso de determinación del diseño de columnas de grava se adoptó una distribución cuadrada con una separación de  $S = 2.20$  m, con un área de reemplazo de 10%, diámetro de la columna,  $d_c$ : oscila normalmente entre 0.60 y 1.20 m en el caso que nos ocupa para la columna de grava en vía seca se adopta un valor del diámetro de 0.80 m y un área de influencia por cada columna:  $A = s^2$

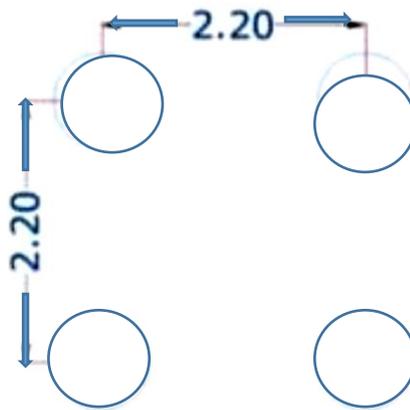


Figura 39. Diseño de Columnas de grava

Tabla 14. Resumen del diseño de Grava.

Resumen de Diseño de Columnas de Grava		
DIAMETRO	PROFUNDIDAD	GRAVA
80 cm	6 m	Piedra Chancada de 1/2" y 3/4"

Fuente. Elaboración Propia

En la tabla 14 se resume el diseño de grava en lo cual podemos detallar el diámetro de la pila de grava de 80 cm, la profundidad de colocación de la pila de grava a 6 m, y el tipo de grava que se recomienda piedra chancada de 1/2" y 3/4".

**Tabla 15. Diseño de columnas de grava**

Cota del Terreno		23.60	m.s.n.m					
Nivel Freatico		4.30	m.					P-1
Cota	Prof.	SUCS	SPT	E (t/m <sup>2</sup> )	Wn %	LL	PL	Fc %
23.20	0.40	FILL						
23.10	0.50	CL						
23.00	0.60	CL						
22.90	0.70	CL						
22.80	0.80	CL						
22.70	0.90	CL						
22.60	1.00	CL						
22.50	1.10	CL						
22.40	1.20	CL	4	230.64				
22.30	1.30	CL	4	230.64				
22.20	1.40	CL	4	230.64				
22.10	1.50	CL	4	230.64				
22.00	1.60	CL	4	230.64				
21.90	1.70	CL						
21.80	1.80	CL						
21.70	1.90	CL						
21.60	2.00	CL						
21.50	2.10	CL						
21.40	2.20	CL						
21.30	2.30	CL	7	403.62				
21.20	2.40	CL	7	403.62				
21.10	2.50	CL	7	403.62				
21.00	2.60	CL	7	403.62				
20.90	2.70	CL	7	403.62				
20.80	2.80	CL						
20.70	2.90	CL						
20.60	3.00	CL						
20.50	3.10	SM-SC	13	1124.37				
20.40	3.20	SM-SC	13	1124.37				
20.30	3.30	SM-SC	13	1124.37				
20.20	3.40	SM-SC	13	1124.37				
20.10	3.50	SM-SC	13	1124.37				
20.00	3.60	SM-SC						
19.90	3.70	SM-SC						
19.80	3.80	SM-SC						
19.70	3.90	SM-SC						
19.60	4.00	SM-SC	15	1297.35				
19.50	4.10	SM-SC	15	1297.35				
19.40	4.20	SM-SC	15	1297.35				
19.30	4.30	SM-SC	15	1297.35				
19.20	4.40	SM-SC	15	1297.35				
19.10	4.50	SM-SC						
19.00	4.60	SM-SC						
18.90	4.70	SM-SC						
18.80	4.80	SM-SC						
18.70	4.90	SM-SC						
18.60	5.00	SM-SC						
18.50	5.10	SC	24	2075.76				
18.40	5.20	SC	24	2075.76				
18.30	5.30	SC	24	2075.76				
18.20	5.40	SC	24	2075.76				
18.10	5.50	SC	24	2075.76				
18.00	5.60	SC						
17.90	5.70	SC						
17.80	5.80	SC						
17.70	5.90	SC						
17.60	6.00	SC						
17.50	6.10	CH						
17.40	6.20	CH						

COLUMNA DE GRAVA DE 80 cm DE DIAMETRO Y 6 m DE PROFUNDIDAD

Fuente. Elaboración Propia

En la tabla 16 nos detalla las columnas de grava sobrepasarán el tramo superior del estrato arenas finas arcillosas/limos de consistencia media-blanda alcanzando el nivel firme de arena limosa de consistencia muy firme-dura.

Posterior a la obtención del diseño de las columnas de grava se realizó el cálculo de los asentamientos con el suelo mejorado para analizar la reducción de la mitigación de la licuefacción.

**Tabla 16. Cálculo de la mitigación de la licuefacción del suelo**

Cálculo de asentamiento con suelo mejorado						Asentamiento en el centro			Asentamiento en el extremo					
Tipo de suelo	Espesor de capa de suelo	Peso esp. Del suelo	Mod. De Elas, del suelo	Mod. De Elas. de la CG	Prof. De asentamiento	m1	n1	k	Asentamiento (cm)	m	n	lex	Asentamiento	
SUCS	m	t/m3	t/m2	t/m2	m									
CL	1	1.9	230.64	25.000.00	0.5	3.66	0.11	0.999	0.392	18.5	33.5	0.5	0.196	
CL	1	1.9	403.62	25.000.00	1.5	3.66	0.32	0.987	0.367	6.17	11.3	0.499	0.155	
SM-SC	1	1.9	1124.4	25.000.00	2.5	3.66	0.54	0.95	0.29	3.7	6.78	0.496	0.151	
SM-SC	1	1.9	1297.4	25.000.00	3.5	3.66	0.76	0.893	0.261	2.64	4.84	0.489	0.143	
SC	1	1.9	2075.8	25.000.00	4.5	3.66	0.57	0.825	0.204	2.06	3.77	0.475	0.118	
									<b>Asent.En suelo Mejorado (cm)</b>	<b>1.54</b>			<b>Asent.En suelo mejorado (cm)</b>	<b>0.795</b>

En la tabla 16, verificamos el mejoramiento del suelo con un asentamiento en el centro de 1.54 cm y en el extremo de 0.795 cm.

**Tabla 17. Cálculo de la mitigación de la licuefacción del suelo**

CALCULO DE ASENTAMIENTOS BAJO SUELOS MEJORADOS									Asentamiento en el Centro				Asentamiento en el extremo			
Tipo de suelo	Mod. de Elas. del suelo	Espesor de capa de suelo	Peso esp. Del suelo	Presion de pre consolidacion	Indice de compresion	Prof. De Asentamientos	Esfuerzo efectivo acum.	Razon de pre consolidacion	m1	n1	lex	Asentamiento	m	n	lex	Asentamiento
SUCS	m2	m	t/m3	t/m2	Cc	m	t/m2	OCR								
CH	2652.4	1				5.5			3.66	1.19	0.755	0.313	1.68	3.08	0.466	0.193
SM	3113.6	1				6.5			3.66	1.41	0.689	0.243	1.42	2.61	0.4	0.159
CL	1672.1	1				7.5			3.66	1.62	0.628	0.413	1.23	2.26	0.431	0.254
CL	2075.8	1				8.5			3.66	1.54	0.574	0.304	1.09	1.99	0.412	0.218
SM	2767.7	1				9.5			3.66	2.05	0.525	0.209	0.97	1.78	0.392	0.156
CL	1441.5	1				10.5			3.66	2.27	0.482	0.367	0.88	1.624	0.372	0.284
CL	1787.5	1				11.5			3.66	2.49	0.443	0.273	0.8	1.474	0.352	0.216
SM	4324	1				12.5			3.66	2.7	0.408	0.104	0.74	1.356	0.332	0.085
CL	30564	1				13.5			3.66	2.92	0.377	0.136	0.69	1.256	0.313	0.113
SM-SC	3546	1				14.5			3.66	3.14	0.349	0.108	0.64	1.169	0.296	0.092
									<b>Asent.debajo del suelo mejorado (cm)</b>	<b>1.85</b>			<b>Asnt.debajo del suelo (cm)</b>	<b>1.294</b>		
									<b>Asent.total en el centro</b>	<b>3.364</b>			<b>Asent.total en el extremo (cm)</b>	<b>2.068</b>		

En la tabla 17, verificamos el mejoramiento del suelo con un asentamiento en el centro de 1.54 cm y en el extremo de 0.795 cm, en cada estrato de suelo y asimismo verificamos los pesos específicos del suelo con su módulo de elasticidad.

**Tabla 18. Cálculo de la mitigación de la licuefacción del suelo**

CALCULO DE ASENTAMIENTOS BAJO SUELOS MEJORADOS									Asentamiento en el Centro				Asentamiento en el extremo			
Tipo de suelo	Mod.de Elas.del suelo	Espesor de capa de suelo	Peso espf. Del suelo	Presion de pre consolidacion	Indice de comprension	Prof. De Asentamien	Esfuerzo efectivo	Razon de pre consolidacion	m1	n1	íex	Asentamiento	m	n	íex	Asentamiento
SUCS	m2	m	t/m3	t/m2	Cc	m	t/m2	OCR				cm				cm
CH	2652.4	1				5.5			3.66	1.19	0.755	0.313	1.68	3.08	0.466	0.193
SM	3113.6	1				6.5			3.66	1.41	0.689	0.243	1.42	2.61	0.4	0.159
CL	1672.1	1				7.5			3.66	1.62	0.628	0.413	1.23	2.26	0.431	0.254
CL	2075.8	1				8.5			3.66	1.54	0.574	0.304	1.09	1.99	0.412	0.218
SM	2767.7	1				9.5			3.66	2.05	0.525	0.209	0.97	1.78	0.392	0.156
CL	1441.5	1				10.5			3.66	2.27	0.482	0.367	0.88	1.624	0.372	0.284
CL	1787.5	1				11.5			3.66	2.49	0.443	0.273	0.8	1.474	0.352	0.216
SM	4324	1				12.5			3.66	2.7	0.408	0.104	0.74	1.356	0.332	0.085
CL	30564	1				13.5			3.66	2.92	0.377	0.136	0.69	1.256	0.313	0.113
SM-SC	3546	1				14.5			3.66	3.14	0.349	0.108	0.64	1.169	0.296	0.092
									Asent.debajo del suelo mejorado (cm)			1.85	Asnt.debajo del suelo (cm)			1.294
									Asent.total en el centro			3.364	Asent.total en el extremo (cm)			2.068

Podemos verificar en la tabla 18 que las simulaciones de los cálculos de los asentamientos con suelo mejorado han reducido teniendo como factor límite de tolerancia en el centro 3.384 cm y en extremo 2.068 cm.

Obtenemos que la capacidad admisible del suelo mejorado 1.50 kg/cm<sup>2</sup> para asientos máximos de 0.25 cm.

**Objetivo 3.** Definir la mejor alternativa de diseño de pilotes concreto vs los pilotes de grava para el mejoramiento del suelo en el colegio Jacobo, Catacaos, Piura 2022.

Teniendo en cuenta la baja resistencia de las capas superiores de arcilla (valores de N en el SPT entre 4 y 7), la existencia de arenas potencialmente licuefactibles, los antecedentes de fallas de estructuras en el departamento de Piura como consecuencia de la licuefacción de las arenas en sismos pasados, y las características de las estructuras previstas (local escolar) se recomienda considerar una de las siguientes alternativas para la cimentación de las nuevas edificaciones: Cimentaciones superficiales por medio de plateas apoyadas sobre un suelo mejorado con pilas de grava o algún otro método similar, que permita densificar las arenas, mitigar el potencial de licuefacción y garantizar una presión admisible no menor de 1.50 Kg/cm<sup>2</sup> para un asentamiento tolerable de 2.5 cm.

En la tabla 19 y tabla 20 se realizó los cálculos en condición estática para la determinación del tipo de pilote a usar (Concreto vs Pilas de grava Franki), se verifica el diseño del pilote tipo Franki es más óptimo con una carga total de 126.57 ton a diferencia del tipo perforado con 236.90 ton y como resultado un desplazamiento total en el tipo Franki de 0.16 cm.

En la figura 40 se detalla el análisis de los valores como la carga total en el pilote perforado y franki de  $Q_{total}$  de 236 ton y 126.57; Carga admisible recomendable según los cálculos previos del diseño  $Q$  recomendable de 70 y 40 Ton; desplazamiento total de 0.17 y 0.16 cm.

**Tabla 19. Pilote Concreto estática**

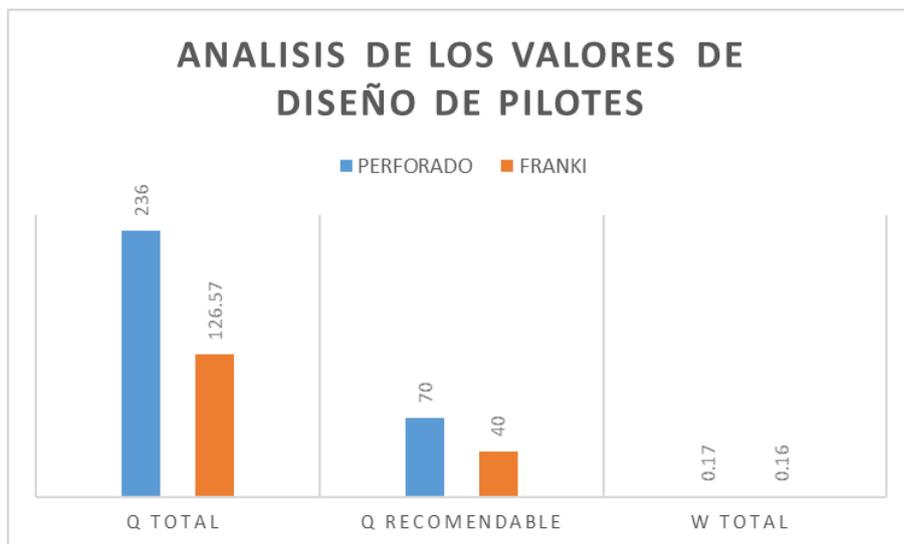
Parámetro	Unidad	P-1
Long. pilote	m	8.00
D pilote	m	1.00
A p	cm <sup>2</sup>	7854.00
Q punta	Ton	122.94
Q fricción	Ton	113.96
Q total	Ton	236.90
% punta	%	51.90
% fricción	%	48.10
QA recom.	Ton	70.00
E	Kg/cm <sup>2</sup>	230000.00
As		0.67
Cp		0.04
Pt/c	Kg/cm <sup>2</sup>	1.50
Nq/Nc		85.00
Cs		0.09
Ws	cm	0.03
Wpp	cm	0.11
Wps	cm	0.03
W total	cm	0.17

Fuente. Elaboración propia

**Tabla 20. Diseño Pilotes Tipo Grava estática**

Parámetro	Unidad	P-1
Long. pilote	m	8.00
D pilote	m	0.45
A p	cm <sup>2</sup>	3318.30
Q punta	Ton	61.15
Q fricción	Ton	65.42
Q total	Ton	126.57
% punta	%	48.31
% fricción	%	51.69
QA recom.	Ton	40.00
E	Kg/cm <sup>2</sup>	230000.00
As		0.67
Cp		0.03
Pt/c	Kg/cm <sup>2</sup>	1.50
Nq/Nc		85.00
Cs		0.11
Ws	cm	0.03
Wpp	cm	0.10
Wps	cm	0.02
W total	cm	0.16

Fuente. Elaboración propia



**Figura 40. Análisis de los valores de diseño de pilotes**

Fuente. Elaboración Propia

En la tabla 21 y 22 aplicamos el cálculo en la condición dinámica en lo cual obtuvimos el diseño de los pilotes (Perforado Concreto y Columnas de grava tipo franki) en lo cual se verifica que el diseño tipo columna de grava con carga total de 126.57 ton y el sistema tipo perforado con 236.90 ton, asimismo se detalla el desplazamiento en el pilote perforado de 0.22 cm y Franki de 0.20 cm dichos resultados se aplicaron en condición estática.

**Tabla 21. Pilote Concreto Perforado dinámica.**

Parámetro	Unidad	P-1
Long. pilote	m	8.00
D pilote	m	1.00
A p	cm <sup>2</sup>	7854.0
Q punta	Ton	122.94
Q fricción	Ton	113.96
Q total	Ton	236.90
% punta	%	51.90
% fricción	%	48.10
QA recom.	Ton	90.00
E	Kg/cm <sup>2</sup>	230000.0
As		0.67
Cp		0.04
Pt/c	Kg/cm <sup>2</sup>	1.50
Nq/Nc		85.00
Cs		0.09
Ws	cm	0.03
Wpp	cm	0.15
Wps	cm	0.04
W total	cm	0.22

**Fuente.** Elaboración Propia

**Tabla 22. Diseño Pilotes de grava tipo Franki dinámica.**

Parámetro	Unidad	P-1
Long. pilote	m	8.00
D pilote	m	0.45
A p	cm <sup>2</sup>	3318.
Q punta	Ton	61.15
Q fricción	Ton	65.42
Q total	Ton	126.57
% punta	%	48.31
% fricción	%	51.69
QA recom.	Ton	50.00
E	Kg/cm <sup>2</sup>	230000.
As		0.67
Cp		0.03
Pt/c	Kg/cm <sup>2</sup>	1.50
Nq/Nc		85.00
Cs		0.11
Ws	cm	0.04
Wpp	cm	0.13
Wps	cm	0.03
W total	cm	0.20

Fuente. Elaboración Propia

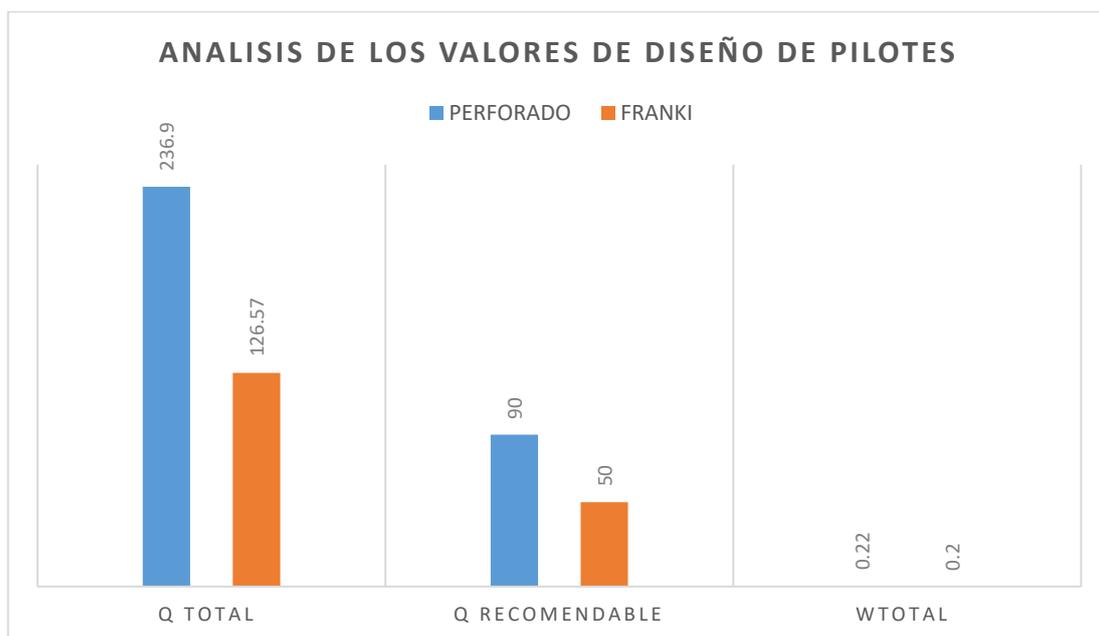


Figura 41. Análisis de los valores de diseño de pilotes condición dinámica.

En la figura 41 se verifica los cálculos de Pilotes tipo perforado y Franki dando como resumen la carga total Q total de 236.9 ton y 126 ton; en la carga recomendable según diseño previo de 90 ton y 50 ton y el desplazamiento de 0.22 y 0.20 cm

**Objetivo 4.** Determinar y comparar la capacidad de carga admisible máxima por pilote tipo perforado concreto vs. Franki grava para el mejoramiento del suelo en el colegio Jacobo Catacaos Piura 2022.

**Tabla 23.** Resumen de capacidad de carga de pilote por compresión condición estática  $FS = 3$

SONDAJE	PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN (m)	LONGITUD DEL PILOTE (m)	TIPO DE PILOTE	DIÁMETRO (m)	CARGA DE PILOTE POR COMPRESIÓN (Ton)			
					Qf	Qp	Quit	Qadm= Quit/FS
P-1	-1.00	8.00	PERFORADO	1.00	113.96	122.94	236.90	78.97
P-1	-1.00	8.00	FRANKI	0.45	65.42	61.15	126.57	42.19

Fuente. Elaboración Propia

En la tabla 23 se realizó el cálculo de dos sondajes en las profundidades de -1m, longitud del pilote de 8 m, para el tipo de pilote se tiene los siguientes diámetros 1 m y 0.45 m y se determina la carga admisible.

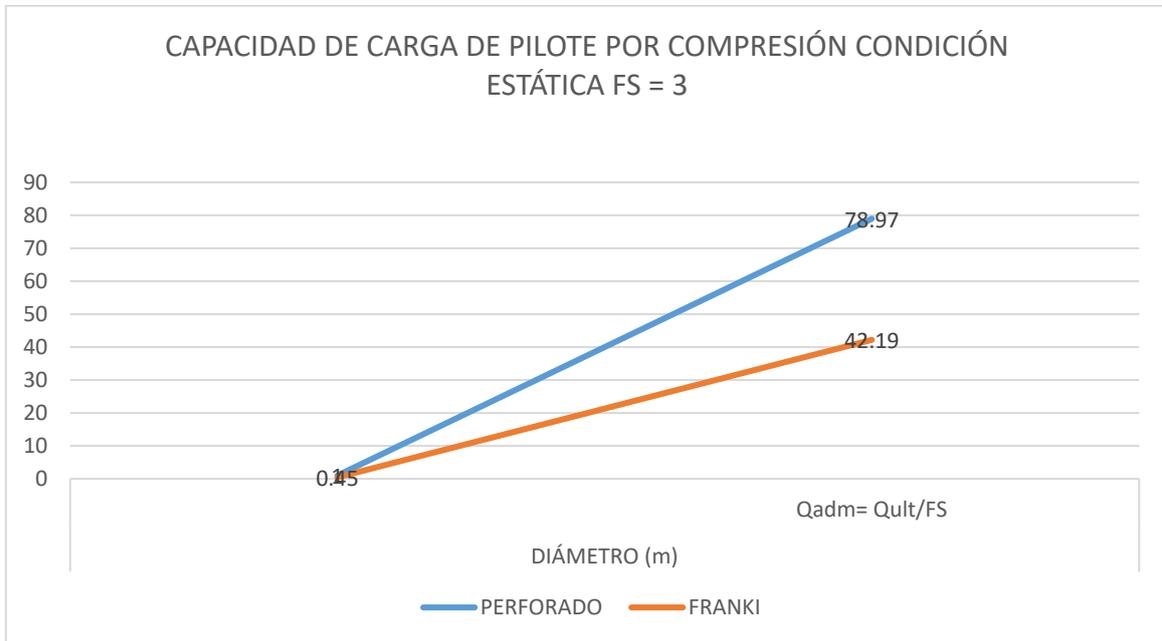


Figura 42. Capacidad de carga por compresión condición estática

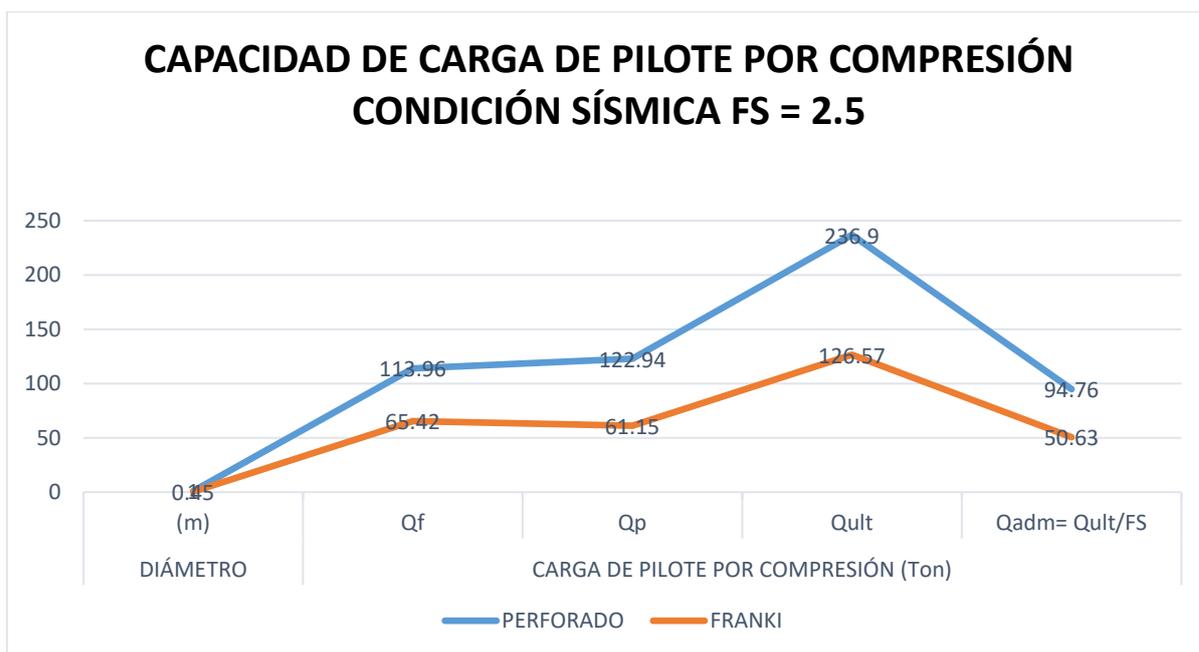
En la figura 42 verificamos las cargas de pilote por compresión en condición estática teniendo un análisis comparativo entre el tipo de pilote perforado y Franki en lo cual nos da como resultados como carga admisible tolerable Perforado 78.97 ton y Franki 42.19.

En la tabla 24 se analizó la capacidad de carga de los pilotes por compresión con la condición estática y factor de seguridad de 3, obteniendo como carga admisible final en los pilotes perforados 78.97 ton y tipo Frank de 42.19 ton.

**Tabla 24.** Capacidad de Carga de Pilote por Compresión condición sísmica  $F_s=2.5$

SONDAJE	PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN (m)	LONGITUD DEL PILOTE (m)	TIPO DE PILOTE	DIÁMETRO (m)	CARGA DE PILOTE POR COMPRESIÓN (Ton)			
					Qf	Qp	Qult	Qadm= Qult/FS
P-1	-1.00	8.00	PERFORA	1.00	113.9	122.9	236.9	94.76
P-1	-1.00	8.00	FRANK	0.45	65.42	61.15	126.5	50.63

Fuente. Elaboración Propia



*Figura 43.* Capacidad de carga por compresión condición sísmica

En la figura 43 se analizó la capacidad de carga de los pilotes por compresión con la condición sísmica de 2.5, obteniendo como carga admisible final en los pilotes perforados 94.76 ton y tipo Franki de 50.63 ton.

En la tabla 25 se calculó los dos sondajes a una profundidad de cimentación de -1m, con una longitud de pilote de 8m, diámetro 1 y 0.45m y se determina las cargas de tracción en condición estática y tenemos una tracción admisible de 36.15 tn y 18.57 tn.

**Tabla 25.** Carga de Pilote por tracción condición estática  $F_s=3$

Sondaje	Profundidad de cimentación (m)	Longitud del pilote (m)	Tipo de pilote	Diámetro (m)	Carga de pilote por tracción (ton)		
					Tult	Wp	Tadm = Tult/FS
P-1	-1.00	8.00	PERFORADO	1.00	108.45	10.20	36.15
P-1	-1.00	8.00	FRANKI	0.45	55.71	2.06	18.57

Fuente. Elaboración Propia

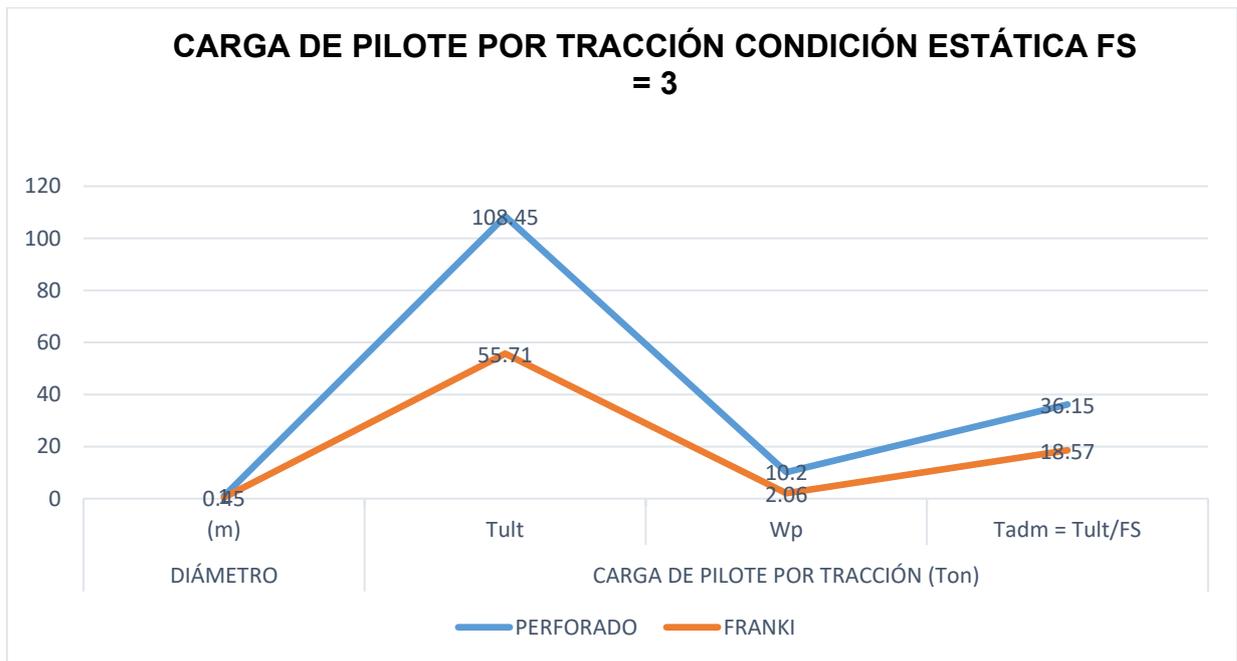


Figura 44. Capacidad de carga por tracción condición estática

En la figura 44 observamos las condiciones estáticas con factor de seguridad 3 se analiza la carga de pilote por tracción obteniendo las cargas admisibles para el pilote perforado de 36.15 tn y el tipo Franki de 18.57 tn.

**Tabla 26.** Capacidad de carga de pilote por tracción condición sísmica  $F_s=2.5$

SONDAJE	PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN (m)	PROFUNDIDAD DE PUNTA DE PILOTE (m)	TIPO DE PILOTE	DIÁMETRO (m)	CARGA DE PILOTE POR TRACCIÓN (Ton)		
					Tult	Wp	Qadm= Qult/FS
P-1	-1.00	8.00	PERFORADO	1.00	108.45	10.20	43.38
P-1	-1.00	8.00	FRANKI	0.45	55.71	2.06	22.28

Fuente. Elaboración propia

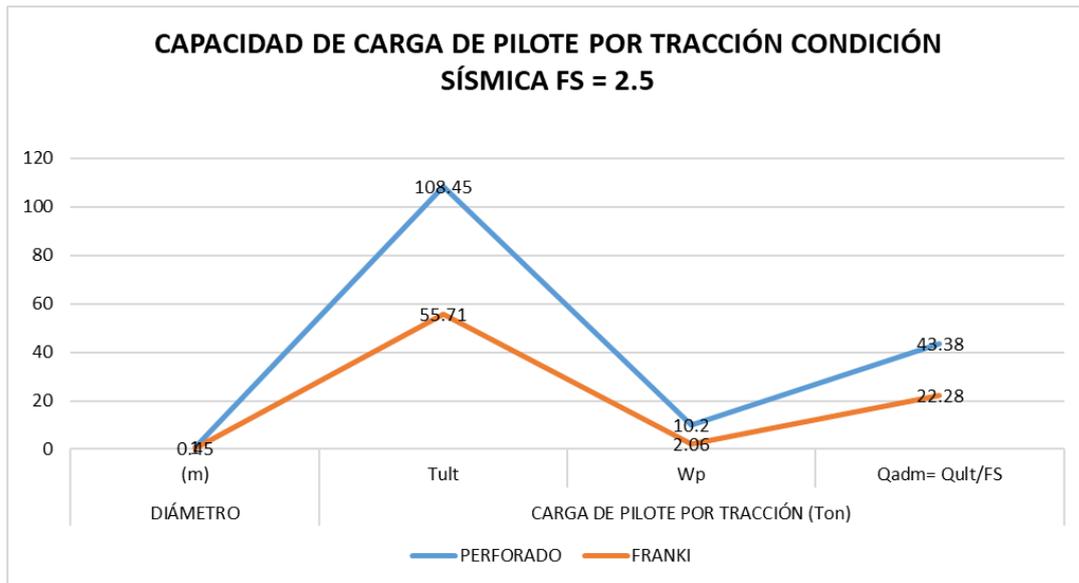


Figura 45. Capacidad de carga por tracción condición sísmica

En la tabla 26 se analizó la capacidad de carga de los pilotes por tracción con la condición sísmica de 2.5, obteniendo como carga admisible final en los pilotes perforados 43.38 ton y tipo Franki de 22.28 ton.

En la figura 45 se presentan los cálculos de la capacidad de carga por compresión de pilotes de 8.00 m de longitud. En los cálculos se ha considerado, que los cimientos que transmitirán la carga de las estructuras a los pilotes se apoyarán a una profundidad de 1.00 m respecto al nivel de la superficie actual del terreno.

Para la condición sísmica no se ha considerado la capacidad de carga por fricción de las arenas potencialmente licuefactibles.

**Objetivo 5.** Determinar los asentamientos (desplazamientos) mediante la prueba de carga estática por la ejecución de las columnas de grava compactada en el colegio Jacobo, Piura, 2022.

A la determinación de la aplicación del mejoramiento del suelo se optó por emplear las columnas de grava también llamado método Franki, se tomó una muestra de su aplicación de 05 columnas de grava equivalente a 78 metros lineales dentro del colegio.

Para comprobar la calidad y los asentamientos de las pilas de grava se empleó la prueba de carga estática en lo cual calculamos los esfuerzos admisibles al suelo mejorado.

Para un esfuerzo admisible requerido  $R_{adm}=11 \text{ ton/m}^2 = 1.115 \text{ kg/cm}^2$

$$R \text{ ensayo } (F_s=2.0) = 2.23 \text{ kg/cm}^2$$

Aplicamos la carga admisible obtenido en el análisis

Para un  $q_{adm} = 1.50 \text{ kg/cm}^2 = R \text{ ensayo} / q_{adm} = 1.5 (F_s)$

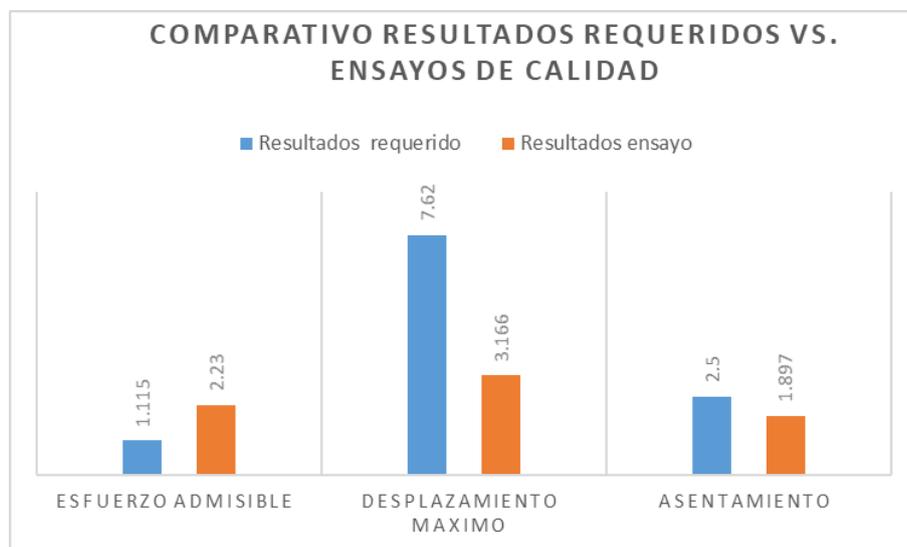
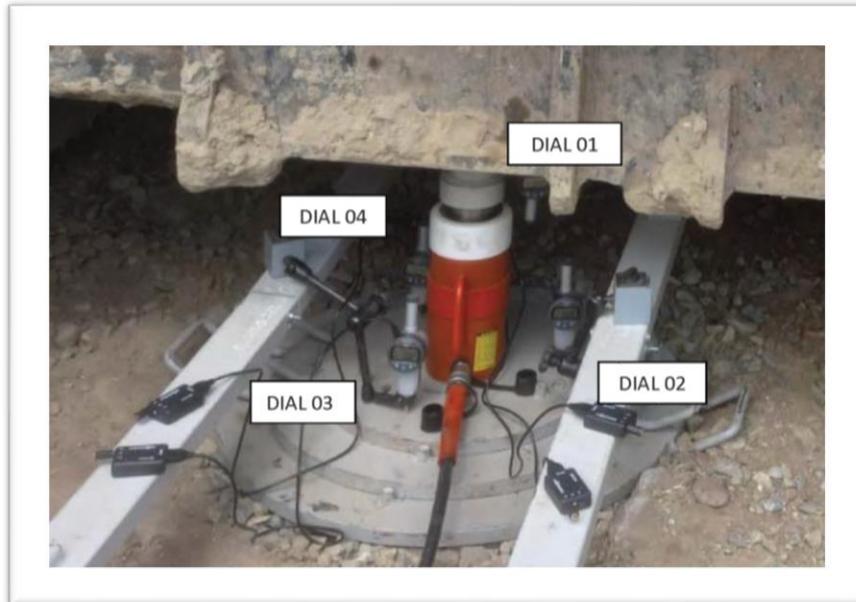


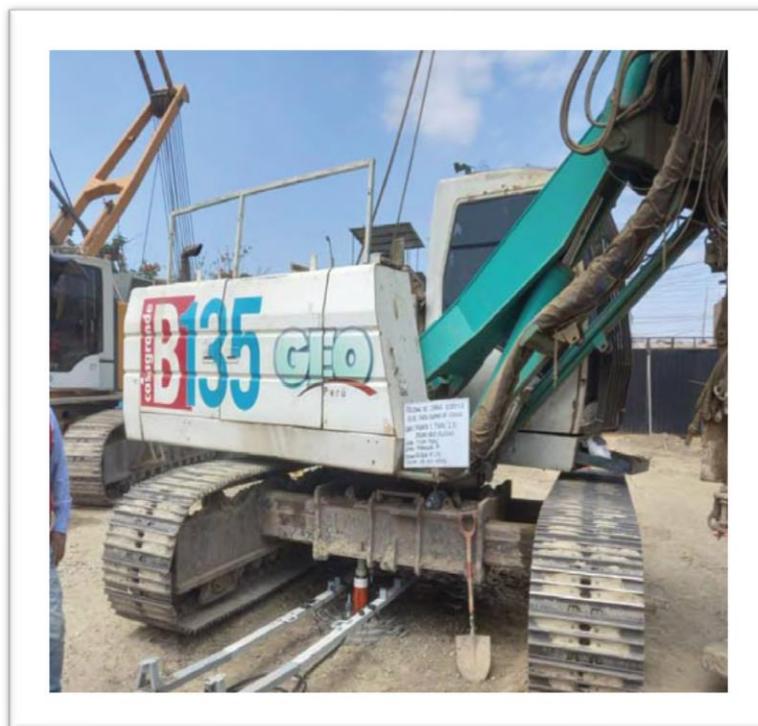
Figura 46. Comparativos resultados requeridos vs. Ensayos de calidad

En la figura 47 y 48. Observamos el análisis comparativo de los cálculos proyectados con los resultados de los ensayos de calidad de las columnas de grava dando como calculo que el esfuerzo admisible es  $2.23 \text{ kg/cm}^2$ ; desplazamiento de  $3.166 \text{ mm}$  y asentamiento de  $1.897 \text{ mm}$  dando la conformidad de los ensayos están dentro de los parámetros.



*Figura 47. Sistema de Ensayo en C.G*

Fuente. Ensayo de Calidad



*Figura 48. Prueba de Carga estática*

Fuente. Ensayo en Campo

Se realizó el cálculo de las 5 pilas de gravas en suelo mejorado obteniendo los siguientes resultados.

$$Q_{ult} = 2.230 \text{ Kg/cm}^2 = 10.17 \text{ ton}$$

$$\text{Desplazamiento Máximo } (\delta) = 3.166 \text{ mm}$$

$$\text{Asentamiento Permanente} = 1.897 \text{ mm}$$

**Tabla 27.** Resultado Pilas de grava (carga) desplazamientos

<b>PRESION</b>	<b>CARGA</b>	<b>PROMEDIO FINAL</b>
Kg/cm2	% MAX	mm
0	0%	0.01
0.1	5%	0.47
0.22	10%	0.769
0.33	15%	1.011
0.45	20%	1.282
0.56	25%	1.413
0.67	30%	1.673
0.78	35%	1.844
0.89	40%	1.909
1	45%	2.127
1.12	50%	2.257
1.23	55%	2.118
1.34	60%	2.54
1.45	65%	2.407
1.56	70%	2.543
1.78	80%	2.737
1.9	85%	2.868
2.01	90%	3.058
2.12	95%	3.123
2.23	100%	3.166

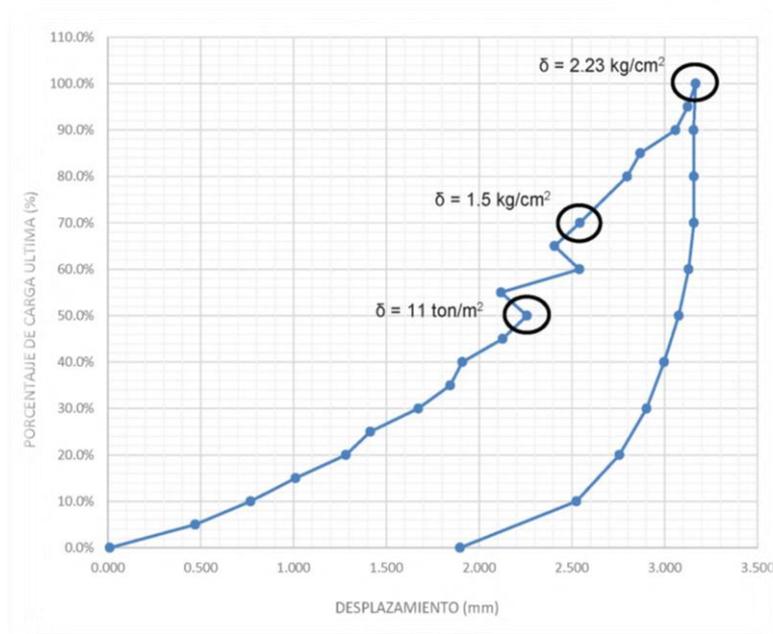
Fuente. Elaboración propia

**Tabla 28.** Resultado Pilas de grava(descarga) desplazamientos

PRESION kg/cm2	DESCARGA %MAX	PROMEDI (mm)
2.01	90%	3.155
1.78	80%	3.157
1.56	70%	3.157
1.34	60%	3.129
1.12	50%	3.075
0.89	40%	2.996
0.67	30%	2.902
1.45	20%	2.755
0.22	10%	2.524
0	0%	1.897

Fuente. Elaboración propia

En la tabla 27 y tabla 28 se tuvieron las medidas de 03 diales de desplazamientos equidistantes que estaban colocados con respectos a los discos de acero circulares de aplicación de carga a la cimentación, se verifica los desplazamientos del sistema de reacción.



**Figura 49.** Gráfico de Esfuerzo- Desplazamiento

En la figura 49 los valores obtenidos de los esfuerzos de la súper estructura en el ensayo ( $q_u = 2.230 \text{ kg/cm}^2$ ), produciendo un desplazamiento máximo de  $\xi = 0.3798 \text{ cm}$  y son menores a 11.43 que son los límites establecidos por la norma ASTM D1143 incluso menor a 7.62 cm que es lo indicado por la norma NTP 339.153/ASTM D1194.

### **Contrastación de hipótesis**

Prueba de normalidad

Paso 1: Planteamiento de normalidad

$H_0$ : (Potencial de licuefacción del suelo) Tiene licuefacción

$H_a$ : (Potencial de licuefacción del suelo) Tiene licuefacción

Paso: Nivel de significancia

$\alpha = 0.05$  (5%)

Paso 3: Elección de la prueba estadística

$n > 50$ ...K-s

$n \leq 50$  S-w

**Tabla 29. Prueba de Normalidad**

		PRUEBA DE NORMALIDAD <sup>a</sup>					
		Estadístico	Error estándar	Simulación de muestreo <sup>b</sup>			
Potencial de Licuefacción				Sesgo	Error estándar	Intervalo de confianza	
					Inferior	Superior	
Profundidad del suelo de muestras extraídas	Media	11.1136	0.86545	0.0185	0.8662	9.4966	12.8815
	95% de intervalo de confianza	9.1853					
	Límite inferior	13.0420					
	Límite superior	11.1374					
	Media recortada al 5%	11.3000		0.0169	0.9201	9.3495	12.9431
	Mediana	11.3000		0.0625	1.3658	8.5000	13.4000
	Varianza	8.239		-0.755	2.315	3.379	12.558
	Desv. estándar	2.87037		-0.16930	0.43417	1.83822	3.54378
	Mínimo	6.50					
	Máximo	15.30					
	Rango	8.80					
	Rango intercuartil	4.90		-0.22	1.30	2.28	7.35
	Asimetría	-0.213	0.661	-0.005	0.544	-1.377	0.855
	Curtosis	-1.115	1.279	0.309	0.988	-1.991	1.623
1.00	Media	4.3000	0.57735	-0.060 <sup>c</sup>	4.589 <sup>c</sup>	3.3000 <sup>c</sup>	5.3000 <sup>c</sup>
	95% de intervalo de confianza	1.8159					
	Límite inferior	6.7841					
	Límite superior	1.7977E+308 <sup>d</sup>		5.180 <sup>d</sup>	3.3000 <sup>d</sup>	5.3000 <sup>d</sup>	
	Media recortada al 5%	4.3000		-0.030 <sup>e</sup>	6.299 <sup>c</sup>	3.3000 <sup>e</sup>	5.3000 <sup>e</sup>
	Mediana	4.3000		-0.313 <sup>c</sup>	5.29 <sup>c</sup>	0.000 <sup>e</sup>	2.000 <sup>e</sup>
	Varianza	1.0000		-2.6271 <sup>c</sup>	3.7922 <sup>c</sup>	0.0000 <sup>e</sup>	1.41421 <sup>e</sup>
	Desv. estándar	1.00000					
	Mínimo	3.30					
	Máximo	5.30					
	Rango	2.00					
	Rango intercuartil			1.80E+308 <sup>d</sup>	70 <sup>d</sup>	0 <sup>d</sup>	2.00 <sup>d</sup>
	Asimetría	0.000	1.225	-0.080 <sup>e</sup>	1.269 <sup>e</sup>	-2.000 <sup>e</sup>	2.000 <sup>e</sup>
	Curtosis			1.798E+308 <sup>f</sup>	3.111 <sup>f</sup>	-6.000 <sup>f</sup>	5.000 <sup>f</sup>

a. Profundidad del suelo de muestras extraídas es constante cuando Potencial de Licuefacción = 1.00 en uno o más archivos segmentados. Se ha omitido.  
b. A menos que se indique lo contrario, los resultados de la simulación de muestreo se basan en 1000 muestras de simulación de muestreo  
c. Basado en 837 muestras  
d. Basado en 475 muestras  
e. Basado en 570 muestras  
f. Basado en 363 muestras

Regla de decisión:

Si  $p\text{-valor} \leq 0.05$

Se rechaza la hipótesis nula

$p\text{-valor} = 0.850$

$0.850 > 0.05$ ; entonces se acepta la hipótesis nula

**Conclusión.** En la tabla 29, los datos de la variable potencial del suelo, tienen normalidad con un nivel de significancia de 5%, usamos la correlación de Pearson ya que la variable tiene normalidad.

### Correlación de Pearson

Paso 1: planteamiento de potencial con licuefacción

Ho: el incremento del máximo potencial del suelo del suelo está relacionado con la profundidad del suelo mediante los sismos severos medianos

Ha: el incremento del máximo potencial del suelo del suelo no está relacionado con la profundidad del suelo mediante los sismos severos medianos

Paso 2: Nivel de significancia:

$\alpha=0.05$  (5%)

Paso 3: Prueba estadística (coeficiente de correlación de Pearson)

**Tabla 30.** *Correlación de la profundidad con el potencial de licuefacción.*

<b>Correlaciones</b>			
		Profundidad del suelo de muestras extraídas	Potencial de Licuefacción
Profundidad del suelo de muestras extraídas	Correlación de Pearson	1	.751**
	Sig. (bilateral)		.002
	N	14	14
Potencial de Licuefacción	Correlación de Pearson	.751**	1
	Sig. (bilateral)	.002	
	N	14	14
**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).			

Paso 4: Regla de decisión

Si  $p$ - valor  $\leq 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula

$0.751 > 0.05$  entonces se acepta la hipótesis nula

**Conclusión.** En la tabla 30, existe evidencia estadística para decir que la variable potencial del suelo no está relacionada con la profundidad del suelo por los sismos severos y leves. ( $r=0.751$ ).

## V. DISCUSIÓN

Discusión 1. Con respecto al estudios de penetración estándar del suelo y el estudio de mecánica del suelo para determinar el máximo potencial de licuefacción, con clasificación arcillosa y con presencia de sales son potencialmente licuables y la manera más apropiada de determinar es extrayendo las muestras y se obtiene un factor de seguridad menor a 1, con una tensión admisible de 1.33 kg/cm<sup>2</sup> y concuerdo con Falla (2021) que en su proyecto de investigación denominado “Propuesta de Mejoramiento de suelos licuables mediante el uso de columnas de grava en áreas portuarias-Puerto del Callao” dio como resultado que el suelo de la zona del puerto del callao es altamente soluble, y se encuentra compuesto por un suelo arenoso, cuyo factor de seguridad, en muchos de sus estratos, es menor a 1 y una tensión admisible de 1.45 kg/cm<sup>2</sup>, asimismo se determina en ambas investigaciones que los suelos costeros con presencia de mar tienen alta probabilidad de licuefacción.

Discusión 2. Para determinar el máximo potencial de licuefacción se obtuvo los valores aplicando factores sísmicos leves de 1.83 y severos 0.52 en diferentes estratos del suelo a las profundidades de 3.30 mtrs hasta los 5.30 mtrs se encuentra con mayor licuefacción y realizando la simulación para el análisis de la licuefacción por 30 años con un factor sísmico se obtuvo un mayor índice de licuefacción del suelo de 99.94% hasta el 50.7% y concuerdo con Valdiviezo (2019) en su proyecto de investigación “Uso de columnas de grava compactada para aumentar la capacidad portante del suelo en la avenida Sánchez Cerro entre la avenida Chulucanas y avenida Martires de Uchuraccay, ubicada en el distrito de Piura - provincia de Piura” en lo cual desarrollo los ensayos SPT en cuatro coordenadas de la sección en estudio, a partir de los cuales se pudo determinar las clasificaciones de los estratos: arena suelta, arena de densidad media y arena muy densa, y luego dieron los resultados de la dureza resultante, módulo de rigidez con valores de licuefacción del rango del 80% verificando el máximo potencial del suelo.

Discusión 3. Para determinar el esfuerzo y la capacidad admisible se obtuvo los siguientes valores de medición de la capacidad máxima su suelo mejorado de 1,50 kg/ cm<sup>2</sup> para asientos máximos de 0.25 cm y con cuerdo Campodónico y

Maldonado (2018), en su tesis de pregrado denominado "Diseño estructural y solución geotécnica para la construcción de un edificio de uso empresarial sobre suelos potencialmente licuables en la parroquia La Puntilla, Samborondón" donde determino que el análisis de licuefacción su medición de la capacidad admisible del suelo ya mejorado un 4.86 kg/cm<sup>2</sup> y 5.46 kg/cm<sup>2</sup> el cual en porcentajes se obtuvo un 69.94% de variación respecto al suelo sin mejorar. Igualmente estoy de acuerdo con la investigación de Camargo y Zapata (2017), en su investigación "Evaluación de la reducción del potencial de licuefacción usando la metodología de análisis de Seed & Idriss sobre ensayos de SPT realizados en el suelo arenoso del proyecto Outlet Premium Lurín mejorado con pilas de grava compactada" se basó en los nuevos resultados obtenidos con una reducción de los asentamientos del 72% con un suelo mejorado de 2.5 cm, y un incremento en el número del golpe en el ensayo de SPT del 106%, lo que validó la aplicación de las pilas de grava para reducir el potencial de licuefacción

Discusión 4. Para la ejecución de las columnas de grava compactada se aplica la prueba de calidad con los cálculos de esfuerzos admisibles para la obtención del asentamiento obteniendo como desplazamiento 3.166 mm hasta 1.897 mm y una esfuerzo admisible de 2.23 kg/cm<sup>2</sup> en lo cual concuerdo con Poblete M., Bustamante G., Born R. y Ulloa E., 2017), que en su proyecto de investigación denominado "Columna de piedra redonda, de la teoría a la práctica" que el suelo podría resistir la presión con suelo mejorado para eliminar los impactos. Sin embargo, con el peso propio estático, el asentamiento esperado debido a la naturaleza de la estructura (placa de cimentación) parecerá uniforme sin parecer obvio. Durante la construcción, estos asentamientos variaron en tamaño de 1 a 2 centímetros, por último, concuerdo Bautista y Mayorga (2018) que en su proyecto de investigación da como resultado que, al momento de aplicarle una fuerza simulado a un sismo, se evidencio que la columna de grava actúa como un sistema de drenaje, accediendo que el agua se dirija directamente al suelo, lo cual puede inferir la profundidad que se encuentra el nivel freático. De igual manera se concluyó que, las columnas de grava muestran una disminución evidente en los asentamientos ocurridos por la carga axial, mostrando diferencias del asentamiento

del suelo mejorado con el método versus al suelo sin mejorar obteniendo un porcentaje del 25% de reducción.

Discusión 5. Para determinar la calidad del ensayo aplicando las pilas de grava para su comprobación se realizó la prueba de carga estática arrojando los resultados de reducción de la mitigación con una mejora de asentamiento de 1.897 mm estando en el rango previsto de diseño de pilas de grava compactada y los estudios de penetración estándar, asimismo concuerdo con Sequeira (2017) que en su investigación tuvo la verificación experimentalmente de las columnas de grava en una capa de suelo licuado conduce a una reducción de los sedimentos relacionados con la licuefacción y que existe una relación proporcional entre la reducción de la licuefacción y la licuefacción del sedimento. y la ubicación de las columnas de grava y como resultado se tuvo el efecto de reductor la precipitación media en modelos de menor tamaño, logrando una tasa de mejora del 18% al 84%.

Asimismo, la nivelación se ha reducido a 3 mm (0,3 cm), lo cual es válido porque la norma E0.50 establece que la nivelación debe ser menor a 1 pulgada, y este dato nos da la seguridad de que la estructura no fue construida. Por el asentamiento y coincido con Salguero 2019 en su estudio “Análisis comparativo de varios métodos para el cálculo de co-estabilidad en suelos con gravas blandas”. El resultado del cálculo del asentamiento total mediante la técnica de Guiper es un valor de 0,0028 m, que equivale a 2,8 mm si asumimos que el suelo es débil por las características que presenta.

Discusión 6: Aplicamos el cálculo en la condición dinámica en lo cual obtuvimos el diseño de los pilotes (Perforado y Franki) en lo cual se verifica que el diseño tipo de pilote Franki con carga total de 126.57 ton y el sistema tipo perforado con 236.90 ton, asimismo se detalla el desplazamiento en el pilote perforado de 0.22 cm y Franki de 0.20 cm dichos resultados se aplicaron en condición estática y sísmica , en lo cual concuerdo con Cepeda, (2020) en su tesis denominada “ Análisis comparativo de cimentación profunda de un centro comercial con pilotes excavados y micropilotes”, en lo cual tuvo como resultados que a partir de una solución de microbase profunda, uno gana fuerza la capacidad de fricción representa el 13 % y

el 87 % de la capacidad de la carga , respectivamente en lo cual recomienda que lo pilotes Franki son más efectivos en el uso de la capacidad admisible y en costo.

Discusión 7. Para determinar el diseño de columnas de grava compactada mediante la verificación de los asentamientos se tuvo los siguientes resultados asentamientos debajo del suelo total 3.364 cm, asentamiento extremo total de 2.068cm y se obtuvo parámetros finales toreadables para aplicación de las pilas de grava ya en situ siendo las siguientes capacidades admisibles con suelo mejorado de 1.50 kg/cm<sup>2</sup> y asentamientos máximos de 0.25 cm. Y concuerdo con la tesis de investigación de Castro y Millán (2019) En su tesis analizaron la consolidación y deformación de columnas de grava, como resultados se obtuvo mayor rigidez, resistencia y permeabilidad al suelo, además de mejorar la capacidad de carga y la estabilidad de deslizamiento, reducen la cantidad de asentamiento, el tiempo requerido para realizar y la posibilidad de licuefacción con un desplazamiento máximo de 0.20 cm y con la capacidad admisible de 1.80 kg/cm<sup>2</sup>.

## VI. CONCLUSIONES

**Conclusión 1:** Se concluye que de acuerdo a los cálculos realizados se obtiene a una profundidad de 6.0 m el ensayo se establece una capacidad admisible de 1.33 kg/cm<sup>2</sup>, del análisis de licuación se identifica un estrato débil hasta la profundidad de 6m, por tanto, la cimentación proyectada debe superar ese estrato.

**Conclusión 2:** Se concluye que para el análisis de licuación se ha establecido un nivel freático crítico a la profundidad de 1m, se ha utilizado una aceleración igual a 0.45g y una magnitud sísmica Mw de 7.5.

**Conclusión 3:** Se concluye que, de acuerdo a los resultados de los ensayos de laboratorio, se evaluó la posibilidad de colapso, obteniendo un índice de colapso  $I_c = 0.13\%$ , el cual indica un grado de colapso leve.

**Conclusión 4:** Se llega a la conclusión que la pila de grava actúa como un drenante estructural para el mejoramiento del suelo ya que con las características obtenidas podemos mitigar los asentamientos hasta un 0.25 cm y con una carga admisible de 1.50 kg/cm<sup>2</sup>.

**Conclusión 5:** Se concluye que el criterio para dar aceptado de la cimentación profunda es que produce un asentamiento no mayor del 15% del diámetro diagonal de la sección de la cimentación con la aplicación de la carga máxima requerida. Para el caso de suelos y cimentaciones superficiales (NTP 339.153/ASTM D1194), el asentamiento sería no mayor al 10% del diámetro de la placa de carga mayor.

**Conclusión 6:** Se concluye que en las pruebas de carga estática fue aplicada hasta los valores de esfuerzos últimos requeridos por la super-estructura establecidos para el ensayo ( $q_u = 2.230 \text{ kg} = 2.230 \text{ kg/cm}^2$ ), produciendo un desplazamiento máximo de  $\xi = 0.3166 \text{ cm}$  que son menores a 11.43 cm que son los límites establecidos por la norma ASTM D1143; incluso menor a 7.62 cm que es lo indicado por la norma NTP 339.153/ASTM D1194.

Asimismo, tenemos que los desplazamientos máximos obtenidos en el ensayo también se encuentran dentro del rango del EMS indicando un valor máximo de 2.50 cm para un esfuerzo de 1.50 kg/cm<sup>2</sup> donde se obtuvo un desplazamiento de

$\xi = 0.2475$  cm (considerando un esfuerzo de  $3.00$  kg/cm<sup>2</sup> se tendría un desplazamiento máximo según la proyección de la pendiente obtenida en el ensayo de  $\xi = 0.450$  cm) esto quiere decir que las pruebas a las pilas de gravas cumplen con las cargas y desplazamientos requeridos.

## VII. RECOMENDACIONES

**Recomendación 1:** Se recomienda realizar más estudios de exploración geotécnica en los suelos peruano propensos a sufrir daños de licuefacción, para la elaboración de un mayor registro de datos para su análisis poder limitar las zonas obteniendo una mejor delimitación de la zona y actuar con alguna solución de refuerzos en los suelos.

**Recomendación 2:** Se recomienda determinar la ejecución de los cálculos de compactación debido a que esta influye en el terreno e identificar las fallas menores que puedan ocurrir en una estructura a causa de la licuefacción del suelo mal compactado y no mejorado, y las estructuras pueden llegar a agrietarse debido a esos fenómenos.

**Recomendación 3:** Se recomienda que se use las pilas de grava de compactada como mejoramiento de suelo en otras edificaciones ya que brinda el sostenimiento de las estructuras en caso ocurra un evento sísmico, cabe recalcar que el costo de este proceso es menor que el de las pilas de concreto (perforadas).

**Recomendación 4:** Se recomienda que después de realizar las pruebas estáticas de las pilas de grava compactada se brinde un control de sedimento al suelo en un periodo de 5 años.

**Recomendación 5:** Se recomienda que el uso de pilas de grava con método Franki es el más óptimo por que cumple con los parámetros de diseño cumpliendo las normativas, encontrándose dentro del parámetro y por último es proceso de construcción económico.

**Recomendación 6:** Para el proceso de colocación de pilas de gravas en el suelo ubicado en el colegio Jacobo en la ciudad de Catacaos se debe de identificar más canteras para la adquisición de gravas puesto que no se ubican proveedores en la zona y se tuvo que movilizar en el distrito de Castilla departamento de Piura.

**Recomendación 7:** De acuerdo a lo estipulado en la Norma Técnica de Edificación E050: Suelos y Cimentaciones (2018) deberá efectuarse adicionalmente, una

prueba de carga por cada lote o grupo de pilotes, con un mínimo de una prueba por cada 5 pilotes.

Cualquiera sea el pilote elegido, la construcción e instalación deberá garantizar mediante pruebas de carga que se alcancen las capacidades de carga consideradas en los diseños y el en el caso que sea requerido podrán incrementarse las longitudes de pilotes para alcanzar las capacidades de carga incluyendo los factores de seguridad estipulados en la Norma Técnica de Edificación E050: Suelos y Cimentaciones (2018).

## REFERENCIAS

1. **Alonso, José. 2017.** *Diseño basado en técnicas de fiabilidad del tratamiento de mejora del terreno mediante columnas de grava.* Madrid : Universidad Politécnica de Madrid, 2014. Disponible en <https://oa.upm.es/26409/>.
2. *An Updated Geospatial Liquefaction Model for Global Application.* **Zhu, Jing, Baise, Laurie and Thompson, Eric. 2017.** 3, 2017, Vol. 107, p. 1365. Disponible en : [https://An updated geospatial liquefaction model for global application | U.S. Geological Survey \(usgs.gov\)](https://An updated geospatial liquefaction model for global application | U.S. Geological Survey (usgs.gov))
3. .MUÑOZ Rocha, Carlos I. Metodología de la investigación [en línea]. 1º edición, México, Editorial Progreso S.A de C.V, 2016 [Fecha de consulta: 29 de noviembre del 2021]. Disponible en: <https://corladancash.com/wpcontent/uploads/2019/08/56-Metodologia-de-la-investigacion-Carlos-I.-Munoz-Rocha.pdf> ISBN 9786074265422
4. **Bautista, Darwin and Mayorga, Eric. 2018.** *Análisis del mejoramiento de suelos empleando el método de columnas de grava (tesis de pregrado).* Universidad Pontificia Bolivariana. Bucaramanga : s.n., 2018. Disponible en : [https://digital\\_36374.pdf](https://digital_36374.pdf) (upb.edu.co).
5. Boulanger & Idriss. 2008. Soil Liquefaction During Earthquake, Oakland: Earthquake Engineering Reserach Institute. Disponible en: [https://:Soil liquefaction during earthquakes | Request PDF \(researchgate.net\)](https://Soil liquefaction during earthquakes | Request PDF (researchgate.net)).
6. **Camargo, Drusso and Zapata , Nicole. 2017.** *Evaluación de la reducción del potencial de licuefacción usando la metodología de análisis de SEED & IDRISS sobre ensayos de SPT realizados en el suelo arenos del proyecto outlet premium Lurín mejorado con pilas de grava compactada (tesis de pregrado).* Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima : s.n., 2017. Disponible en : <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/623041>
7. **Campodónico, Alfredo and Maldonado, Daniel. 2018.** *Diseño estructural y solución geotécnica para la construcción de un edificio de uso empresarial*

- sobre suelos potencialmente licuables en la parroquia La Puntilla, Samborondón (tesis de pregrado)*. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil : s.n., 2018. Disponible en:  
[https://rraae.cedia.edu.ec/Record/ESPOL\\_b4393917594dfe8447b556c7fda16b85](https://rraae.cedia.edu.ec/Record/ESPOL_b4393917594dfe8447b556c7fda16b85).
8. **Carrasco, S. 2017.** *Metodología de la investigación científica*. Lima : Editorial San Marcos, 2017. Disponible en: [https:// METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION CIENTIFICA - San Cristobal Libros SAC. Derechos Reservados](https://METODOLOGIA_DE_LA_INVESTIGACION_CIENTIFICA_-_San_Cristobal_Libros_SAC._Derechos_Reservados).
  9. **Castro, Jorge and Millán, César. 2008.** *Análisis teórico de la consolidación y deformación alrededor de columnas de grava. Tesis*. Santander : Universidad de Cantabria, 2008. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=13695>
  10. *Construyendo formalidad. Cámara Peruana de la Construcción. 2018.* 344-345, 2018, Construcción e industria, Vol. 52, p. 3. Disponible en [https://www.capeco.org/storeimagenes/files/documentos/CONSTRUYENDO\\_FORMALIDAD\\_OCT\\_-\\_2018.pdf](https://www.capeco.org/storeimagenes/files/documentos/CONSTRUYENDO_FORMALIDAD_OCT_-_2018.pdf).
  11. *CPT-Based Liquefaction Triggering Procedure. Boulanger, Ross and Idriss, I. 2016.* 2, 2016, Vol. 142. Disponible en: [https://escholarship.org/content/qt6mh5q86w/qt6mh5q86w\\_noSplash\\_d58ad6abe6045f5518a5f19eba757445.pdf](https://escholarship.org/content/qt6mh5q86w/qt6mh5q86w_noSplash_d58ad6abe6045f5518a5f19eba757445.pdf)
  12. **Falla, Percy. 2021.** *Propuesta de Mejoramiento de suelos licuables mediante el uso de columnas de grava en áreas portuarias-Puerto del Callao (tesis de pregrado)*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima : s.n., 2021.
  13. **Geoquantics. 2020.** Problemas geotécnicos en suelos: licuefacción y sifonamiento. [Online] mayo 27, 2020.  
<https://geoquantics.com/2020/05/27/problemas-geotecnicos-suelos-licuefaccion-sifonamiento/>.

14. **Geotecnia facil. 2021.** Geotecnia facil. [Online] 2021. [Cited: octubre 26, 2021.] <https://geotecniafacil.com/ensayo-de-penetracion-estandar-spt/>. Disponible en: <https://geotecniafacil.com>.
15. **Hernández, A, et al. 2018.** *Metodología de la Investigación Científica*. Alicante : Editorial Área de Innovación y Desarrollo, S.L, 2018. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/322938332\\_Metodologia\\_de\\_la\\_investigacion\\_cientifica](https://www.researchgate.net/publication/322938332_Metodologia_de_la_investigacion_cientifica).
16. **Hernández, R., Fernández, C. and Baptista, P. 2014.** *Metodología de la investigación*. 6ta. D.F. : McGraw-Hill Interamericana, 2014. Disponible en <https://nodo.ugto.mx/wp-content/uploads/2017/03/Metodologia-de-la-Investigacion.pdf>
17. **Herriko, Euskal. 2017.** Quimica.es. [Online] 03 09, 2017. [Cited: octubre 25, 2021.] <https://www.quimica.es/noticias/162327/estabilizacin-de-suelos-con-sulfatos-para-mejorar-sus-propiedades-constructivas.html>.
18. **Ishihara, K & M.Yoshimine.** 1992. Evaluation of settlements in sand deposits following liquefaction during earthquakes, *Soils and Foundations* 32 (1). Disponible en: [https://www.jstage.jst.go.jp/article/sandf1972/32/1/32\\_1\\_173/\\_article/-char/en](https://www.jstage.jst.go.jp/article/sandf1972/32/1/32_1_173/_article/-char/en).
19. **Jefferies, Mike and Been, Ken. 2016.** *Soil liquefaction. A critical state approach*. Boca Raton : CRC Press, 2016. 13-978-1-4822-1367-6. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12665-016-5600-y>
20. *Key Trends in Liquefaction-Induced Building Settlement.* **Macedo, Jorge and Bray, Jonathan. 2018.** 11, 2018, Vol. 144.
21. **Maquinaria para cimentaciones especiales. 2013.** Qué es el sistema de pilotes Franki. *Maquinaria para cimentaciones especiales*. [Online] julio 13, 2013. [Cited: mayo 19, 2022.] <https://maquinariacimentaciones.wordpress.com/2013/07/15/que-es-el-sistema-de-pilotes-franki/>.

22. *Next-generation liquefaction database*. **Brandenberg, Scott, Zimmaro, Paolo and Stewart, Jonathan. 2020.** 2, 2020, Vol. 36. Disponible en : <https://pubs.geoscienceworld.org/earthquake-spectra/article-abstract/36/2/939/587093/Next-generation-liquefaction-database>
23. **Orozco, K and Seminario, L. 2020.** *Estudio de métodos de prevención y mitigación contra la licuefacción en los suelos de Piura.* (tesis de pregrado). Universidad de Piura. Piura. disponible en: <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/4726> : s.n., 2020.
24. **Ortuño, Luis. 2018.** *Vibroflotación. Columnas de grava.* Madrid : s.n., 2005. Disponible en: <https://vdocumento.com/columnas-de-grava-ejecucin-las-columnas-de-grava-se-realizan-con-ayuda-de-un.html>
25. **Palomino, J., y otros. 2015.** *Metodología de la investigación.* Lima : San Marcos, 2015. Disponible en: [https://drive.google.com/file/d/1OzAyRwb\\_hGWHFOuhs6iWpFv8bstIXLfs/view](https://drive.google.com/file/d/1OzAyRwb_hGWHFOuhs6iWpFv8bstIXLfs/view).
26. **Pando, M. 2020.** Introducción al fenómeno de licuación sísmica. [Online] enero 17, 2020. <https://www.uprm.edu/riseup/wp-content/uploads/sites/223/2020/02/Introducci%C3%B3n-a-la-licuaci%C3%B3n.pdf>.
27. **Park, C., Miller, R., Xia, J., & Ivanov, J. 2001.** "Seismic characterization of geotechnical sites by Multichannel Analysis of Surfaces Waves (MASW) method". Tenth International Conference on Soil Dynamics and Earthquake Engineering (SDEE), Philadelphia. Disponible en: [https://expservices.ku.edu/sites/expservices.drupal.ku.edu/files/docs/2001/Park%20et%20al%20\\_2001\\_%20Multichannel%20analysis%20of%20surface%20waves%20for%20pavement.pdf](https://expservices.ku.edu/sites/expservices.drupal.ku.edu/files/docs/2001/Park%20et%20al%20_2001_%20Multichannel%20analysis%20of%20surface%20waves%20for%20pavement.pdf)
28. **Yepes, Victor. 2021.** Columnas de módulo controlado. [Online] enero, 2021. Columnas de módulo controlado – El blog de Víctor Yepes (upv.es) Disponible en: <https://victoryepes.blogs.upv.es/2021/01/08/columnas-de-modulo-controlado/>

29. **Pusaclla, Luis. 2017.** *Los suelos con alto contenido de sales influyen en los daños en viviendas autoconstruidas en la zona II de Tahuantinsuyo - Independencia.* Lima : Universidad César Vallejo, 2017. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/23119>
30. *Recent developments of soil improvement methods for seismic liquefaction mitigation.* **Huang, Yu and Wen, Zhuoqiang. 2015.** 2015, Vol. 76. Disponible en: <https://ideas.repec.org/a/spr/nathaz/v76y2015i3p1927-1938.html>
31. **Redpath, B., B. (1973),** "Seismic Refraction Exploration for Engineering Site Investigations", Explosive Excavation Research Laboratory Livermore, California, U.S.A. Disponible: <http://www.wgeosoft.ch/Document/redpath.pdf>
32. Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma Técnica de Edificación E030: Diseño Sismorresistente (2018) y sus modificaciones (2019). Lima, Perú. Disponible en <https://insitel.pe/norma-e030-diseno-sismorresistente/>
33. Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma Técnica de Edificación E050: Suelos y Cimentaciones (2018). Lima, Perú. Disponible en: [http://www3.vivienda.gob.pe/documentos/documentos\\_ds\\_010/4/E\\_050\\_Suelos\\_y\\_Cimentaciones.pdf](http://www3.vivienda.gob.pe/documentos/documentos_ds_010/4/E_050_Suelos_y_Cimentaciones.pdf)
34. **Rodríguez, Isidro. 2017.** *Susceptibilidad de licuación en un suelo.* Mexico : s.n., 2017. Disponible en: [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-71062021000200333](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-71062021000200333).
35. **RSN. 2019.** Red Sismológica Nacional. [Online] agosto 03, 2019. [Cited: octubre 11, 2021.] <https://rsn.ucr.ac.cr/documentos/educativos/geologia/571-licuacion-de-suelos-durante-terremotos>.
36. **Salguero, Flavio. 2019.** *Análisis comparativo de algunos métodos usuales de cálculo de asentamientos en suelos blandos con inclusiones de grava.* México : Universidad Nacional Autónoma de México, 2009. Disponible en: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/2698>

37. **SENCICO. 1997.** Norma E.050. Reglamento nacional de construcciones.  
Lima : s.n., 1997.  
[https://www.academia.edu/8774708/REGLAMENTO\\_NACIONAL\\_DE\\_CONSTRUCCIONES](https://www.academia.edu/8774708/REGLAMENTO_NACIONAL_DE_CONSTRUCCIONES)
38. **Sequeira, Natalia. 2017.** *Mitigación de licuefacción aplicando el reforzamiento de columnas de grava compactada (Tesis de pregrado)*. Universidad de Costa Rica. Costa Rica : s.n., 2017.  
<http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/handle/123456789/5940>
39. *Soil liquefaction mitigation in geotechnical engineering: An overview of recently developed methods*. **Bao, Xiaohua, et al. 2019.** 2019, Vol. 120. [https://e-tarjome.com/storage/panel/fileuploads/2019-08-29/1567069600\\_E13230-e-tarjome.pdf](https://e-tarjome.com/storage/panel/fileuploads/2019-08-29/1567069600_E13230-e-tarjome.pdf)
40. *The timing of liquefaction and its utility in liquefaction hazard evaluation*.  
**Kramer, S, Sideras, S and Greenfield, M. 2016.** 2016, Vol. 91.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0267726116301038>
41. *Update on the occurrence of the soil liquefaction phenomenon in Perú*.  
**Hurtado, J and Salas, O. 2020.** 2, 2020, Tecnia, Vol. 30, pp. 6-17.  
<http://www.scielo.org.pe/pdf/tecnica/v30n2/2309-0413-tecnica-30-02-6.pdf>
42. **Valdiviezo, Kevin. 2019.** *Uso de columnas de grava compactada para aumentar la capacidad portante del suelo en la avenida Sánchez Cerro entre la avenida Chulucanas y avenida Martires de Uchuraccay, ubicada en el distrito de Piura - provincia de Piura (tesis de pregrado)*. Universidad Nacional de Piura. Piura : s.n., 2019. Disponible en :  
[https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUMP\\_65f2e3e74cab941597cfb3a35c1956d4/Description](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUMP_65f2e3e74cab941597cfb3a35c1956d4/Description)

## ANEXOS

### Anexo 1. Matriz de operacionalización.

<b>Título:</b> Análisis de la mitigación de licuefacción de suelo aplicando el diseño de columnas de grava compactada en el proyecto Colegio Jacobo, Catacaos, Piura 2021					
<b>Autores :</b> Ruiz Ortiz Sofia del Pilar -Pineda Alcala Erick					
<b>Variables</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Escala</b>
			Propiedades del agua	Sulfatos solubles agua del subsuelo	Escala cuantitativa o numérica de razón
<b>Variable</b>	Es un fenómeno en el que un terreno	El potencial de licuefacción de un suelo es			
			Propiedades del suelo Potencial de la licuefacción	Estudio de mecánica de SPT	Escala cuantitativa o numérica de razón
			Capacidad portante	SPTY SEED & IDRIS	Escala cuantitativa o numérica de razón
<b>Variable</b>	Es un método alternativo de refuerzo y	El método de las columnas de grava se compactar grava contra él <sup>34</sup> .			
			Costos y tiempo	Costos y tiempo	Escala cuantitativa o numérica de razón

## Anexo 2. Matriz de Consistencia

ANEXO 2: Matriz de consistencia								
Título: "Análisis de la mitigación de licuefacción del suelo aplicando el diseño de columnas de grava compactada en el Colegio Jacobo,Catacaos,Piura 2022"								
Autores: RUIZ ORTIZ SOFIA , PINEDA ALCALA ERICK								
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Metodología	
Problema General:	Objetivo general:	Hipótesis general:	Variable 1 Variable independiente: Licuefacción del suelo.	Propiedades del agua	Sulfatos solubles del agua del subsuelo	Norma E.060	Tipo de investigación Cuantitativo	
Problema General: ¿De qué manera se puede analizar la mitigación de licuefacción aplicando el reforzamiento de columnas de grava compactada en el proyecto Colegio Jacobo Piura 2022?	Realizar el análisis de la mitigación de licuefacción aplicando el diseño de columnas de grava compactada en el proyecto Colegio Jacobo, Catacaos, Piura 2022	El diseño para el reforzamiento de columnas de grava compactada mitiga la licuefacción de suelos en el proyecto del Colegio Jacobo, Catacaos, Piura - 2022		Propiedades del suelo , asentamientos, resistividad del suelo , suelos licuables	Capacidad Admisible, resistividad del terreno, potencial de licuefacción , Grado de agresividad	Norma E.030/ estudios de mecánica de suelo y sondajes MASW Y MAM		ASTM D-1586/ SPT
				Potencial de la licuefacción	Capacidad admisible del suelo, Máximo Asentamiento , Angulo de fricción y cohesión			
Problemas Específicos:	Objetivos específicos:	Hipótesis específicas:	Variable 2 Diseño de columnas de grava compactada.	Potencial de la licuefacción con actividad sísmica	Asentamiento tolerable, ondas sísmicas, extractos del suelo	ASTM D420- D2488- NTP339.035 AASHTO T1119M / The International Building Code (IBC) (2015) edition/ASCE/SEI7, 2016	Enfoque de investigación Aplicada  El diseño de la investigación Descriptiva, experimental	
¿Cuál es el potencial de licuefacción del suelo según los ensayos de penetración estándar SPT en el proyecto Colegio Jacobo, Catacaos, Piura 2022?	Determinar el potencial de licuefacción del suelo a través de ensayos de penetración estándar SPT en el proyecto Colegio Jacobo, Catacaos, Piura 2022	De acuerdo al ensayo de penetración estándar SPT existe potencial de licuefacción del suelo en el proyecto Colegio Jacobo Catacaos, Piura - 2022.		Capacidad portante	Asentamientos por el potencial de licuefacción  Calculo de Asentamiento, ángulo de rozamiento, el módulo de deformación y la cohesión	Norma E.050 Norma E.060  THE DESING OF VIBROREPLACEMENT - PRIEBE 1995		
¿Cuál es el diseño de columnas de grava para mitigar el potencial de licuefacción del suelo en el proyecto Colegio Jacobo, Catacaos, Piura 2022?	Obtener un diseño de columnas de grava para mitigar el potencial de licuefacción del suelo en el proyecto Colegio Jacobo, Catacaos, Piura 2022.	El diseño de columnas de grava obtenido, permite mitigar el potencial de licuefacción del suelo en el proyecto Colegio Jacobo Catacaos, Piura - 2022.		Condiciones estáticas Condiciones Sísmicas Agresividad del suelo a la cimentación	Capacidades por Compresión, Tracción y Asentamientos de los Pilotes, Carga axial de la cimentación , presión admisible	Norma Técnica de Edificación E.030 Diseño sísmoresistente Norma técnica de edificación E.50 , E.60		El nivel de la investigación: no experimental transeccional  Población: área de 120 m2 del suelo del colegio Jacobo Muestra : área de terreno de 120 m2 y 5 calcatas de una profundidad máxima de 6 metros
¿De qué manera se puede analizar la mitigación de licuefacción aplicando el reforzamiento de columnas de grava compactada en el proyecto Colegio Jacobo Piura 2022?	Realizar el análisis de la mitigación de licuefacción aplicando el diseño de columnas de grava compactada en el proyecto Colegio Jacobo, Catacaos, Piura 2022	El diseño para el reforzamiento de columnas de grava compactada mitiga la licuefacción de suelos en el proyecto del Colegio Jacobo, Catacaos, Piura - 2022	Variable 1 Variable independiente: Licuefacción del suelo.	Propiedades del agua	Sulfatos solubles del agua del subsuelo	Norma E.060	Tipo de investigación Cuantitativo	
Problema General: ¿De qué manera se puede analizar la mitigación de licuefacción aplicando el reforzamiento de columnas de grava compactada en el proyecto Colegio Jacobo Piura 2022?	Realizar el análisis de la mitigación de licuefacción aplicando el diseño de columnas de grava compactada en el proyecto Colegio Jacobo, Catacaos, Piura 2022	El diseño para el reforzamiento de columnas de grava compactada mitiga la licuefacción de suelos en el proyecto del Colegio Jacobo, Catacaos, Piura - 2022	Variable 1 Variable independiente: Licuefacción del suelo.	Propiedades del suelo , asentamientos, resistividad del suelo , suelos licuables	Capacidad Admisible, resistividad del terreno, potencial de licuefacción , Grado de agresividad	Norma E.030/ estudios de mecánica de suelo y sondajes MASW Y MAM		
				Potencial de la licuefacción	Capacidad admisible del suelo, Máximo Asentamiento , Angulo de fricción y cohesión	ASTM D-1586/ SPT		
¿Cuál es el potencial de licuefacción del suelo según los ensayos de penetración estándar SPT en el proyecto Colegio Jacobo, Catacaos, Piura 2022?	Determinar el potencial de licuefacción del suelo a través de ensayos de penetración estándar SPT en el proyecto Colegio Jacobo, Catacaos, Piura 2022	De acuerdo al ensayo de penetración estándar SPT existe potencial de licuefacción del suelo en el proyecto Colegio Jacobo Catacaos, Piura - 2022.	Variable 2 Diseño de columnas de grava compactada.	Potencial de la licuefacción con actividad sísmica	Asentamiento tolerable, ondas sísmicas, extractos del suelo	ASTM D420- D2488- NTP339.035 AASHTO T1119M / The International Building Code (IBC) (2015) edition/ASCE/SEI7, 2016	Enfoque de investigación Aplicada  El diseño de la investigación Descriptiva, experimental	
¿Cuál es el diseño de columnas de grava para mitigar el potencial de licuefacción del suelo en el proyecto Colegio Jacobo, Catacaos, Piura 2022?	Obtener un diseño de columnas de grava para mitigar el potencial de licuefacción del suelo en el proyecto Colegio Jacobo, Catacaos, Piura 2022.	El diseño de columnas de grava obtenido, permite mitigar el potencial de licuefacción del suelo en el proyecto Colegio Jacobo Catacaos, Piura - 2022.		Capacidad portante	Asentamientos por el potencial de licuefacción  Calculo de Asentamiento, ángulo de rozamiento, el módulo de deformación y la cohesión	Norma E.050 Norma E.060  THE DESING OF VIBROREPLACEMENT - PRIEBE 1995		
¿De qué manera determinamos el óptimo diseño entre las pilotes de concreto y las columnas de grava compactadas como alternativa de reforzamiento del suelo, en el Colegio Jacobo, Catacaos, Piura 2022?	Definir la mejor alternativa de reforzamiento de pilas de grava vs los pilotes de concreto para el mejoramiento del suelo en el colegio Jacobo, Catacaos, Piura 2022	El diseño nos brindara un analisis comparativo para definir la ejecución del reforzamiento del suelo considerando tiempo, costo y medio ambiente en el Colegio Jacobo, Catacaos, Piura 2022.		Condiciones estáticas Condiciones Sísmicas Agresividad del suelo a la cimentación	Capacidades por Compresión, Tracción y Asentamientos de los Pilotes, Carga axial de la cimentación , presión admisible	Norma Técnica de Edificación E.030 Diseño sísmoresistente Norma técnica de edificación E.50 , E.60		El nivel de la investigación: no experimental transeccional  Población: área de 120 m2 del suelo del colegio Jacobo Muestra : área de terreno de 120 m2 y 5 calcatas de una profundidad máxima de 6 metros

<p>¿De qué manera determinamos la mejor alternativa de diseño de pilotes perforados vs franki para el mejoramiento del suelo en el colegio Jacobo, Catacaos, Piura 2022?</p>	<p>Definir la mejor alternativa de diseño de pilotes perforados vs los pilotes de Franki para el mejoramiento del suelo en el colegio Jacobo, Catacaos, Piura 2022.</p>	<p>Al determinar el mejor diseño de pilote podremos ejecutarlo y definir los asentamientos para mitigar la licuefacción del suelo en el proyecto colegio Jacobo Piura 2022.</p>		<p>Carga total , desplazamiento total, capacidad admisible</p>	<p>Condicion estatica , Condicion Dinamica</p>	<p>ASTM D1194, NTP 339.153 , Reglamento Nacional de Edificaciones</p>	<p>Instrumentos: Ficha de recolección de datos</p> <p>Muestreo no probabilístico - porque no se registran a procedimientos estadísticos.</p>
<p>¿Cuál es la máxima capacidad de carga admisible para determinar el diseño de pilote más óptimo para aplicar el mejoramiento de mitigación de licuefacción en el colegio Jacobo Piura 2022?</p>	<p>Determinar y comparar la capacidad de carga admisible máxima por pilote tipo perforado vs. Franki</p>	<p>Determinar y comparar la capacidad de carga admisible máxima por pilote tipo perforado vs. Franki para el mejoramiento del suelo en el colegio Jacobo Catacaos Piura 2022.</p>		<p>Diametro Capacidad admisible, cargas por pilotes</p>	<p>Carga por compresion condicion estatica ,Carga por traccion condicion sismica</p>	<p>Norma E.030/ estudios de mecanica de suelo ,SPT</p>	
<p>De que manera determinamos los desplazamientos mediante la prueba de carga estatica para ejecución de las columnas de grava compactada en el colegio Jacobo, Piura, 2022?</p>	<p>Determinar los desplazamientos mediante la prueba de carga estática por la ejecución de las columnas de grava compactada en el colegio Jacobo, Piura, 2022.</p>	<p>Determinar los desplazamientos y cargas estatica mediante la prueba de calidad aplicado a la columna de grava compactada para mitigar la licuefacción del suelo en el colegio Jacobo, Catacaos, Piura 2022.</p>		<p>Carga estatica</p>	<p>esfuerzo admisible , desplazamiento, asentamientos</p>	<p>ASTM D1143,NTP 339.153/ASTM D1194</p>	



### FICHA DE REGISTRO SPT

**PROYECTO** : ANALISIS DE LA MITIGACION DE LICUEFACCION DE SUELO APLICANDO EL REFORZAMIENTO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL PROYECTO COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2021.  
**UBICACIÓN** : CATACAOS - PIURA  
**SOLICITANTE** : RUIZ ORTIZ SOFIA DEL PILAR  
 : PINEDA ALCALA ERICK

**SONDEO** : SPT - 01  
**PROFUNDIDAD** : 0.00 m  
**N.F.** : 4.00m

**COORDENADAS UTM WGS 84**  
**MDRTE** : 9 418 314 m.  
**ESTE** : 536 980 m.  
**COTA** : 24 m.s.n.m.

PROF. H (m)	N 15	DESCRIPCIÓN DEL SUELO	SUCS	N SPT	CORRELACION		# GOLPES / 0.15 m
					$\phi$ [°]	$c'$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	
1.00	1	LIMO ARENOSO DE BAJA PLASTICIDAD	ML	-	-	-	10
2.00	2	LIMO ARENOSO DE BAJA PLASTICIDAD	ML	-	-	-	10
3.00	3	LIMO ARENOSO DE BAJA PLASTICIDAD	ML	-	-	-	10
4.00	4	LIMO ARENOSO DE BAJA PLASTICIDAD	ML	-	-	-	10
5.00	5	LIMO ARENOSO DE BAJA PLASTICIDAD	ML	-	-	-	10
6.00	6	LIMO ARENOSO DE BAJA PLASTICIDAD	ML	-	-	-	10
7.00	7	LIMO ARENOSO DE BAJA PLASTICIDAD	ML	-	-	-	10
8.00	8	ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD	CL	-	-	-	10
9.00	9	ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD	CL	-	-	-	10
10.00	10	ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD	CL	-	-	-	10
11.00	11	ARENA LIMOSA	SM	-	-	-	10
12.00	12	ARENA LIMOSA	SM	-	-	-	10
13.00	13	ARENA LIMOSA	SM	-	-	-	10
14.00	14	ARENA LIMOSA	SM	-	-	-	10
15.00	15	ARENA LIMOSA	SM	-	-	-	10
16.00	16	ARENA LIMOSA	SM	-	-	-	10

**OBSERVACIONES:**

La profundidad del ensayo hace referencia al nivel del suelo.

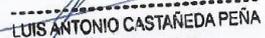
Validez de Expertos

Exp 1A  
  
 CARLOS MARTÍN BAUTISTA  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 47900

Exp 2:

  
 Roger C. Ariaga Díaz  
 ING. CIVIL  
 R. CIP. 78663

Exp 3:

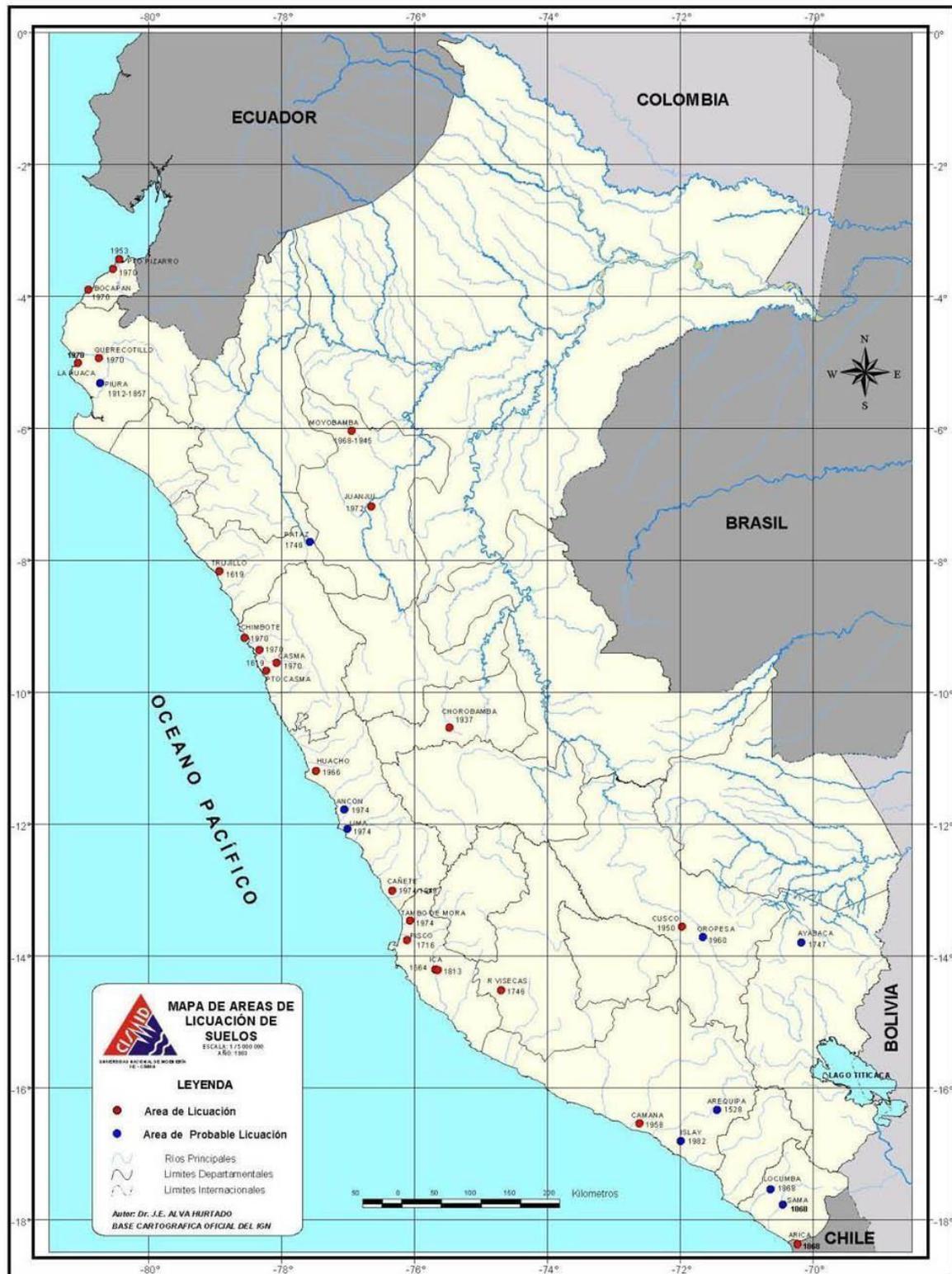
  
 LUIS ANTONIO CASTAÑEDA PEÑA  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 084875

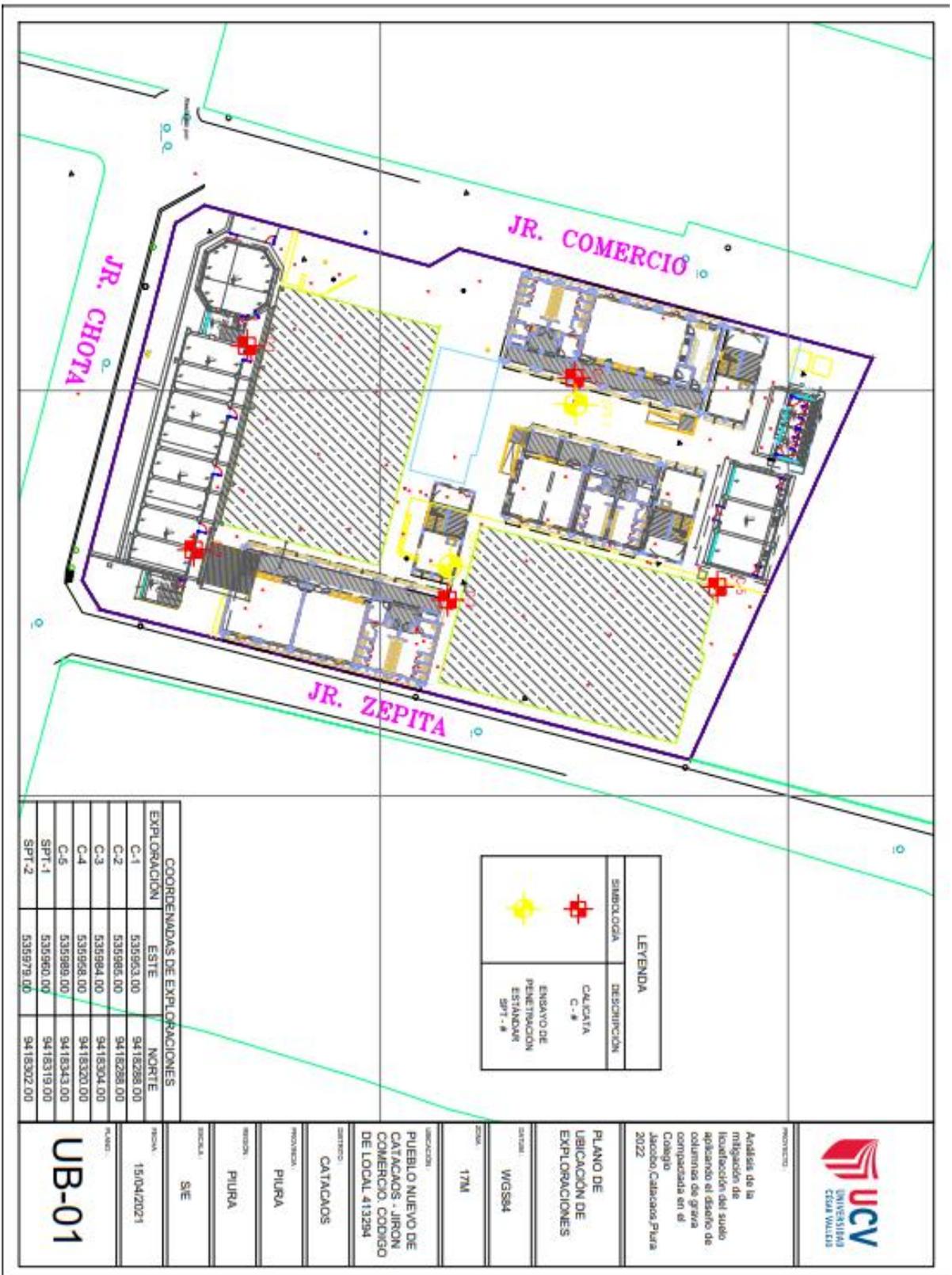
#### **Anexo 4. Normativas.**

Las normas utilizadas para el presente proyecto de investigación a realizar estarán en conformidad con la normatividad vigente:

- Reglamento Nacional de Edificaciones
- E.030 Diseño Sismorresistente
- E.050 Suelos y Cimentaciones
- E.060 Concreto Armado
- The Design of vibroreplacement – Priebe (1995)
- Concreto Armado (2009). Lima, Perú.

## Anexo 5. Mapas y planos.





ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LA LOCALIZACIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL CATEGORÍA II  
 Callejón Catatacos, Piura 2022

PLANO DE UBICACIÓN DE EXPLORACIONES

CANTONAL WIGS84

ZONA 17N

UBICACIÓN PUEBLO NUEVO DE CATAACOS - JIRÓN COMERCIO. CODIGO DE LOCAL 413294

CANTONAL CATAACOS

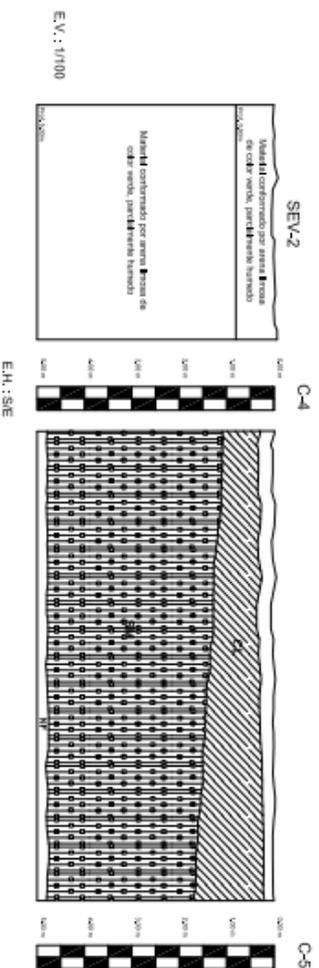
PROVINCIAL PIURA

REGIONAL PIURA

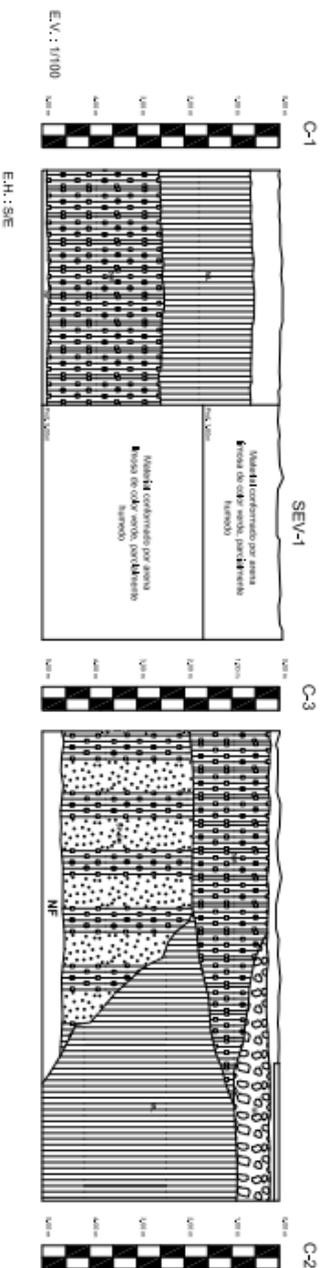
NACIONAL SIE

FECHA 15/04/2021  
 PLAN UB-01

# PERFIL ESTRATIGRÁFICO LONGITUDINAL



# PERFIL ESTRATIGRÁFICO TRANSVERSAL



LEYENDA			
SIMBOLOGIA	ABREVIATURA	DESCRIPCION	DESCRIPCION
	CL	Material de tipo (describa)	Material de tipo (describa)
	SM	Material de tipo (describa)	Material de tipo (describa)
	SP-SM	Material de tipo (describa)	Material de tipo (describa)
	ML	Material de tipo (describa)	Material de tipo (describa)
	GP	Material de tipo (describa)	Material de tipo (describa)
	NF	Material de tipo (describa)	Material de tipo (describa)

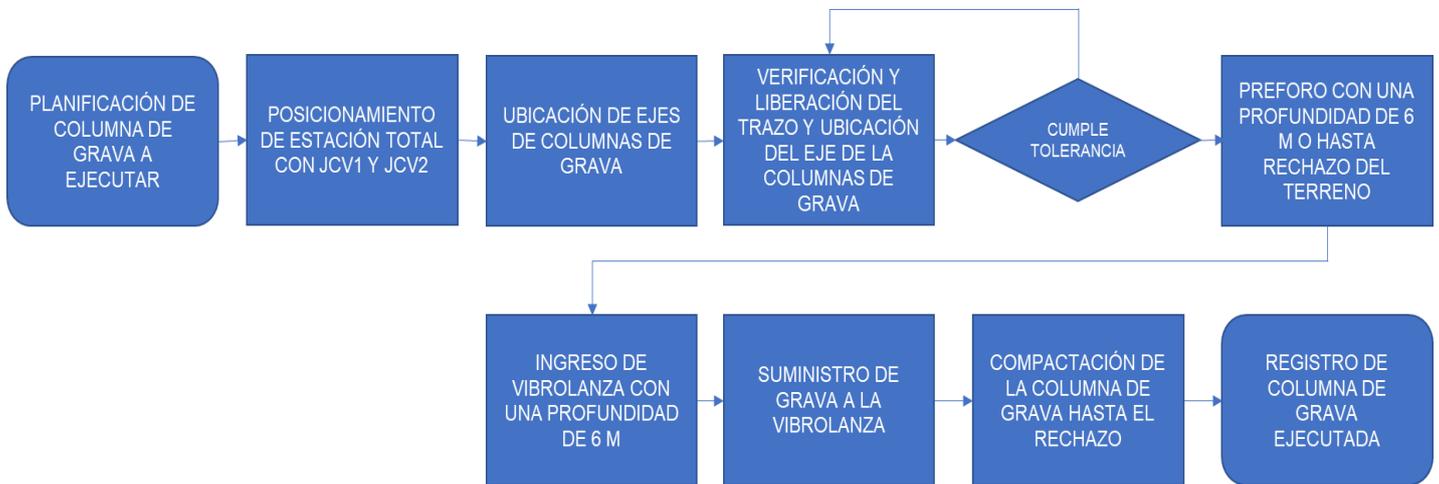
C-1, C-2: CALICATAS  
SEV-1, SEV-2: SONDAJES  
ELECTRICOS VERTICALES

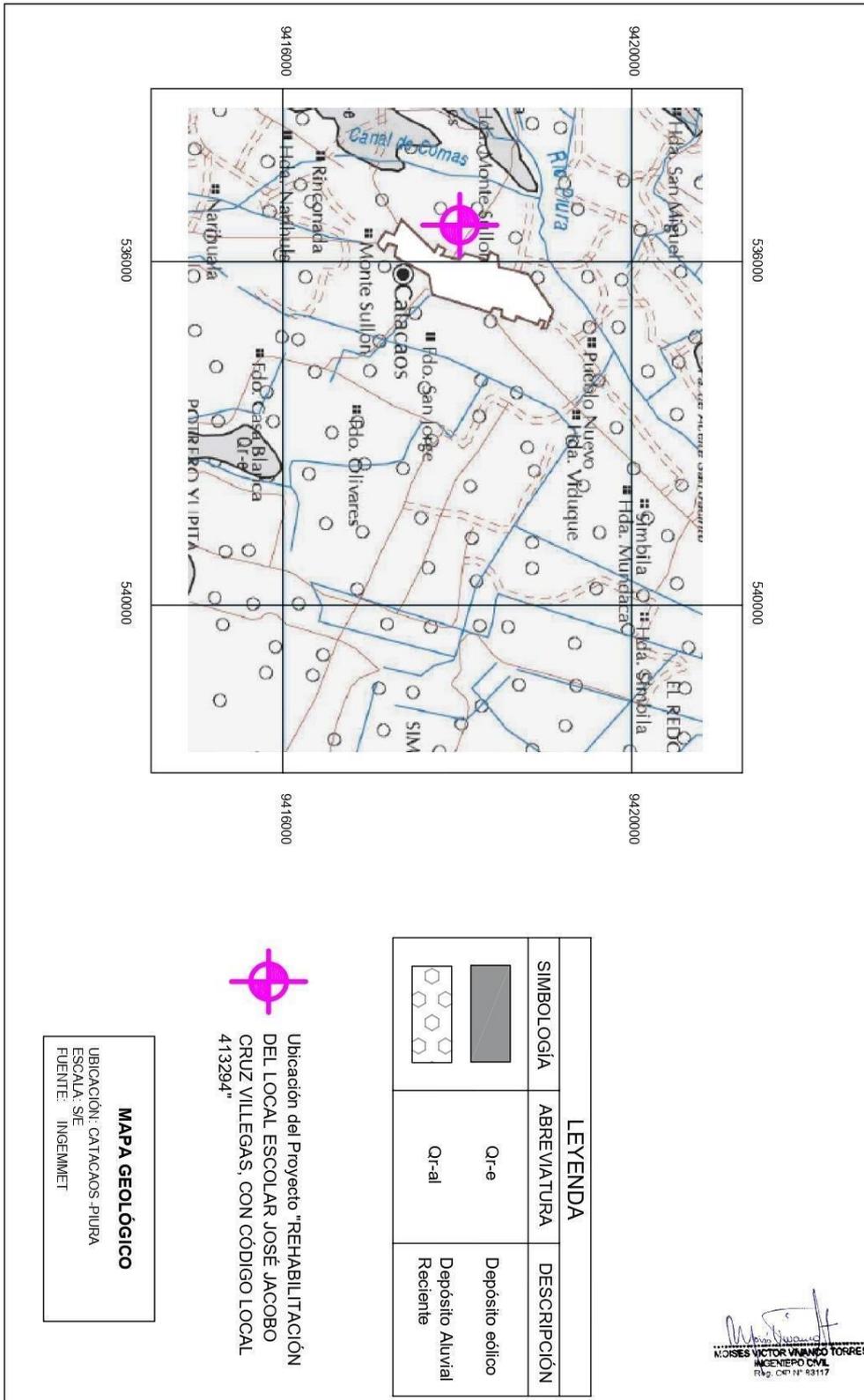
**UNIVERSIDAD CATOLICA DEL VALLE**  
**UCV**  
 ANALISIS DE LA MITIGACION DE LIQUEFACCION DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADAS EN EL COLONIA JARDIN CATACAO PUNA 2022

**PROYECTO:**  
 ANALISIS DE LA MITIGACION DE LIQUEFACCION DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADAS EN EL COLONIA JARDIN CATACAO PUNA 2022

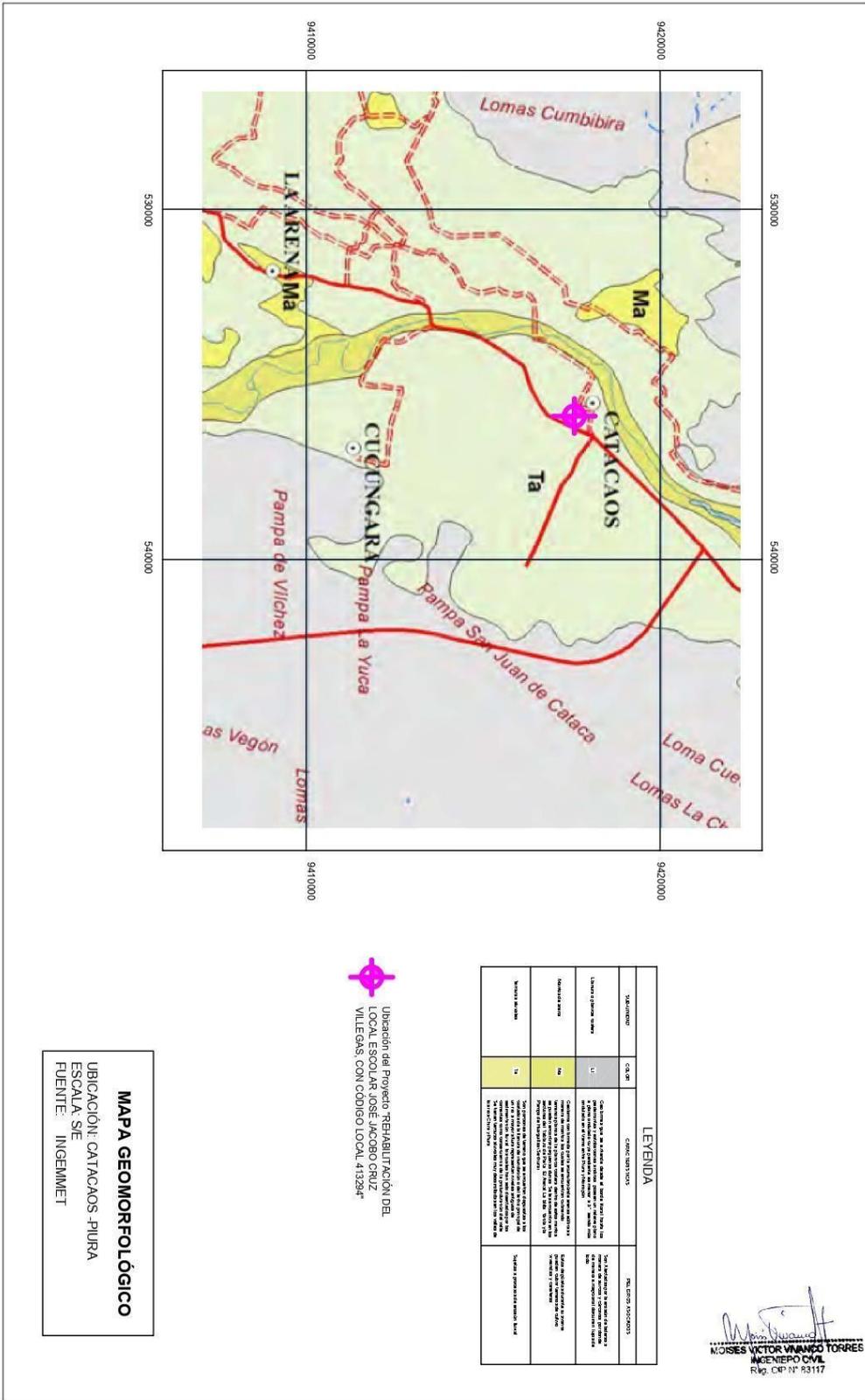
**PERFIL ESTRATIGRÁFICO**  
**ESTRATIGRÁFICO**  
 DATUM: WGS84  
 UBICACION: CENTRO POBLADO PUEBLO NUEVO, MANIZALES, LOTE 12  
 DISTRITO: CATACAO  
 PROVINCIA: PUURA  
 REGION: PUURA  
 ESCALA: INDICADA  
 ELABORADO POR: SOFIA RUIZ ENRIQUE PINEDA  
 FECHA: 15/04/2021  
 PLANO: MS-01

A continuación, detallamos el esquema del flujo de trabajo:





Mapa Geológico de Piura -Catacaos



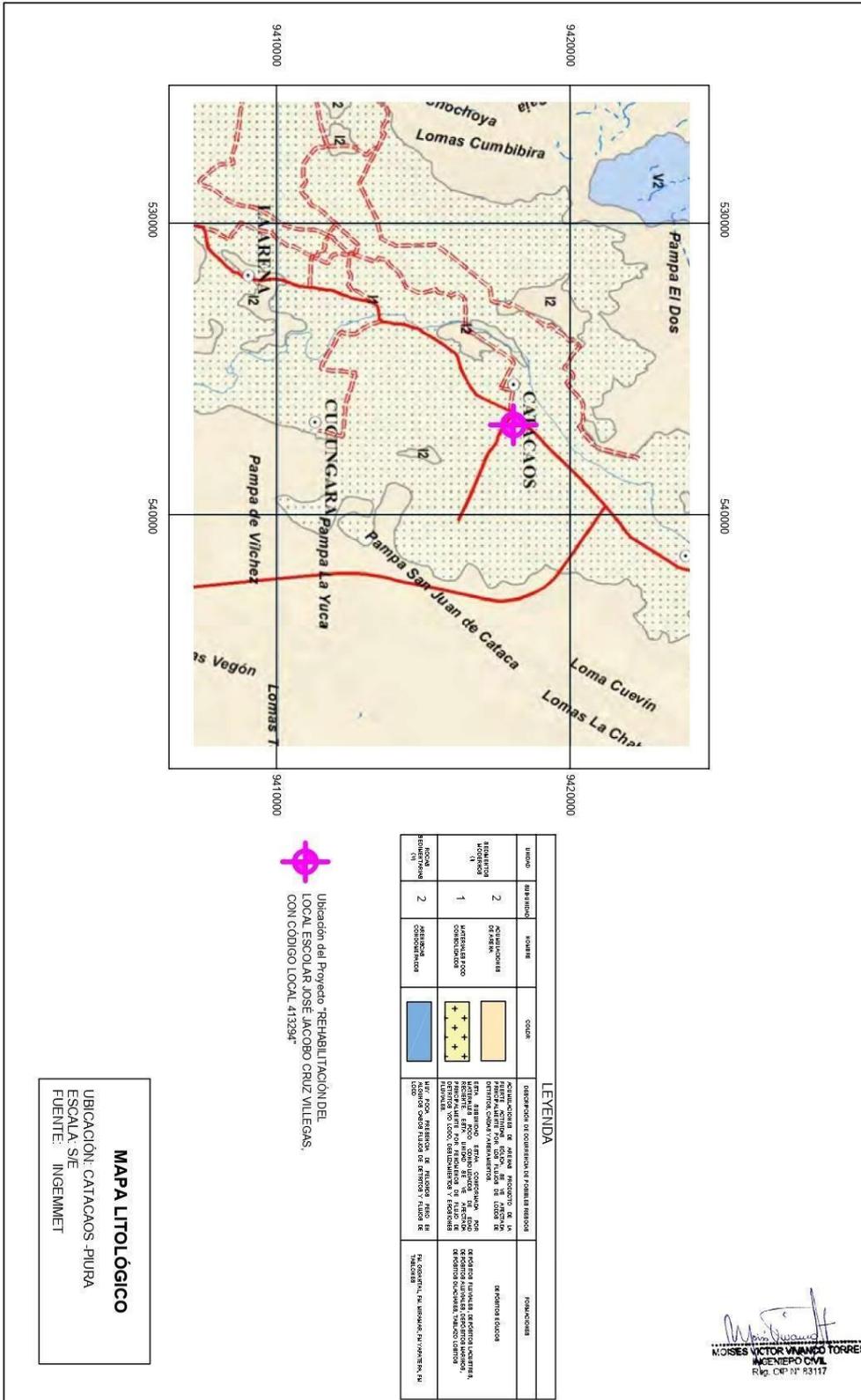
LEYENDA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	Ubicación del Proyecto "REHABILITACION DEL LOCAL ESCOLAR JOSE JACOBO CRUZ VILLEGAS CON CODIGO LOCAL 413294"
	Carretera principal
	Carretera secundaria
	Rio
	Área de cultivo
	Área de pastoreo
	Área de urbanización
	Área de conservación

Ubicación del Proyecto "REHABILITACION DEL LOCAL ESCOLAR JOSE JACOBO CRUZ VILLEGAS CON CODIGO LOCAL 413294"

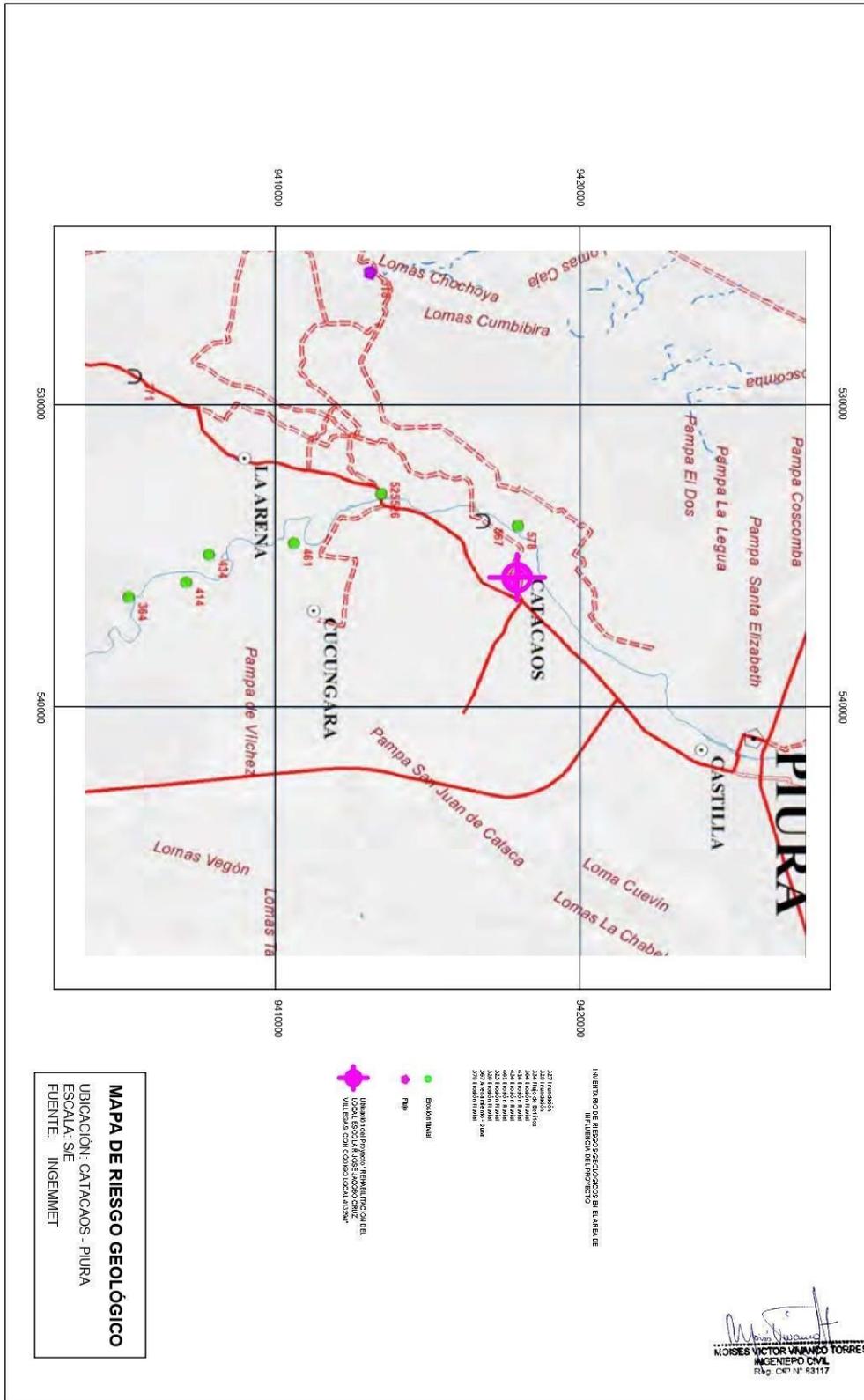
**MAPA GEOMORFOLÓGICO**  
 UBICACIÓN: CATACAOS - PIURA  
 ESCALA: S/E  
 FUENTE: INGENMET

**MOSES VÍCTOR VINANCO TORRES**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CP Nº 83117

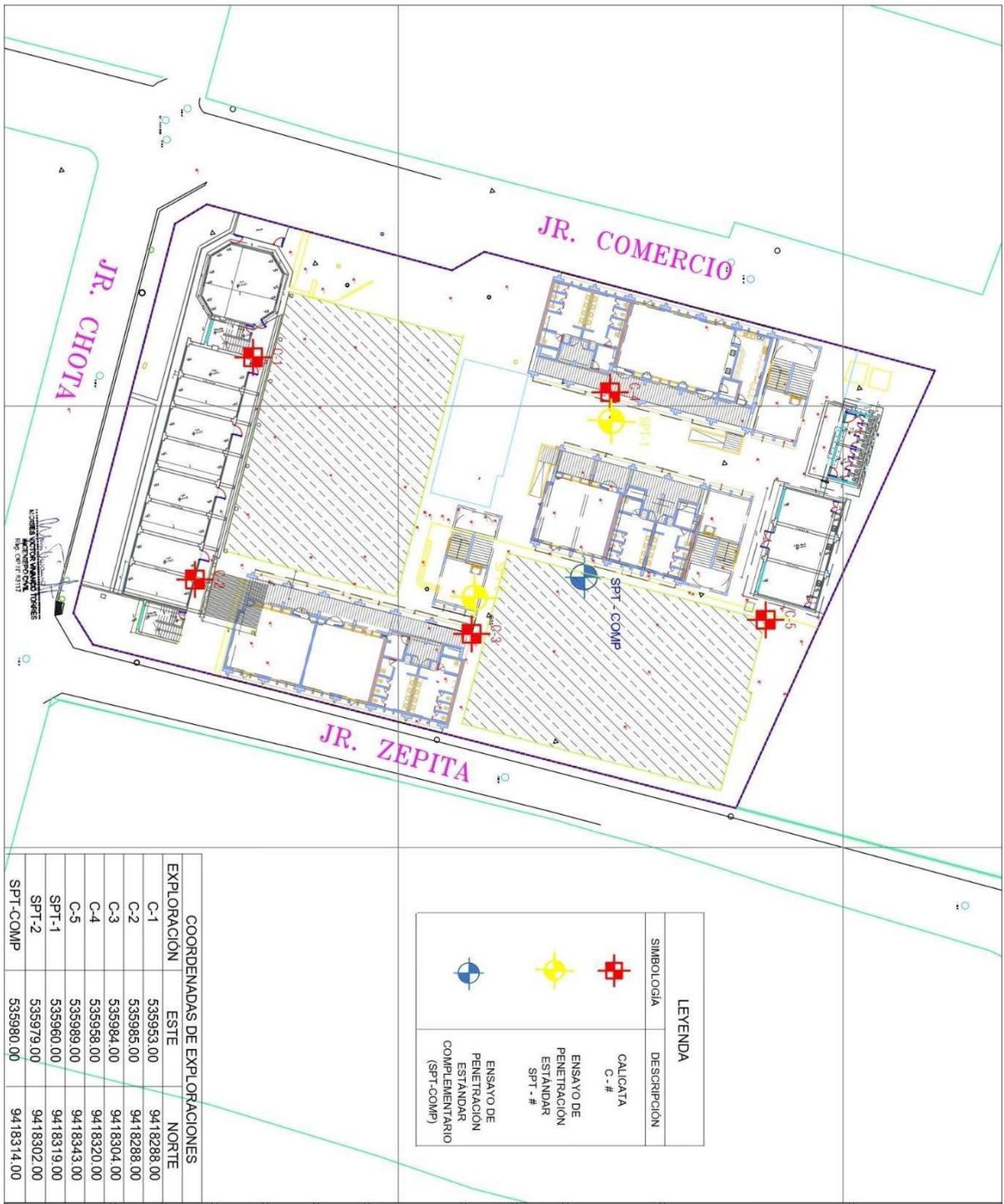
Mapa Geomorfológico Piura Catacaos



Mapa Litológico Piura Catacaos



Mapa de Riesgo Geológico Piura Catacaos



Mapa de Ubicación del Colegio Jacobo-Piura Catacaos

## Anexo 6. Panel Fotográfico.

Fotografía	Profundidad	SUCS	Tipo de muestra	N	Descripción
	1.00 – 1.20 m	CL	Mis	-	Arcilla limosa, de plasticidad media, blanda a medianamente compacta
	2.20 – 2.65 m	CL	Mab	7	Arcilla limosa, de plasticidad baja, medianamente compacta
	4.00 – 4.45 m	SC-SM	Mab	14	Arena fina, arcillosa, limosa, medianamente densa
	5.00 – 5.45 m	SC	Mab	24	Arena fina, arcillosa, medianamente densa

Fotografía	Profundidad	SUCS	Tipo de muestra	N	Descripción
	6.00 – 6.20 m	CH	Mis	-	Arcilla limosa, de plasticidad alta, compacta
	6.20 – 6.65 m	CH	Mab	46	Arcilla limosa, de plasticidad alta, compacta
	7.00 – 7.20 m	CH	Mis	-	Arcilla limosa, de plasticidad alta, compacta
	8.00 – 8.20 m	CL	Mis	-	Arcilla limosa, de plasticidad media, compacta

Fotografía	Profundidad	SUCS	Tipo de muestra	N	Descripción
	8.20 – 8.65 m	CL	Mab	29	Arcilla limosa, de plasticidad media, compacta
	15.00 – 15.45 m	SC-SM	Mab	41	Arena fina, arcillosa, limosa, densa
	2.00 m	-	Ma	-	Muestra de agua

**Proceso de aplicación de pilas de grava en el colegio Jacobo, Catacaos, Piura 2022.**



Figura 1. Adquisición de las gravas tamaño 1/2" y 3/4"



Figura 2. Adquisición de Maquinaria para la aplicación de las pilas de grava



Figura 3. Toma del termino de aplicar una pila de grava al suelo



Figura 4. Aplicación de la columna de grava mediante la perforación del suelo.

### Extracción de muestras Calicatas



Figura 5. Fachada del colegio Jacobo, Catacaos



Figura 6. La toma corresponde al fondo de la calicata asignada como C-5. La excavación se detuvo a la profundidad de 4.80m debido a la presencia de Napa Freática.



Figura 7. Calicata identificada como C-4. Se realizó una inspección visual del estrato y se procedió a su descripción para luego tomar muestras para los diferentes ensayos.

## Anexo 7. Solicitud y Autorización de la Institución – Empresa.



Lima, 10 de Noviembre del 2021  
Sra. Katia Yessenia Alvarez Castro  
SubDirectora de la IE. Jose Jacobo Cruz Villegas

Estimada Sra.

Mediante el presente, le solicito permiso para realizar un estudio de investigación en su Colegio Jose Jacobo Cruz Villegas. Actualmente somos alumnos de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad César vallejo – Lima, y estamos en proceso de redactar nuestra tesis de pregrado. El estudio se titula "Análisis de la mitigación de licuefacción aplicando el reforzamiento de columnas de grava compactada en el proyecto colegio Jacobo, Catacaos, Piura 2021" y para lo cual solicito me permita tomar los datos de los estudios de campo ubicado en el distrito de Catacaos provincia de Piura en tomar los datos de estudios experimentales; de modo que pueda complementar la información para mi tesis de investigación.

Si se otorga la autorización, el proceso de recopilación de datos no debe demorar más de 3 meses , los resultados individuales de este estudio permanecerán absolutamente confidenciales y anónimos. Si el mismo se publica, solo se documentarán los resultados combinados. Ni su Institución Educativa ni persona incurrirán en costos.

Su aprobación para realizar este estudio será muy apreciada por el suscrito. Le dejaré mis datos personales para alguna comunicación necesaria:

	Autor 1	Autor 2
Apellidos y nombres:	Ruiz Ortiz Sofia del Pilar	Pineda Alcalá Erick Alexander
Código:	6700250699	
Ciclo:	9no	9no
Domicilio:	Calle 27 250 San Borja	Sector 1 Grupo 14 mz i Lote 8 VES
Correo electrónico:	rortizsofia@gmail.com	Erickpinedaaa.95@gmail.com
DNI:	70363957	73094190
Celular:	952327520	931030562

Si está conforme, solicitaré una carta de permiso autorizado con el membrete de su institución con nombre y firma al costado de este documento, reconociendo su consentimiento, para que mi persona lleve a cabo este estudio en sus instalaciones de la Institución Educativa José Jacobo Cruz Villegas  
Atentamente,

Sofía Ruiz Ortiz  
Dni: 70363957

Erick Pineda Alcalá  
Dni: 73094190

Katia Alvarez Castro  
Dni: 03890583  
Sub Directora  
IE. Jose Jacobo Cruz Jacobo



PROY. N° 2420  
07 FEB 2019

## Resolución Directoral Regional N°2629-2019

PIURA, 15 FEB 2019

Visto, el acta con los resultados finales individuales suscrita por el Comité de Evaluación, y la relación de directivos que superan la Evaluación del Desempeño en Cargos Directivos de Institución Educativas de Educación Básica en el marco de la Ley de Reforma Magisterial;

### CONSIDERANDO:

Que, el artículo 33 de la Ley de Reforma Magisterial establece que el profesor puede acceder a otros cargos de las áreas de desempeño laboral por concurso y por un período de cuatro años; y que al término del período de gestión es evaluado para determinar su continuidad en el cargo hasta por un período adicional, o su retorno al cargo docente;



Que, conforme a lo dispuesto en el literal d) del artículo 35 de la Ley de Reforma Magisterial, el Área de Gestión Institucional comprende, los cargos de director y subdirector de Instituciones Educativas públicas; cargos a los que se acceden por concurso;



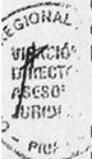
Que, el artículo 38 de la Ley de Reforma Magisterial establece que el desempeño del profesor en el cargo es evaluado de forma obligatoria al término del período de su gestión; la aprobación de esta evaluación determina su continuidad en el cargo y la desaprobación, su retorno al cargo docente;



Que, de conformidad con el numeral 62.3 del artículo 62 del Reglamento de la Ley de Reforma Magisterial, aprobado por Decreto Supremo N° 004-2013-ED, la ratificación del profesor por un período adicional está sujeta a la evaluación de desempeño en el cargo; el profesor que no es ratificado en cualquiera de los cargos a los que accedió por concurso, retorna al cargo docente en su Institución Educativa de origen o una similar de su jurisdicción;



Que, mediante Resolución Ministerial N° 275-2018-MINEDU se convoca y se aprueba el cronograma de la evaluación del desempeño en los cargos directivos de Institución Educativas de Educación Básica, con la finalidad de evaluar a los profesores que accedieron a los cargos de director y subdirector en el marco de los procesos convocados por Resoluciones Ministeriales N° 214-2014-MINEDU y N° 426-2014-MINEDU; la misma que se llevó a cabo conforme a lo establecido en la Norma Técnica aprobada mediante Resolución Ministerial N° 271-2018-MINEDU;



Que, de conformidad con lo informado por el Comité de Evaluación, el Ministerio de Educación ha publicado la relación de directivos que superaron la precitada evaluación del desempeño; del grupo II de evaluación; correspondiendo emitir la resolución que ratifique en el cargo, por un período adicional, al que supere la evaluación, o en su defecto, la resolución de retorno al cargo docente de Institución Educativa, al que no la superó

De conformidad con la Ley N° 29944, Ley de Reforma Magisterial, y modificatorias; el Reglamento de la Ley de Reforma Magisterial, aprobado por Decreto Supremo N° 004-2013-ED, y modificatorias; la Resolución Ministerial N° 275-2018-MINEDU, y modificatorias; y el Reglamento de Organización y Funciones aprobado por el Gobierno Regional;

SE RESUELVE:

2629

Artículo 1.- RATIFICAR por un periodo adicional de cuatro (4) años la designación en el cargo directivo de institución educativa a don (ña) ALVAREZ CASTRO, KATIA YESENIA, a partir del 01 de marzo de 2019, para lo cual se consigna la siguiente información:

1.1. DATOS PERSONALES :

DOC. DE IDENTIDAD : DNI N° 03890583  
CODIGO MODULAR : 1003890583  
ESCALA MAGISTERIAL : CUARTA

1.2. DATOS DE LA PLAZA DIRECTIVA :

NIVEL Y MODALIDAD : Primaria  
INSTITUCIÓN EDUCATIVA : JOSE JACOBO CRUZ VILLEGAS - PUEBLO NUEVO CATACAOS  
CÓDIGO DE PLAZA : 521451218119  
CARGO : SUB-DIRECTOR I.E.  
JORNADA LABORAL : 40 horas Cronológicas



Artículo 2.- El directivo de institución educativa tiene derecho a la Remuneración Integral Mensual-RIM de 40 horas, de acuerdo a su escala magisterial; asimismo, derecho a la asignación temporal por desempeño de cargo señalado en el Decreto Supremo N° 227-2013-EF.



Artículo 3.- Notifíquese al interesado, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 139° del TUO de la Ley N° 27444, Ley del Procedimiento Administrativo General.

Regístrese y comuníquese.



PROF. FERRUCIO QUINCY AGUILERA  
DIRECTOR REGIONAL DE EDUCACION PIURA  
Dirección Regional de Educación Piura

**GOBIERNO REGIONAL PIURA**  
**DIRECCIÓN REGIONAL DE EDUCACIÓN**  
Es copia fiel del Original



M<sup>g</sup>. NANCY ESMERALDA CALLE MENDOZA  
FEDATARIA TITULAR  
TRÁMITE DOCUMENTARIO

FCADREP  
SFMISDQADM  
PRZS/RA/RR/HH  
BYQV ESP ADM

Exp. 08336-2019, (Copia)  
14 fs.



Lima, 10 de noviembre del 2021  
Ing. Juan Carlos Martínez Ismodes  
Gerente de Sitio – IE José Jacobo Cruz Villegas – ARRC 2392

Estimado Ingeniero:

Mediante el presente, le solicito permiso para realizar un estudio de investigación en su Colegio José Jacobo Cruz Villegas. Actualmente somos alumnos de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad César vallejo – Lima, y estamos en proceso de redactar nuestra tesis de pregrado. El estudio se titula "Análisis de la mitigación de licuefacción aplicando el reforzamiento de columnas de grava compactada en el proyecto colegio Jacobo, Catacaos, Piura 2021" y para lo cual solicito me permita tomar los datos de los estudios de campo ubicado en el distrito de Catacaos provincia de Piura en tomar los datos de estudios experimentales; de modo que pueda complementar la información para mi tesis de investigación.

Si se otorga la autorización, el proceso de recopilación de datos no debe demorar más de 3 meses, los resultados individuales de este estudio permanecerán absolutamente confidenciales y anónimos. Si el mismo se publica, solo se documentarán los resultados combinados. Ni su Institución Educativa ni persona incurrirán en costos.

Su aprobación para realizar este estudio será muy apreciada por el suscrito. Le dejaré mis datos personales para alguna comunicación necesaria:

	Autor 1	Autor 2
Apellidos y nombres:	Ruiz Ortiz Sofía del Pilar	Pineda Alcalá Erick Alexander
Código:	6700250699	
Ciclo:	9no	9no
Domicilio:	Calle 27 250 San Borja	Sector 1 Grupo 14 mz i Lote 8 VES
Correo electrónico:	rortizsofia@gmail.com	Erickpinedaaa.95@gmail.com
DNI:	70363957	73094190
Celular:	952327520	931030562

Si está conforme, solicitaré una carta de permiso autorizado con el membrete de su institución con nombre y firma al costado de este documento, reconociendo su consentimiento, para que mi persona lleve a cabo este estudio en sus instalaciones de la Institución Educativa José Jacobo Cruz Villegas

Atentamente,

Tesista: Sofía Ruiz Ortiz  
Dni: 70363957

Tesista: Erick Pineda Alcalá  
Dni: 73094190

**J.E.**  
J. E. CONSTRUCCIONES GENERALES S.A.  
Ing. Juan Carlos Martínez Ismodes  
Gerente de Sitio - I.E. ARCC 2392

## Anexo 8. CÁLCULOS

	Cálculo de Diseño de la columna de grava compactada	
	Proyecto :	Análisis de la mitigación de la licuefacción del suelo aplicando el diseño de columnas de grava compactada en el colegio Jacobo, Piura, 2022.
	Solicitante:	Ruiz Ortiz Sofía, Pineda Alcalá Erick

Se consideró la fórmula de Priebe para el cálculo del diseño de columnas de grava:

$$n_s = \frac{\text{asiento sin mejora}}{\text{asiento con mejora}} = 1 + \frac{A_c}{A} \cdot \frac{[1/2 + f(\mu_s, A_c/A)]}{K_{cs} \cdot f(\mu_s, A_c/A) - 1}$$

Porción de área tratada =  $A_c/A$  = Área columna/Área de influencia columna

$$f(\mu_s, A_c/A) = \frac{(1 - \mu_s)(1 - A_c/A)}{1 - 2 \cdot \mu_s + A_c/A}$$

Tomando un coeficiente de Poisson del suelo natural  $\mu_s = 1/3$ , adecuado en muchos casos para el estado del asiento final, y sustituyendo, se llega a la expresión:

$$n_s = 1 + \frac{A_c}{A} \cdot \frac{[5 - A_c/A]}{4 \cdot K_{cs} \cdot (1 - A_c/A) - 1}$$

siendo:

- $K_{cs}$  = coeficiente de empuje activo del material de las columnas =  $K_{cs} = \tan^2(45^\circ - \varphi_c/2)$
- $\varphi_c$  = ángulo de rozamiento interno del mismo material.

Obtención del factor básico de Mejora  $n$  :

A partir del parámetro de suelo mejorado se han calculado las propiedades del suelo mejorado en el cálculo:

$$\begin{aligned} \tan \varphi_{mej} &= m \cdot \tan \varphi_s + (1 - m) \tan \varphi_c \\ m &= (n - 1)/n \\ \varphi_{CG}: 0,80 \text{ m} \rightarrow A_{CG} &= 0,50 \text{ m}^2 \\ \varphi_c &= 35^\circ \\ A/A_c \text{ relación de áreas} &\rightarrow n \end{aligned}$$

Siendo:

- $\varnothing_{CG}$ : diámetro columna de grava
- $\varphi_c$ : ángulo rozamiento grava
- $A$ : área total cimentación
- $A_c$ : área ocupada por las columnas
- $\varphi_{mej}$ : ángulo rozamiento terreno mejorado
- $E_{mej}$ : módulo deformación medio terreno mejorado
- Distancia entre columnas  $d = 2,20 \text{ m}$

Datos geoméricos y de carga de la cimentación	
Esp. Horizontal (m)	2.2
Esp. Vertical (m)	2.2
Presión (Kpa)	108
Espesor de mejora (m)	6
Área de reemplazo (%)	10.9

Datos de la columna de grava	
Diámetro (m)	0.3
Ángulo de fricción (*)	35
Cohesión (Mpa)	30



Consideraciones de la compresibilidad C.G	
$E_{mc}$ (Mpa)	45
$n_0$	3.75
$(A_c/A)_1$	0.32
$\Delta(A/A_c)$	2.08
$A_c/A$	Datos del suelo 0.085
Peso específico (KN/m <sup>3</sup> )	20
$f(\mu_s, A_c/A)$	1.456
Ángulo de fricción (*)	35
Cohesión (Kpa)	1.34
Módulo de Poisson	0.33
Módulo de elasticidad (Mpa)	12



Consideraciones de la sobrepresión	
$P_c/P_s$	4.96
$P_c$ (kPa)	400.18
$K_{oc}$	0.43
$\Sigma(\gamma_s \cdot \delta_d)$ (Kpa)	120
$f_d$	1.68
$n_2$	2.24

Determinación del factor básico de mejora	
CG	1
$A_c$ (m <sup>2</sup> )	0.5
$A$ (m <sup>2</sup> )	4.54
$K_a$	0.27
$f(\mu_s, A_c/A)$	1.367
$n_0$	1.47

  
**Roberto Carlos Aldave Cristobal**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. C.I.P. 268917

DISPOSITIVO SCHLUMBERGER

PROYECTO: Análisis de la mitigación de licuefacción del suelo aplicando el diseño de columnas de grava compactada en el Colegio Jacobo, Catacaos, Piura 2022.  
 COLEGIO: LOCAL ESCOLAR "JOSÉ JACOBO CRUZ VILLEGAS" CON CÓDIGO LOCAL 413294  
 COORDENADAS:  
 SOLICITANTE: SOFIA RUIZ- ERICK PINEDA

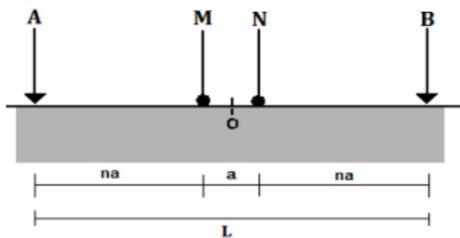
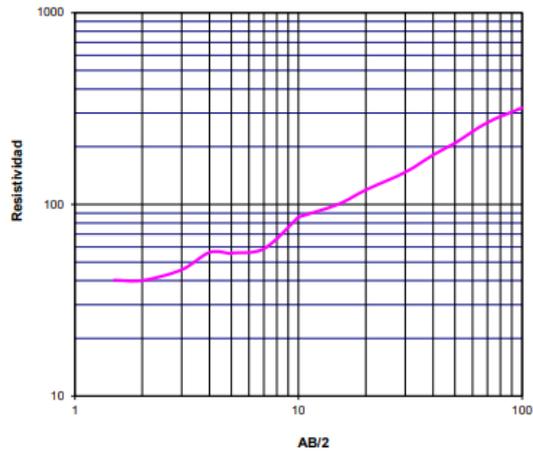
ENSAYO: SEV  
 UBICACIÓN: DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA  
 FECHA: 20/03/2021  
 COTA: 26 m  
 ESTE: 535976.00 NORTE: 9418307.00

VALORES

AB/2	MN	K	$\Delta v$	I	$P_a$
1.5	1.0	6.3	3400.7	530.2	40.3
2.0	1.0	11.8	2971.9	873.1	40.1
3.0	1.0	27.5	2909.6	1754.0	45.6
4.0	1.0	49.5	1266.3	1114.9	56.2
5.0	1.0	77.8	831.6	1169.3	55.3
5.0	2.0	37.7	788.4	532.7	55.8
7.0	2.0	75.4	486.5	624.9	58.7
10.0	2.0	155.5	466.2	842.1	86.1
10.0	5.0	58.9	487.9	334.6	85.9
15.0	5.0	137.4	235.4	323.5	100.0
20.0	5.0	247.4	259.7	539.9	119.0
30.0	5.0	561.6	121.5	463.4	147.2
40.0	5.0	1001.4	124.9	690.4	181.1
50.0	5.0	1566.9	90.9	683.9	208.2
50.0	20.0	377.0	85.3	154.3	208.3
70.0	20.0	754.0	39.8	112.1	267.4
100.0	20.0	1555.1	6.8	33.1	319.2

GRAFICO DE SEV

CURVA DE CAMPO



$$\rho_a = \pi n(n + 1)a \frac{\Delta V}{I}$$



**Roberto Carlos Aldave Cristobal**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. C.I.P 268917

## Cálculo de los Esfuerzos de Corte Cíclico Inducidos (CSR)

$$CSR = \frac{(\tau h)_{ave}}{\sigma'_{o}} = 0.65 \frac{a_{max} \sigma'_{o} r_d}{\sigma'_{o}} \quad (a)$$

$$\sigma'_{o} \quad g \sigma'_{o}$$

Para  $d < 20$  m

$$r_d = \frac{\left[ 1 + \frac{-23.013 - 2.949a_{max} + 0.999M_w + 0.016V_{s,12}}{16.258 + 0.201e^{0.104(-d+0.0785V_{s,12}+24.888)}} \right]}{\left[ 1 + \frac{-23.013 - 2.949a_{max} + 0.999M_w + 0.016V_{s,12}}{16.258 + 0.201e^{0.104(0.0785V_{s,12}+24.888)}} \right]} \pm \sigma_{\epsilon rd}$$

Para  $d > 20$  m

$$r_d = \frac{\left[ 1 + \frac{-23.013 - 2.949a_{max} + 0.999M_w + 0.016V_{s,12}}{16.258 + 0.201e^{0.104(-65+0.0785V_{s,12}+24.888)}} \right]}{\left[ 1 + \frac{-23.013 - 2.949a_{max} + 0.999M_w + 0.016V_{s,12}}{16.258 + 0.201e^{0.104(0.0785V_{s,12}+24.888)}} \right]} - 0.0014(d - 15) \pm \sigma_{\epsilon rd}$$

Donde

$$\sigma_{\epsilon rd}(d) = 0.0072d^{0.85} \quad [\text{para } d < 12\text{m}] \quad \text{y} \quad \sigma_{\epsilon rd}(d) = 0.0072 \times 40^{0.85} \quad [\text{para } d > 12\text{m}]$$

se utilizaron las siguientes correlaciones para obtener la velocidad de onda de corte de acuerdo al valor del N del SPT y el tipo de suelo.

Para arenas:  $V_s = 80 * N^{1/3}$  (m/s)

Para arcillas:  $V_s = 100 * N^{1/3}$  (m/s)

Los asentamientos de reconsolidación post licuefacción calculados son los siguientes:

- Para sismos medianos: = 0 cm (no licuefacta)
- Para sismos severos: = 6.80 cm

Donde

CSR = Esfuerzo de corte cíclico normalizado inducido por el sismo

$(\tau h)_{ave}$  = Esfuerzo promedio de corte cíclico

$\sigma'_{o}$  = Presión efectiva de tapada

$\sigma_o$  = Presión total

$a_{max}$  = Aceleración máxima en la superficie del terreno

$g$  = Aceleración de la gravedad

$r_d$  = Coeficiente de reducción de las tensiones, que disminuye desde

en la superficie del terreno hasta valores muy inferiores a grandes

profundidades.



**Roberto Carlos Aldave Cristobal**  
INGENIERO CIVIL  
Reg. C.I.P. 266917

## Análisis por licuación

Razon de resistencia ciclica	Factor de Escalamiento de Magnitud		Correccion por confinamiento	Correccion esfuerzo de corte estatico	Esfuerzo Ciclico Ilivizado calculado en base a los resultados	Parametro de reduccion de esfuerzo de corte	Esfuerzo Ciclico debido al Mov. sismico a=0.18g Tt=500 años	Factor de Seguridad contra falla por licuacion	CONDICION	PROFUNDIDAD (m)
CRR <sub>M=7.5,σ=1.2atm</sub>	MSF	C <sub>σ</sub>	K <sub>c</sub>	K <sub>sc</sub>	CRR <sub>licuable</sub>	f <sub>d</sub>	CSR <sub>eq</sub> = 0.65 * (σ' / σ' <sub>v</sub> ) <sup>1.2</sup>	FS = CRR <sub>licuable</sub> / CSR <sub>eq</sub>		
0.16	0.77	0.11	1.10	1.00	0.139	1.00	0.29	0.47	NO HAY LICUACION	0.45
0.21	0.77	0.13	1.10	1.00	0.176	1.00	0.29	0.60	NO HAY LICUACION	1.45
0.56	0.77	0.21	1.10	1.00	0.469	1.00	0.29	1.61	NO HAY LICUACION	2.45
0.58	0.77	0.22	1.05	1.00	0.471	0.99	0.30	1.59	NO HAY LICUACION	3.45
4.13	0.77	0.30	1.04	1.00	3.303	0.99	0.33	10.08	NO HAY LICUACION	4.45
4.13	0.77	0.30	1.03	1.00	3.271	0.98	0.36	9.01	NO HAY LICUACION	5.45
1.18	0.77	0.27	0.99	1.00	0.891	0.98	0.38	2.35	NO HAY LICUACION	6.45
0.52	0.77	0.21	0.99	1.00	0.396	0.97	0.40	0.98	NO HAY LICUACION	7.45
1.62	0.77	0.29	0.97	1.00	1.209	0.97	0.42	2.87	NO HAY LICUACION	8.45
0.70	0.77	0.23	0.94	1.05	0.531	0.96	0.42	1.26	NO HAY LICUACION	9.45
0.34	0.77	0.17	0.96	2.05	0.510	0.96	0.44	1.15	NO HAY LICUACION	10.45
0.59	0.77	0.22	0.94	3.05	1.286	0.95	0.45	2.83	NO HAY LICUACION	11.45
1.52	1	0.28	0.9	4.05	4	0.95	0.46	9.42	NO HAY LICUACION	12.45

  
**Roberto Carlos Aldave Cristóbal**  
 INGENIERO CIVIL  
 No. 0178881

## Anexo 9. Ensayos de Laboratorio

	<b>FORMULARIO</b>	Código : D-06
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO</b>	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 3-3

**INFORME N°** : JCH 21-030  
**SOLICITANTE** : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA.  
**CODIGO LOCAL** : 413294  
**PROYECTO** : ANALISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022  
**UBICACIÓN** : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA  
**DIRECCIÓN DEL CLIENTE** : CALLE 27 250 SAN BORJA

**Datos de la Muestra:**  
**Cantera** : -  
**Calicata** : C-1  
**Muestra** : M-1  
**Prof. (m)** : 0,60-1,90  
**Progresiva** : -  
**Coordenadas** : -

**Fecha de Recepción** : 15/03/2022  
**Fecha de Ejecución** : 16/03/2022  
**Fecha de Emisión** : 17/03/2022

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D422 / MTC-E107

Peso Global (seco) (g) 302.0

TAMIZ	ABERTURA (mm)	P. RET. (gr)	RET. (%)	PASA (%)
3"	76.20	--	--	100.0
2"	50.80	--	--	100.0
1 1/2"	38.10	--	--	100.0
1"	25.40	--	--	100.0
3/4"	19.05	--	--	100.0
3/8"	9.525	--	--	100.0
N° 4	4.760	--	--	100.0
N° 10	2.000	--	--	100.0
N° 20	0.840	1.8	0.6	99.4
N° 40	0.425	0.8	0.3	99.1
N° 60	0.250	0.9	0.3	98.8
N° 140	0.106	3.6	1.2	97.6
N° 200	0.074	0.5	0.2	97.4
-200		294.0	97.4	0.0

% Grava [ N°4 < f < 3" ]	0.0
% Arena [ N° 200 < f < N° 4 ]	2.6
% Finos [ < N° 200 ]	97.4

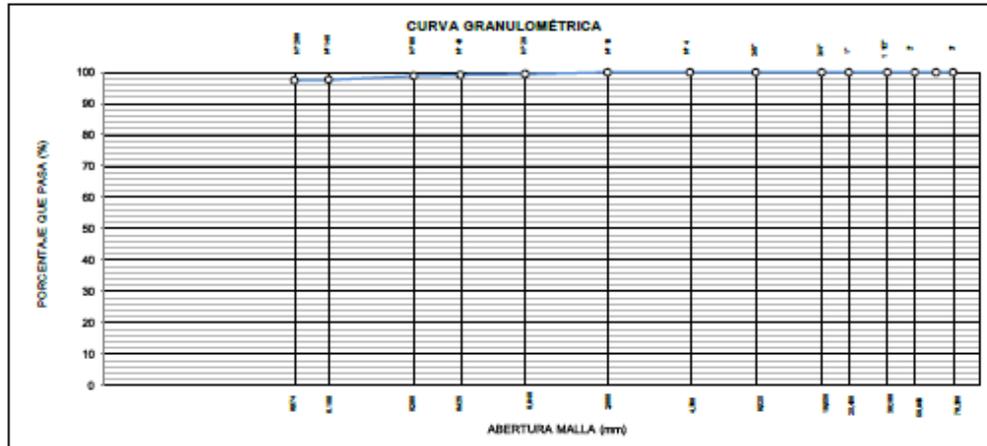
<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>	
Limite Líquido (%) ASTM D4318-05	39.8
Limite Plástico (%) ASTM D4318-05	25.5
Indice de Plasticidad (%) ASTM D4318-05	14.3

<b>Contenido de Humedad ASTM D-2218-06</b>	
Humedad (%)	30.8

<b>CLASIFICACION</b>	
CLASIFICACION SUCS ASTM D 2487-05	ML
CLASIFICACION AASHTO ASTM D 3282-04	A-6(16)
Descripción de la muestra :	LIMO



**Observación :** El uso de esta información es exclusiva del solicitante  
**Realizado por** Tec. J.CH

- Equipos Usados:**
- Bal-TAJ4001-NP1
  - Hor-01-jh
  - Equipo de Casagrande ELE
  - Bal-SE402F-NP2

  
**Jean Chavez R.**  
 Jefe de Calidad

  
**JAVIER FRANCISCO**  
 IN LOA CLAVIJO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667



	<b>FORMULARIO</b>	Código : D-01
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO</b>	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 2-3

**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD  
ASTM D2216, MTC E 108**

INFORME N° : JCH 21-030  
 SOLICITANTE : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA.  
 CODIGO LOCAL : 413294  
 PROYECTO : ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022  
 UBICACIÓN : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA  
 DIRECCIÓN DEL CLIENTE : CALLE 27 250 SAN BORJA

**DATOS DE LA MUESTRA**

Cantera : -  
 Calicata : C-1  
 Muestra : M-1  
 Prof. (m) : 0,60-1,90  
 Progresiva : -  
 Coordinadas : -

Fecha de Recepción : 15/03/22  
 Fecha de Ejecución : 16/03/22  
 Fecha de Emisión : 17/03/22

Recipiente N°	1	2
Peso de suelo humedo + tara g	205.4	231.3
Peso de suelo seco + tara g	168.5	188.9
Peso de tara g	49.6	50.2
Peso de agua g	36.9	42.4
Peso de suelo seco g	118.9	138.7
Contenido de agua %	31.0	30.6
Contenido de Humedad (%)	30.8	

Observacion : El uso de esta información es exclusiva del solicitante  
 Realizado por Tec. J.CH

Equipos Usados  
 Bal-TAJ4001-N°1  
 Hor-01-jch

  
 .....  
**Jean Chavez R.**  
 Jefe de Calidad

  
 .....  
**JAVIER FRANCISCO  
LOA CLAVIJO**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667



	<b>FORMULARIO</b>	Código : D-04
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO</b>	Revisión : 1 Fecha : - Página : 1-3

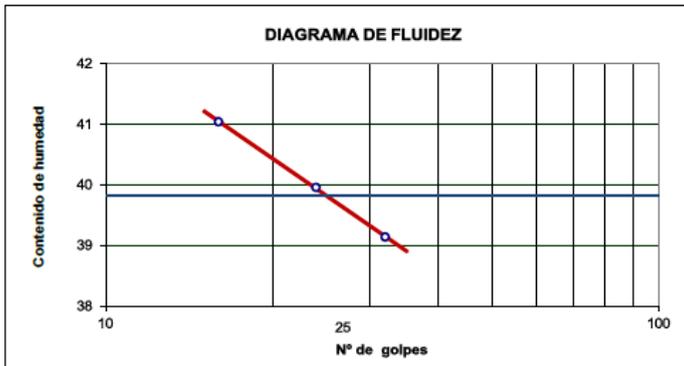
**ENSAYO DE LÍMITE DE CONSISTENCIA  
ASTM D4318, MTC E 110 - E 111**

**INFORME N°** : JCH 21-030  
**SOLICITANTE** : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA.  
**CODIGO LOCAL** : 413294  
**PROYECTO** : ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022  
**UBICACIÓN** : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA  
**DIRECCIÓN DEL CLIENTE** : CALLE 27 250 SAN BORJA

**Datos de la Muestra**

Cantera	: -	Fecha de Recepción	: 15/03/22
Calicata	: C-1	Fecha de Ejecución	: 16/03/22
Muestra	: M-1	Fecha de Emisión	: 17/03/22
Prof. (m)	: 0,60-1,90		
Progresiva	: -		
Coordenadas	: -		

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	1	2
ENSAYO No.	1	2	3	1	2
NÚMERO DE GOLPES	32	24	16		
PESO DE LA LATA (gr)	12.04	11.55	11.84	13.57	14.76
PESO LATA + SUELO HÚMEDO (g)	25.62	24.30	24.83	21.36	22.54
PESO LATA + SUELO SECO (g)	21.80	20.66	21.05	19.78	20.96
PESO AGUA (g)	3.82	3.64	3.78	1.58	1.59
PESO SUELO SECO (g)	9.78	9.11	9.21	6.21	6.195
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	39.1	40.0	41.0	25.4	25.6



LÍMITE LÍQUIDO (%)	39.8
LÍMITE PLÁSTICO (%)	25.5
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	14.3

Pasante de la malla N°40

Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante  
Realizado por Tec. J.CH

- Equipos Usados**
- Bal-SE402F-N°2
  - Hor-01-jch
  - Vidrio esmerilado
  - Equipo de Casagrande ELE

  
**Jean Chavez R.**  
 Jefe de Calidad

  
**JAVIER FRANCISCO  
 LOA CLAVIJO**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667



	<b>FORMULARIO</b>	Código : D-06
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO</b>	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 3-3

**INFORME N°** : JCH 21-030  
**SOLICITANTE** : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA.  
**CODIGO LOCAL** : 413294  
**PROYECTO** : ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022  
**UBICACIÓN** : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA  
**DIRECCIÓN DEL CLIENTE** : CALLE 27 250 SAN BORJA

**Datos de la Muestra:**  
**Cantera** : -  
**Calicata** : C-1  
**Muestra** : M-2  
**Prof. (m)** : 1,90-5,00  
**Progresiva** : -  
**Coordenadas** : -

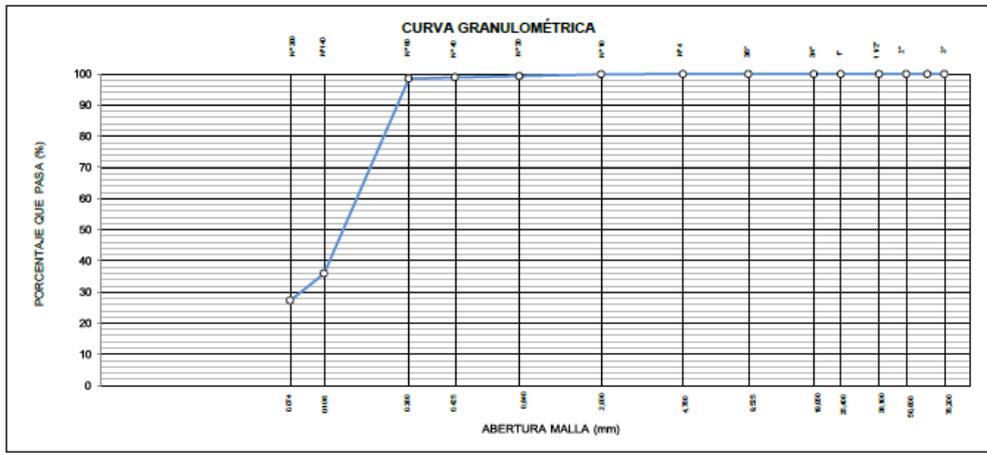
**Fecha de Recepción** : 15/03/2022  
**Fecha de Ejecución** : 16/03/2022  
**Fecha de Emisión** : 17/03/2022

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D422 / MTC-E107**

Peso Global (seco) (g) 270.3

TAMIZ	ABERTURA (mm)	P. RET. (gr)	RET. (%)	PASA (%)
3"	76.20	--	--	100.0
2"	50.80	--	--	100.0
1 1/2"	38.10	--	--	100.0
1"	25.40	--	--	100.0
3/4"	19.05	--	--	100.0
3/8"	9.525	--	--	100.0
N° 4	4.760	--	--	100.0
N° 10	2.000	0.3	0.1	99.9
N° 20	0.840	1.7	0.6	99.3
N° 40	0.425	1.1	0.4	98.9
N° 60	0.260	1.0	0.4	98.5
N° 140	0.106	168.9	62.5	36.0
N° 200	0.074	23.4	8.7	27.3
-200		73.8	27.3	0.0

% Grava [N° 4 < f < 3"]	0.0
% Arena [N° 200 < f < N° 4]	72.7
% Finos [ < N° 200]	27.3
<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>	
Limite Líquido (%) ASTM D4318-05	---
Limite Plástico (%) ASTM D4318-05	NP
Índice de Plasticidad (%) ASTM D4318-05	NP
<b>Contenido de Humedad ASTM D-2216-05</b>	
Humedad (%)	7.9
<b>CLASIFICACION</b>	
CLASIFICACION SUCS ASTM D 2487-05	SM
CLASIFICACION AASHTO ASTM D 3282-04	A-2-4(0)
Descripción de la muestra :	ARENA LIMOSA



**Observación :** El uso de esta información es exclusiva del solicitante  
**Realizado por** Tec. JCH

- Equipos Usados**  
 - Bal-TAJ4001-N°1  
 - Hor-01-jch  
 - Equipo de Casagrande ELE  
 - Bal-SE402F-N°2

  
**Jean Chavez R.**  
 Jefe de Calidad

  
**JAVIER FRANCISCO**  
 EN LOA CLAVIJO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667



	<b>FORMULARIO</b>	Código : D-01
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO</b>	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 2-3

**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD  
ASTM D2216, MTC E 108**

**INFORME N°** : JCH 21-030  
**SOLICITANTE** : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA.  
**CODIGO LOCAL** : 413294  
**PROYECTO** : ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022  
**UBICACIÓN** : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA  
**DIRECCIÓN DEL CLIENTE** : CALLE 27 250 SAN BORJA

**DATOS DE LA MUESTRA**

Cantera	: -		
Calicata	: C-1		
Muestra	: M-2		
Prof. (m)	: 1,90-5,00	Fecha de Recepción	: 15/03/22
Progresiva	: -	Fecha de Ejecución	: 16/03/22
Coordenadas	: -	Fecha de Emisión	: 17/03/22

Recipiente N°		1	2
Peso de suelo humedo + tara	g	182.7	225.2
Peso de suelo seco + tara	g	172.8	212.2
Peso de tara	g	48.9	46.2
Peso de agua	g	9.9	13.0
Peso de suelo seco	g	123.9	166.0
Contenido de agua	%	8.0	7.8
Contenido de Humedad (%)		7.9	

Observacion : El uso de esta información es exclusiva del solicitante  
 Realizado por Tec. J.CH

**Equipos Usados**

Bal-TAJ4001-N°1  
 Hor-01-jch

  
 Jean Chavez R.  
 Jefe de Calidad

  
 JAVIER FRANCISCO  
 IN LOA CLAVIJO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667



	<b>FORMULARIO</b>	Código : D-04
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO</b>	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 1-3

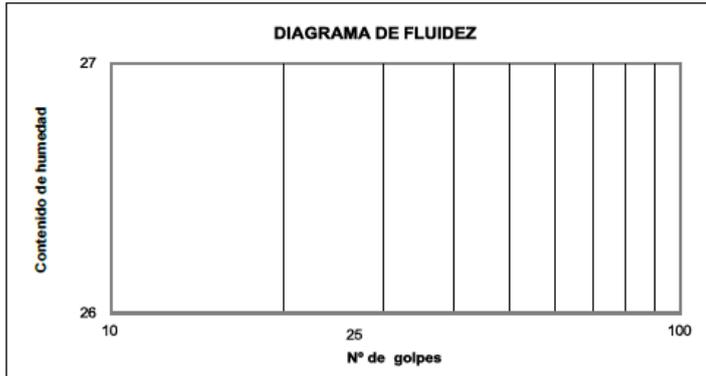
**ENSAYO DE LÍMITE DE CONSISTENCIA  
ASTM D4318, MTC E 110 - E 111**

**INFORME N°** : JCH 21-030  
**SOLICITANTE** : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA.  
**CODIGO LOCAL** : 413294  
**PROYECTO** : ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022  
**UBICACIÓN** : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA  
**DIRECCIÓN DEL CLIENTE** : CALLE 27 250 SAN BORJA

**Datos de la Muestra**

Cantera	: -	Fecha de Recepción	: 15/03/22
Calicata	: C-1	Fecha de Ejecución	: 16/03/22
Muestra	: M-2	Fecha de Emisión	: 17/03/22
Prof. (m)	: 1,90-5,00		
Progresiva	: -		
Coordenadas	: -		

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO
ENSAYO No.		
NÚMERO DE GOLPES		
PESO DE LA LATA (gr)		
PESO LATA + SUELO HÚMEDO (g)		
PESO LATA + SUELO SECO (g)		
PESO AGUA (g)		
PESO SUELO SECO (g)		
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		



LÍMITE LÍQUIDO (%)	—
LÍMITE PLÁSTICO (%)	NP
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	NP

Pasante de la malla N°40

Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante  
 Realizado por Tec. J.CH

**Equipos Usados**

- Bal-SE402F-N°2
- Hor-01-jch
- Vidrio esmerilado
- Equipo de Casagrande ELE

  
**Jean Chavez R.**  
 Jefe de Calidad

  
**JAVIER FRANCISCO**  
 IN LOA CLAVIJO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667



	<b>FORMULARIO</b>	Código : D-06
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO</b>	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 3-3

**INFORME N°** : JCH 21-030  
**SOLICITANTE** : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA.  
**CODIGO LOCAL** : 413294  
**PROYECTO** : ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022  
**UBICACIÓN** : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA  
**DIRECCIÓN DEL CLIENTE** : CALLE 27 250 SAN BORJA

**Datos de la Muestra:**  
 Cantera : -  
 Calicata : C-2  
 Muestra : M-1  
 Prof. (m) : 0,20-0,90  
 Progresiva : -  
 Coordenadas : -  
 Fecha de Recepción : 15/03/2022  
 Fecha de Ejecución : 16/03/2022  
 Fecha de Emisión : 17/03/2022

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D422 / MTC-E107**

Peso Global (seco) (g) 1566.1

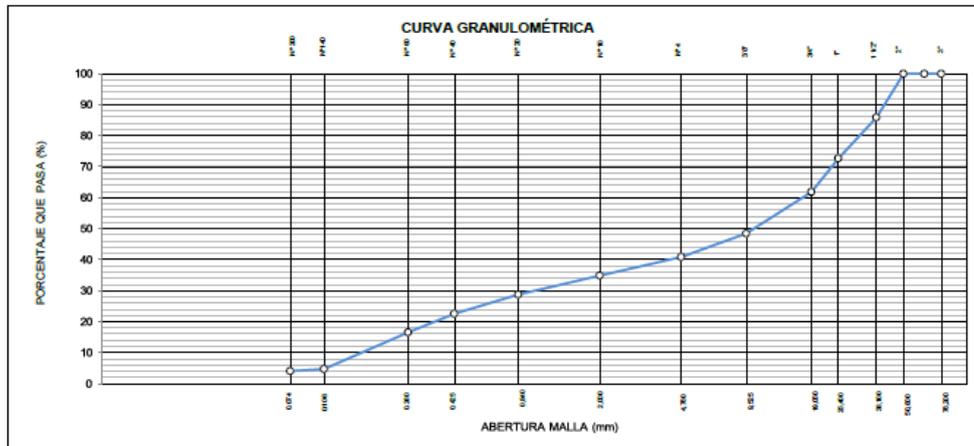
TAMIZ	ABERTURA (mm)	P. RET. (gr)	RET. (%)	PASA (%)
3"	76.20	--	--	100.0
2"	50.80	--	--	100.0
1 1/2"	38.10	221.5	14.1	85.9
1"	25.40	207.3	13.2	72.7
3/4"	19.05	169.5	10.8	61.9
3/8"	9.525	209.1	13.4	48.5
N° 4	4.760	119.8	7.6	40.9
N° 10	2.000	93.6	6.0	34.9
N° 20	0.840	95.2	6.1	28.8
N° 40	0.425	97.8	6.2	22.6
N° 60	0.260	94.0	6.0	16.6
N° 140	0.106	185.3	11.8	4.8
N° 200	0.074	10.9	0.7	4.1
-200		64.4	4.1	0.0

% Grava [N° 4 < 1 < 3"]	58.1
% Arena [N° 200 < 1 < N° 4]	36.8
% Finos [< N° 200]	4.1

<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>	
Límite Líquido (%) ASTM D4318-05	--
Límite Plástico (%) ASTM D4318-05	NP
Índice de Plasticidad (%) ASTM D4318-05	NP

<b>Contenido de Humedad ASTM D-2216-05</b>	
Humedad (%)	3.7

<b>CLASIFICACION</b>	
CLASIFICACION SUCS ASTM D 2487-05	GP
CLASIFICACION AASHTO ASTM D 3282-04	A-1-a(0)
Descripción de la muestra :	GRAVA POBREMENTE GRADADA



Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante  
 Realizado por : Tec. J.CH

- Equipos Usados**
- Bal-TAJ4001-N°1
  - Hor-01-jch
  - Equipo de Casagrande ELE
  - Bal-SE402F-N°2

  
 Jean Chavez R.  
 Jefe de Calidad

  
 JAVIER FRANCISCO  
 IN LOA CLAVIJO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667



	<b>FORMULARIO</b>	Código : D-01
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO</b>	Revisión : 1 Fecha : - Página : 2-3

**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD  
ASTM D2216, MTC E 108**

INFORME N° : JCH 21-030  
 SOLICITANTE : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA.  
 CODIGO LOCAL : 413294  
 PROYECTO : ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022  
 UBICACIÓN : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA  
 DIRECCIÓN DEL CLIENTE : CALLE 27 250 SAN BORJA

**DATOS DE LA MUESTRA**

Cantera	: -		
Calicata	: C-2		
Muestra	: M-1		
Prof. (m)	: 0,20-0,90	Fecha de Recepción	: 15/03/22
Progresiva	: -	Fecha de Ejecución	: 16/03/22
Coordenadas	: -	Fecha de Emisión	: 17/03/22

Recipiente N°		1	2
Peso de suelo humedo + tara	g	1005.2	1232.6
Peso de suelo seco + tara	g	972.0	1190.0
Peso de tara	g	53.6	46.2
Peso de agua	g	33.2	42.6
Peso de suelo seco	g	918.4	1143.8
Contenido de agua	%	3.6	3.7
Contenido de Humedad (%)		3.7	

Observacion : El uso de esta información es exclusiva del solicitante  
 Realizado por Tec. J.CH

**Equipos Usados**  
 Bal-TAJ4001-N°1  
 Hor-01-jch

  
 Jean Chavez R.  
 Jefe de Calidad

  
 JAVIER FRANCISCO  
 LA LOZA CLAVIJO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667



	<b>FORMULARIO</b>	Código : D-04
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO</b>	Revisión : 1 Fecha : - Página : 1-3

**ENSAYO DE LÍMITE DE CONSISTENCIA  
ASTM D4318, MTC E 110 - E 111**

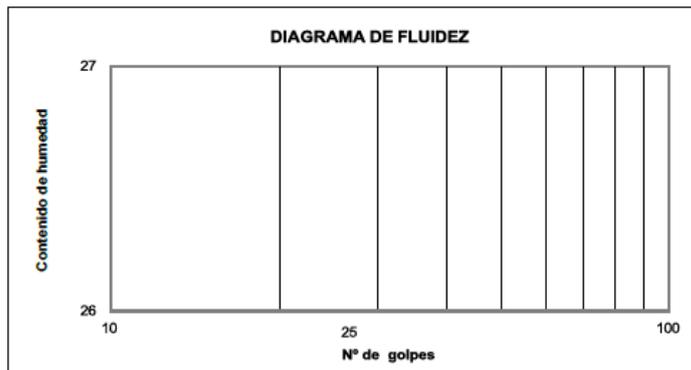
INFORME N° : JCH 21-030  
 SOLICITANTE : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA.  
 CODIGO LOCAL : 413294  
 PROYECTO : ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022  
 UBICACIÓN : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA  
 DIRECCIÓN DEL CLIENTE : CALLE 27 250 SAN BORJA

**Datos de la Muestra**

Canteras : -  
 Calicata : C-2  
 Muestra : M-1  
 Prof. (m) : 0,20-0,90  
 Progresiva : -  
 Coordenadas : -

Fecha de Recepción : 15/03/22  
 Fecha de Ejecución : 16/03/22  
 Fecha de Emisión : 17/03/22

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO
ENSAYO No.		
NÚMERO DE GOLPES		
PESO DE LA LATA (gr)		
PESO LATA + SUELO HÚMEDO (g)		
PESO LATA + SUELO SECO (g)		
PESO AGUA (g)		
PESO SUELO SECO (g)		
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		



LÍMITE LÍQUIDO (%)	---
LÍMITE PLÁSTICO (%)	NP
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	NP

Pasante de la malla N°40

Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante  
 Realizado por Tec. J.CH

**Equipos Usados**

- Bal-SE402F-N°2
- Hor-01-jch
- Vidrio esmerilado
- Equipo de Casagrande ELE

  
 Jean Chavez R.  
 Jefe de Calidad

  
 JAVIER FRANCISCO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667



	<b>FORMULARIO</b>	Código : D-06
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO</b>	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 3-3

**INFORME N°** : JCH 21-030  
**SOLICITANTE** : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA.  
**CODIGO LOCAL** : 413294  
**PROYECTO** : ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022  
**UBICACIÓN** : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA  
**DIRECCIÓN DEL CLIENTE** : CALLE 27 250 SAN BORJA

**Datos de la Muestra:**  
**Cantera** : -  
**Calicata** : C-2  
**Muestra** : M-2  
**Prof. (m)** : 0,90-5,00  
**Progresiva** : -  
**Coordenadas** : -

**Fecha de Recepción** : 15/03/2022  
**Fecha de Ejecución** : 16/03/2022  
**Fecha de Emisión** : 17/03/2022

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D422 / MTC-E107**

Peso Global (seco) (g) 292.8

TAMIZ	ABERTURA (mm)	P. RET. (gr)	RET. (%)	PASA (%)
3"	76.20	--	--	100.0
2"	50.80	--	--	100.0
1 1/2"	38.10	--	--	100.0
1"	25.40	--	--	100.0
3/4"	19.05	--	--	100.0
3/8"	9.525	--	--	100.0
N° 4	4.760	--	--	100.0
N° 10	2.000	2.1	0.7	99.3
N° 20	0.840	3.0	1.0	98.3
N° 40	0.425	2.0	0.7	97.6
N° 60	0.260	1.9	0.6	97.0
N° 140	0.106	34.1	11.6	85.4
N° 200	0.074	13.8	4.7	80.7
-200		236.4	80.7	0.0

% Grava [N° 4 < f < 3"]	0.0
% Arena [N° 200 < f < N° 4]	19.3
% Finos [ < N° 200]	80.7

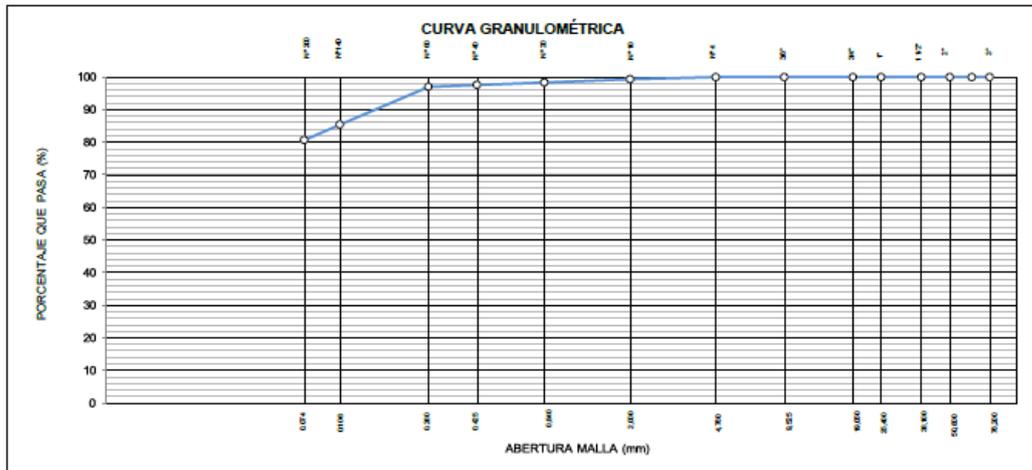
<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>	
Límite Líquido (%) ASTM D4318-05	21.9
Límite Plástico (%) ASTM D4318-05	NP
Índice de Plasticidad (%) ASTM D4318-05	NP

<b>Contenido de Humedad ASTM D-2216-05</b>	
Humedad (%)	20.7

<b>CLASIFICACION</b>	
CLASIFICACION SUCS ASTM D 2487-05	ML
CLASIFICACION AASHTO ASTM D 3282-04	A-4(0)
Descripción de la muestra :	LIMO



**Observación :** El uso de esta información es exclusiva del solicitante  
**Realizado por** Tec. J.CH

- Equipos Usados**
- Bal-TAJ4001-N°1
  - Hor-01-jch
  - Equipo de Casagrande ELE
  - Bal-SE402F-N°2

  
**Jean Chavez R.**  
 Jefe de Calidad

  
**JAVIER FRANCISCO**  
 LA LOA CLAVIJO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667



	<b>FORMULARIO</b>	Código : D-01
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO</b>	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 2-3

**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD  
ASTM D2216, MTC E 108**

INFORME N° : JCH 21-030  
 SOLICITANTE : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA.  
 CODIGO LOCAL : 413294  
 PROYECTO : ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022  
 UBICACIÓN : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA  
 DIRECCIÓN DEL CLIENTE : CALLE 27 250 SAN BORJA

**DATOS DE LA MUESTRA**

Cantera	: -		
Calicata	: C-2		
Muestra	: M-2		
Prof. (m)	: 0,90-5,00	Fecha de Recepción	: 15/03/22
Progresiva	: -	Fecha de Ejecución	: 16/03/22
Coordenadas	: -	Fecha de Emisión	: 17/03/22

Recipiente N°		1	2
Peso de suelo humedo + tara	g	214.9	362.2
Peso de suelo seco + tara	g	186.5	308.0
Peso de tara	g	49.8	44.0
Peso de agua	g	28.4	54.2
Peso de suelo seco	g	136.7	264.0
Contenido de agua	%	20.8	20.5
Contenido de Humedad (%)		20.7	

Observacion : El uso de esta información es exclusiva del solicitante  
 Realizado por Tec. J.CH

**Equipos Usados**  
 Bal-TAJ4001-N°1  
 Hor-01-jch

  
**Jean Chavez R.**  
 Jefe de Calidad

  
**JAVIER FRANCISCO**  
 LA LOA CLAVIJO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667



	<b>FORMULARIO</b>	Código : D-04
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO</b>	Revisión : 1 Fecha : - Página : 1-3

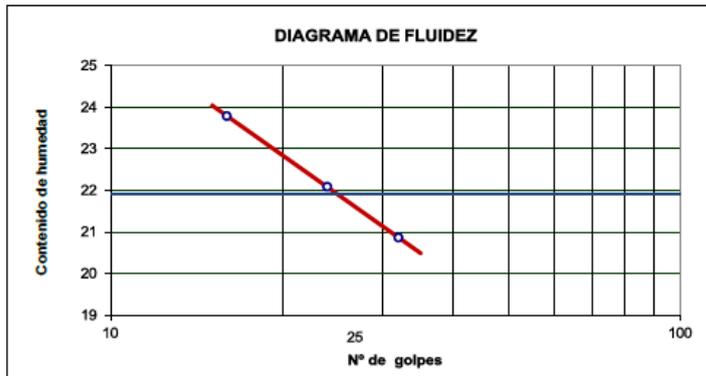
**ENSAYO DE LÍMITE DE CONSISTENCIA  
ASTM D4318, MTC E 110 - E 111**

INFORME N° : JCH 21-030  
 SOLICITANTE : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA.  
 CODIGO LOCAL : 413294  
 PROYECTO : ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022  
 UBICACIÓN : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA  
 DIRECCIÓN DEL CLIENTE : CALLE 27 250 SAN BORJA

**Datos de la Muestra**

Cantera	: -	Fecha de Recepción	: 15/03/22
Calicata	: C-2	Fecha de Ejecución	: 16/03/22
Muestra	: M-2	Fecha de Emisión	: 17/03/22
Prof. (m)	: 0,90-5,00		
Progresiva	: -		
Coordenadas	: -		

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3		
ENSAYO No.					
NÚMERO DE GOLPES	32	24	16		
PESO DE LA LATA (gr)	13.71	12.36	13.49		
PESO LATA + SUELO HÚMEDO (g)	28.54	27.95	28.79		
PESO LATA + SUELO SECO (g)	25.98	25.13	25.85		
PESO AGUA (g)	2.56	2.82	2.94		
PESO SUELO SECO (g)	12.27	12.77	12.38		
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	20.9	22.1	23.8		



LÍMITE LÍQUIDO (%)	21.9
LÍMITE PLÁSTICO (%)	NP
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	NP

Pasante de la malla N°40

Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante  
 Realizado por Tec. J.CH

**Equipos Usados**

- Bal-SE402F-N°2
- Hor-01-jch
- Vidrio esmerilado
- Equipo de Casagrande ELE

  
 Jean Chavez R.  
 Jefe de Calidad

  
 JAVIER FRANCISCO  
 LOA CLAVIJO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667



	<b>FORMULARIO</b>	Código : D-06
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO</b>	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 3-3

**INFORME N°** : JCH 21-030  
**SOLICITANTE** : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA.  
**CODIGO LOCAL** : 413294  
**PROYECTO** : ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022  
**UBICACIÓN** : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA  
**DIRECCIÓN DEL CLIENTE** : CALLE 27 250 SAN BORJA

**Datos de la Muestra:**  
**Cantera** : -  
**Calicata** : C-3  
**Muestra** : M-1  
**Prof. (m)** : 0,20-1,90  
**Progresiva** : -  
**Coordenadas** : -

**Fecha de Recepción** : 15/03/2022  
**Fecha de Ejecución** : 16/03/2022  
**Fecha de Emisión** : 17/03/2022

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D422 / MTC-E107**

Peso Global (seco) (g) 235,4

TAMIZ	ABERTURA (mm)	P. RET. (gr)	RET. (%)	PASA (%)
3"	76.20	--	--	100.0
2"	50.80	--	--	100.0
1 1/2"	38.10	--	--	100.0
1"	25.40	--	--	100.0
3/4"	19.05	--	--	100.0
3/8"	9.525	--	--	100.0
N° 4	4.760	1.6	0.7	99.3
N° 10	2.000	2.7	1.1	98.2
N° 20	0.840	2.7	1.1	97.1
N° 40	0.425	3.1	1.3	95.8
N° 60	0.260	5.6	2.4	93.4
N° 140	0.106	85.7	36.4	57.0
N° 200	0.074	19.6	8.3	48.7
-200		114.7	48.7	0.0

% Grava [N° 4 < f < 3"]	0.7
% Arena [N° 200 < f < N° 4]	50.8
% Finos [< N° 200]	48.7

<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>	
Limite Líquido (%) ASTM D4318-05	--
Limite Plástico (%) ASTM D4318-05	NP
Índice de Plasticidad (%) ASTM D4318-05	NP

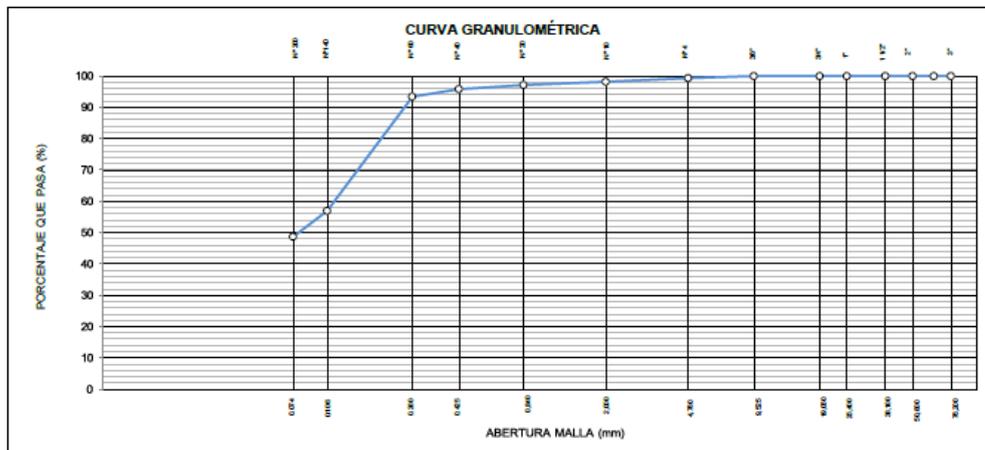
  

<b>Contenido de Humedad ASTM D-2216-05</b>	
Humedad (%)	13.4

<b>CLASIFICACION</b>	
CLASIFICACION SUCS ASTM D 2487-05	SM
CLASIFICACION AASHTO ASTM D 3282-04	A-4(0)

Descripción de la muestra : ARENA LIMOSA



**Observación :** El uso de esta información es exclusiva del solicitante  
**Realizado por** Tec. JCH

- Equipos Usados**
- Bal-TAJ4001-N°1
  - Hor-01-jch
  - Equipo de Casagrande ELE
  - Bal-SE402F-N°2

  
**Jean Chavez R.**  
 Jefe de Calidad

  
**JAVIER FRANCISCO**  
 IN LOA CLAVIJO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667



	<b>FORMULARIO</b>	Código : D-01
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO</b>	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 2-3

**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD  
ASTM D2216, MTC E 108**

INFORME N° : JCH 21-030  
 SOLICITANTE : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA.  
 CODIGO LOCAL : 413294  
 PROYECTO : ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022  
 UBICACIÓN : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA  
 DIRECCIÓN DEL CLIENTE : CALLE 27 250 SAN BORJA

**DATOS DE LA MUESTRA**

Cantera	:	-		
Calicata	:	C-3		
Muestra	:	M-1		
Prof. (m)	:	0,20-1,90	Fecha de Recepción	: 15/03/22
Progresiva	:	-	Fecha de Ejecución	: 16/03/22
Coordenadas	:	-	Fecha de Emisión	: 17/03/22

Recipiente N°		1	2
Peso de suelo humedo + tara	g	191.7	295.5
Peso de suelo seco + tara	g	174.7	264.8
Peso de tara	g	47.6	36.6
Peso de agua	g	17.0	30.7
Peso de suelo seco	g	127.1	228.2
Contenido de agua	%	13.4	13.5
Contenido de Humedad (%)		13.4	

Observacion : El uso de esta información es exclusiva del solicitante  
 Realizado por Tec. J.CH

**Equipos Usados**  
 Bal-TAJ4001-N°1  
 Hor-01-jch

  
 Jean Chavez R.  
 Jefe de Calidad

  
 JAVIER FRANCISCO  
 LA LOA CLAVIJO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667



	<b>FORMULARIO</b>	Código : D-04
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO</b>	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 1-3

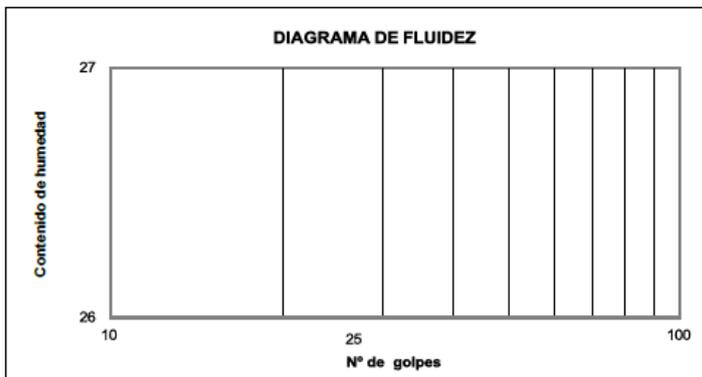
**ENSAYO DE LÍMITE DE CONSISTENCIA  
ASTM D4318, MTC E 110 - E 111**

INFORME N° : JCH 21-030  
 SOLICITANTE : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA.  
 CODIGO LOCAL : 413294  
 PROYECTO : ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022  
 UBICACIÓN : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA  
 DIRECCIÓN DEL CLIENTE : CALLE 27 250 SAN BORJA

**Datos de la Muestra**

Cantera : -  
 Calicata : C-3  
 Muestra : M-1  
 Prof. (m) : 0,20-1,90  
 Progresiva : -  
 Coordenadas : -  
 Fecha de Recepción : 15/03/22  
 Fecha de Ejecución : 16/03/22  
 Fecha de Emisión : 17/03/22

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO
ENSAYO No.		
NÚMERO DE GOLPES		
PESO DE LA LATA (gr)		
PESO LATA + SUELO HÚMEDO (g)		
PESO LATA + SUELO SECO (g)		
PESO AGUA (g)		
PESO SUELO SECO (g)		
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		



LÍMITE LÍQUIDO (%)	—
LÍMITE PLÁSTICO (%)	NP
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	NP

Pasante de la malla N°40

Observacion : El uso de esta información es exclusiva del solicitante  
 Realizado por Tec. J.CH

**Equipos Usados**

- Bal-SE402F-N°2
- Hor-01-jch
- Vidrio esmerilado
- Equipo de Casagrande ELE

  
 Jean Chavez R.  
 Jefe de Calidad

  
 JAVIER FRANCISCO  
 LA LOA CLAVIJO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667





	<b>FORMULARIO</b>	Código : D-01
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO</b>	Revisión : 1 Fecha : - Página : 2-3

**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD  
ASTM D2216, MTC E 108**

**INFORME N°** : JCH 21-030  
**SOLICITANTE** : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA.  
**CODIGO LOCAL** : 413294  
**PROYECTO** : ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LIQUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022  
**UBICACIÓN** : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA  
**DIRECCIÓN DEL CLIENTE** : CALLE 27 250 SAN BORJA

**DATOS DE LA MUESTRA**

Cantera	: -		
Calicata	: C-3		
Muestra	: M-2		
Prof. (m)	: 1,90-5,00	Fecha de Recepción	: 15/03/22
Progresiva	: -	Fecha de Ejecución	: 16/03/22
Coordenadas	: -	Fecha de Emisión	: 17/03/22

Recipiente N°		1	2
Peso de suelo humedo + tara	g	155.9	326.6
Peso de suelo seco + tara	g	150.9	314.2
Peso de tara	g	50.4	50.6
Peso de agua	g	5.0	12.4
Peso de suelo seco	g	100.5	263.6
Contenido de agua	%	5.0	4.7
<b>Contenido de Humedad (%)</b>		<b>4.8</b>	

Observacion : *El uso de esta información es exclusiva del solicitante*  
 Realizado por *Tec. J.CH*

**Equipos Usados**  
 Bal-TAJ4001-N°1  
 Hor-01-jch

  
 Jean Chavez R.  
 Jefe de Calidad

  
 JAVIER FRANCISCO  
 EL LOA CLAVIJO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667



	<b>FORMULARIO</b>	Código : D-04
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO</b>	Revisión : 1 Fecha : - Página : 1-3

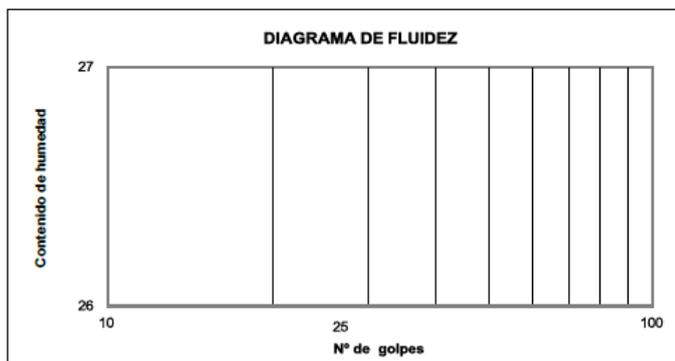
**ENSAYO DE LÍMITE DE CONSISTENCIA  
ASTM D4318, MTC E 110 - E 111**

INFORME N° : JCH 21-030  
 SOLICITANTE : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA.  
 CODIGO LOCAL : 413294  
 PROYECTO : ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022  
 UBICACIÓN : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA  
 DIRECCIÓN DEL CLIENTE : CALLE 27 250 SAN BORJA

**Datos de la Muestra**

Cantera	: -	Fecha de Recepción	: 15/03/22
Calicata	: C-3	Fecha de Ejecución	: 16/03/22
Muestra	: M-2	Fecha de Emisión	: 17/03/22
Prof. (m)	: 1,90-5,00		
Progresiva	: -		
Coordenadas	: -		

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO
ENSAYO No.		
NÚMERO DE GOLPES		
PESO DE LA LATA (gr)		
PESO LATA + SUELO HÚMEDO (g)		
PESO LATA + SUELO SECO (g)		
PESO AGUA (g)		
PESO SUELO SECO (g)		
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		



LÍMITE LÍQUIDO (%)	---
LÍMITE PLÁSTICO (%)	NP
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	NP

Pasante de la malla N°40

Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante  
 Realizado por Tec. J.CH

- Equipos Usados**
- Bal-SE402F-N°2
  - Hor-01-jch
  - Vidrio esmerilado
  - Equipo de Casagrande ELE

  
 Jean Chavez R.  
 Jefe de Calidad

  
 JAVIER FRANCISCO  
 IN LOA GLAVIJO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667



	<b>FORMULARIO</b>	Código : D-06
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO</b>	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 3-3

**INFORME N°** : JCH 21-030  
**SOLICITANTE** : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA.  
**CODIGO LOCAL** : 413294  
**PROYECTO** : ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022  
**UBICACIÓN** : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA  
**DIRECCIÓN DEL CLIENTE** : CALLE 27 250 SAN BORJA

**Datos de la Muestra:**  
 Cantera : -  
 Calicata : C-4  
 Muestra : M-1  
 Prof. (m) : 0,30-1,10  
 Progresiva : -  
 Coordenadas : -

Fecha de Recepción : 15/03/2022  
 Fecha de Ejecución : 16/03/2022  
 Fecha de Emisión : 17/03/2022

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D422 / MTC-E107**

Peso Global (seco) (g) 404.6

TAMIZ	ABERTURA (mm)	P. RET. (gr)	RET. (%)	PASA (%)	
3"	76.20	--	--	100.0	% Grava [N° 4 < f < 3"] 0.0
2"	50.80	--	--	100.0	% Arena [N° 200 < f < N° 4] 3.0
1 1/2"	38.10	--	--	100.0	% Finos [< N° 200] 97.0
1"	25.40	--	--	100.0	
3/4"	19.05	--	--	100.0	
3/8"	9.525	--	--	100.0	
N° 4	4.750	--	--	100.0	
N° 10	2.000	1.8	0.4	99.6	
N° 20	0.840	0.9	0.2	99.4	
N° 40	0.425	0.7	0.2	99.2	
N° 60	0.250	0.7	0.2	99.0	
N° 140	0.106	6.2	1.5	97.5	
N° 200	0.074	1.9	0.5	97.0	
-200		392.5	97.0	0.0	

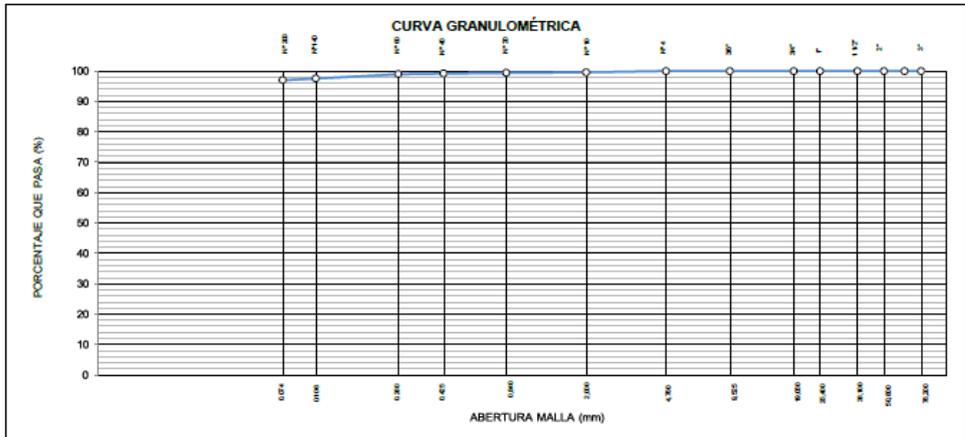
<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>	
Limite Líquido (%) ASTM D4318-05	34.4
Limite Plástico (%) ASTM D4318-05	18.8
Índice de Plasticidad (%) ASTM D4318-05	15.5

<b>Contenido de Humedad ASTM D-2218-05</b>	
Humedad (%)	26.9

<b>CLASIFICACION</b>	
CLASIFICACION SUCS ASTM D 2487-05	CL
CLASIFICACION AASHTO ASTM D 3282-04	A-8(15)
Descripción de la muestra :	ARCILLA



Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante  
 Realizado por : Tec. J.CH

- Equipos Usados**
- Bal-TAJ4001-N°1
  - Hor-01-jch
  - Equipo de Casagrande ELE
  - Bal-SE402F-N°2

  
**Jean Chavez R.**  
 Jefe de Calidad

  
**JAVIER FRANCISCO**  
 LA LOA CLAVIJO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667



	<b>FORMULARIO</b>	Código : D-01
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO</b>	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 2-3

**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD  
ASTM D2216, MTC E 108**

INFORME N° : JCH 21-030  
 SOLICITANTE : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA.  
 CODIGO LOCAL : 413294  
 PROYECTO : ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022  
 UBICACIÓN : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA  
 DIRECCIÓN DEL CLIENTE : CALLE 27 250 SAN BORJA

**DATOS DE LA MUESTRA**

Cantera	:	-		
Calicata	:	C-4		
Muestra	:	M-1		
Prof. (m)	:	0,30-1,10	Fecha de Recepción	: 15/03/22
Progresiva	:	-	Fecha de Ejecución	: 16/03/22
Coordenadas	:	-	Fecha de Emisión	: 17/03/22

Recipiente N°		1	2
Peso de suelo humedo + tara	g	254.1	356.8
Peso de suelo seco + tara	g	210.2	293.6
Peso de tara	g	48.4	56.6
Peso de agua	g	43.9	63.2
Peso de suelo seco	g	161.8	237.0
Contenido de agua	%	27.1	26.7
Contenido de Humedad (%)		26.9	

Observacion : El uso de esta información es exclusiva del solicitante  
 Realizado por Tec. J.CH

**Equipos Usados**  
 Bal-TAJ4001-N°1  
 Hor-01-jch

  
 Jean Chavez R.  
 Jefe de Calidad

  
 JAVIER FRANCISCO  
 LOA CLAVIJO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667



	<b>FORMULARIO</b>	Código : D-04
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO</b>	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 1-3

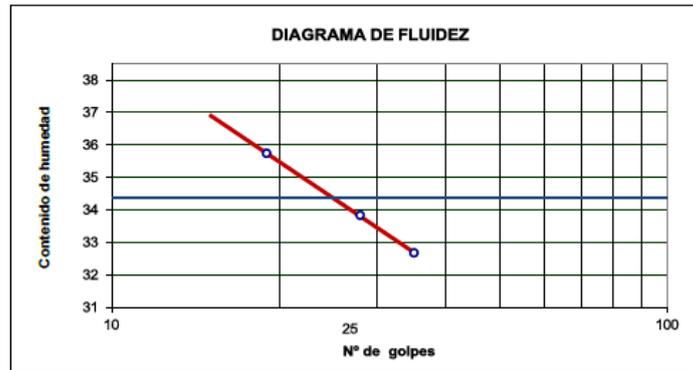
**ENSAYO DE LÍMITE DE CONSISTENCIA  
ASTM D4318, MTC E 110 - E 111**

**INFORME N°** : JCH 21-030  
**SOLICITANTE** : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA.  
**CODIGO LOCAL** : 413294  
**PROYECTO** : ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022  
**UBICACIÓN** : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA  
**DIRECCIÓN DEL CLIENTE** : CALLE 27 250 SAN BORJA

**Datos de la Muestra**

Cantera	: -	Fecha de Recepción	: 15/03/22
Calicata	: C-4	Fecha de Ejecución	: 16/03/22
Muestra	: M-1	Fecha de Emisión	: 17/03/22
Prof. (m)	: 0,30-1,10		
Progresiva	: -		
Coordenadas	: -		

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	1	2
ENSAYO No.	35	28	19		
NÚMERO DE GOLPES	35	28	19		
PESO DE LA LATA (gr)	12.30	13.59	12.64	11.33	12.47
PESO LATA + SUELO HUMEDO (g)	24.36	25.26	24.87	19.93	20.84
PESO LATA + SUELO SECO (g)	21.39	22.31	21.65	18.56	19.52
PESO AGUA (g)	2.97	2.95	3.22	1.37	1.32
PESO SUELO SECO (g)	9.09	8.72	9.01	7.23	7.05
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	32.7	33.8	35.7	18.9	18.7



LÍMITE LÍQUIDO (%)	34.4
LÍMITE PLÁSTICO (%)	18.8
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	15.5

Pasante de la malla N°40

Observacion : El uso de esta información es exclusiva del solicitante  
 Realizado por Tec. J.CH

- Equipos Usados**
- Bal-SE402F-N°2
  - Hor-01-jch
  - Vidrio esmerilado
  - Equipo de Casagrande ELE

  
**Jean Chavez R.**  
 Jefe de Calidad

  
**JAVIER FRANCISCO  
 LOA CLAVIJO**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667



	FORMULARIO	Código : D-06
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 3-3

INFORME N° : JCH 21-030  
 SOLICITANTE : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA.  
 CODIGO LOCAL : 413294  
 PROYECTO : ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022  
 UBICACIÓN : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA  
 DIRECCIÓN DEL CLIENTE : CALLE 27 250 SAN BORJA

**Datos de la Muestra:**  
 Cantera : -  
 Calicata : C-4  
 Muestra : M-2  
 Prof. (m) : 1,10-5,00  
 Fecha de Recepción : 15/03/2022  
 Progresiva : -  
 Fecha de Ejecución : 16/03/2022  
 Coordenadas : -  
 Fecha de Emisión : 17/03/2022

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D422 / MTC-E107**

Peso Global (seco) (g) 331.9

TAMIZ	ABERTURA (mm)	P. RET. (gr)	RET. (%)	PASA (%)	% Grava [N° 4 < f < 3"]	% Arena [N° 200 < f < N° 4]	% Finos [ < N° 200]
3"	76.20	--	--	100.0	2.3	55.3	42.4
2"	50.80	--	--	100.0			
1 1/2"	38.10	--	--	100.0			
1"	25.40	--	--	100.0			
3/4"	19.05	--	--	100.0			
3/8"	9.525	--	--	100.0			
N° 4	4.760	7.7	2.3	97.7			
N° 10	2.000	1.0	0.3	97.4			
N° 20	0.840	3.0	0.9	96.5			
N° 40	0.425	2.3	0.7	95.8			
N° 60	0.260	3.3	1.0	94.8			
N° 140	0.106	150.6	45.4	49.4			
N° 200	0.074	23.2	7.0	42.4			
-200		140.7	42.4	0.0			

LIMITE DE CONSISTENCIA	
Limite Líquido (%) ASTM D4318-05	--
Limite Plástico (%) ASTM D4318-05	NP
Índice de Plasticidad (%) ASTM D4318-05	NP

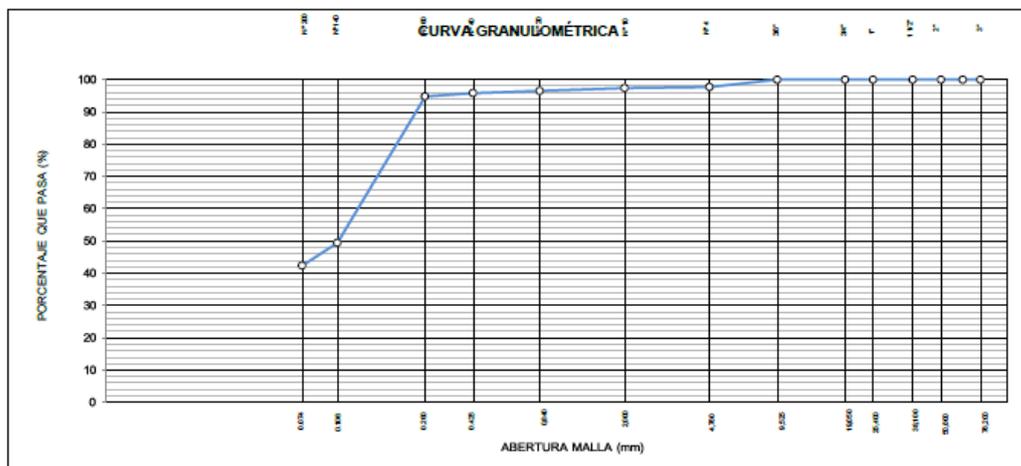
  

Contenido de Humedad ASTM D-2216-05	
Humedad (%)	15.1

CLASIFICACION	
CLASIFICACION SUCS ASTM D 2487-05	SM
CLASIFICACION AASHTO ASTM D 3282-04	A-4(0)

Descripción de la muestra : ARENA LIMOSA



Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante  
 Realizado por Tec. JCH

- Equipos Usados
- Bal-TA, J4001-N°1
  - Hor-01-jch
  - Equipo de Casagrande ELE
  - Bal-SE402F-N°2

  
 Jean Chavez R.  
 Jefe de Calidad

  
 JAVIER FRANCISCO  
 LA LOA CLAIVJO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667



	<b>FORMULARIO</b>	Código : D-01
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO</b>	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 2-3

**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD  
ASTM D2216, MTC E 108**

INFORME N° : JCH 21-030  
 SOLICITANTE : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA.  
 CODIGO LOCAL : 413294  
 PROYECTO : ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022  
 UBICACIÓN : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA  
 DIRECCIÓN DEL CLIENTE : CALLE 27 250 SAN BORJA

**DATOS DE LA MUESTRA**

Cantera	:	-	Fecha de Recepción	:	15/03/22
Calicata	:	C-4	Fecha de Ejecución	:	16/03/22
Muestra	:	M-2	Fecha de Emisión	:	17/03/22
Prof. (m)	:	1,10-5,00			
Progresiva	:	-			
Coordenadas	:	-			

Recipiente N°		1	2
Peso de suelo humedo + tara	g	215.0	299.9
Peso de suelo seco + tara	g	191.6	268.0
Peso de tara	g	38.0	54.2
Peso de agua	g	23.4	31.9
Peso de suelo seco	g	153.6	213.8
Contenido de agua	%	15.2	14.9
Contenido de Humedad (%)		15.1	

Observacion : El uso de esta información es exclusiva del solicitante  
 Realizado por Tec. J.CH

**Equipos Usados**  
 Bal-TAJ4001-N°1  
 Hor-01-jch

  
 Jean Chavez R.  
 Jefe de Calidad

  
 JAVIER FRANCISCO  
 LR LOA CLAVIJO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667



	<b>FORMULARIO</b>	Código : D-04
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO</b>	Revisión : 1 Fecha : - Página : 1-3

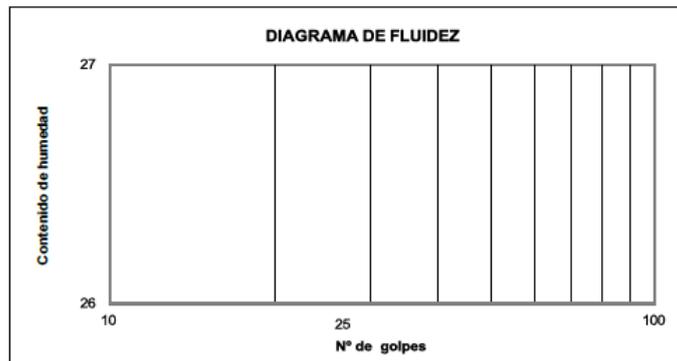
**ENSAYO DE LÍMITE DE CONSISTENCIA  
ASTM D4318, MTC E 110 - E 111**

INFORME N° : JCH 21-030  
 SOLICITANTE : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA.  
 CODIGO LOCAL : 413294  
 PROYECTO : ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022  
 UBICACIÓN : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA  
 DIRECCIÓN DEL CLIENTE : CALLE 27 250 SAN BORJA

**Datos de la Muestra**

Cantera	: -	Fecha de Recepción	: 15/03/22
Calicata	: C-4	Fecha de Ejecución	: 16/03/22
Muestra	: M-2	Fecha de Emisión	: 17/03/22
Prof. (m)	: 1,10-5,00		
Progresiva	: -		
Coordenadas	: -		

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO
ENSAYO No.		
NÚMERO DE GOLPES		
PESO DE LA LATA (gr)		
PESO LATA + SUELO HÚMEDO (g)		
PESO LATA + SUELO SECO (g)		
PESO AGUA (g)		
PESO SUELO SECO (g)		
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		



LÍMITE LÍQUIDO (%)	---
LÍMITE PLÁSTICO (%)	NP
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	NP

Pasante de la malla N°40

Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante  
 Realizado por Tec. J.CH

- Equipos Usados**
- Bal-SE402F-N°2
  - Hor-01-jch
  - Vidrio esmerilado
  - Equipo de Casagrande ELE

  
 Jean Chavez R.  
 Jefe de Calidad

  
 JAVIER FRANCISCO  
 LOA CLAVIJO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667



	<b>FORMULARIO</b>	Código : D-06
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO</b>	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 3-3

**INFORME N°** : JCH 21-030  
**SOLICITANTE** : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA.  
**CODIGO LOCAL** : 413294  
**PROYECTO** : ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022  
**UBICACIÓN** : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA  
**DIRECCIÓN DEL CLIENTE** : CALLE 27 250 SAN BORJA

**Datos de la Muestra:**  
**Cantera** : -  
**Calicata** : C-5  
**Muestra** : M-1  
**Prof. (m)** : 0,20-1,70  
**Progresiva** : -  
**Coordenadas** : -

**Fecha de Recepción** : 15/03/2022  
**Fecha de Ejecución** : 16/03/2022  
**Fecha de Emisión** : 17/03/2022

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D422 / MTC-E107**

Peso Global (seco) (g) 408.9

TAMIZ	ABERTURA (mm)	P. RET. (gr)	RET. (%)	PASA (%)
3"	76.20	--	--	100.0
2"	50.80	--	--	100.0
1 1/2"	38.10	--	--	100.0
1"	25.40	--	--	100.0
3/4"	19.05	--	--	100.0
3/8"	9.525	--	--	100.0
N° 4	4.760	--	--	100.0
N° 10	2.000	3.7	0.9	99.1
N° 20	0.840	9.0	2.2	96.9
N° 40	0.425	3.3	0.8	96.1
N° 60	0.260	1.6	0.4	95.7
N° 140	0.106	21.7	5.3	90.4
N° 200	0.074	10.3	2.5	87.9
-200		359.4	87.9	0.0

% Grava [N° 4 < f < 3"]	0.0
% Arena [N° 200 < f < N° 4]	12.1
% Finos [ < N° 200]	87.9

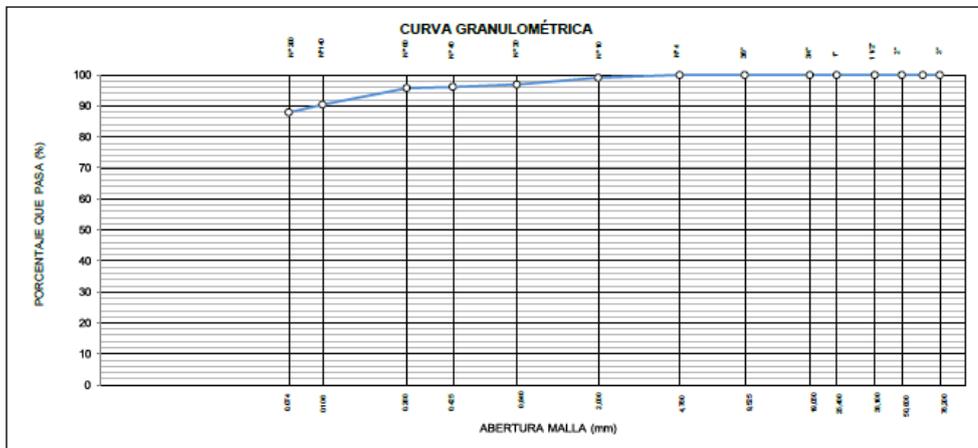
<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>	
Límite Líquido (%) ASTM D4318-05	29.7
Límite Plástico (%) ASTM D4318-05	19.2
Índice de Plasticidad (%) ASTM D4318-05	10.6

<b>Contenido de Humedad ASTM D-2216-05</b>	
Humedad (%)	27.4

<b>CLASIFICACION</b>	
CLASIFICACION SUCS ASTM D 2487-05	CL
CLASIFICACION AASHTO ASTM D 3282-04	A-6(9)
Descripción de la muestra :	ARCILLA



**Observación :** El uso de esta información es exclusiva del solicitante  
**Realizado por** Tec. JCH  
**Equipos Usados**  
 - Bal-TAJ4001-N°1  
 - Hor-01-jch  
 - Equipo de Casagrande ELE  
 - Bal-SE402F-N°2

  
**Jean Chavez R.**  
 Jefe de Calidad

  
**JAVIER FRANCISCO**  
 LA LOA CLAVIJO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667



	<b>FORMULARIO</b>	Código : D-01
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO</b>	Revisión : 1 Fecha : - Página : 2-3

**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD  
ASTM D2216, MTC E 108**

INFORME N° : JCH 21-030  
 SOLICITANTE : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA.  
 CODIGO LOCAL : 413294  
 PROYECTO : ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022  
 UBICACIÓN : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA  
 DIRECCIÓN DEL CLIENTE : CALLE 27 250 SAN BORJA

**DATOS DE LA MUESTRA**

Cantera	: -		
Calicata	: C-5		
Muestra	: M-1		
Prof. (m)	: 0,20-1,70	Fecha de Recepción	: 15/03/22
Progresiva	: -	Fecha de Ejecución	: 16/03/22
Coordenadas	: -	Fecha de Emisión	: 17/03/22

Recipiente N°		1	2
Peso de suelo humedo + tara	g	276.7	375.6
Peso de suelo seco + tara	g	234.5	310.0
Peso de tara	g	82.3	66.9
Peso de agua	g	42.2	65.6
Peso de suelo seco	g	152.2	243.1
Contenido de agua	%	27.7	27.0
Contenido de Humedad (%)		27.4	

Observacion : El uso de esta información es exclusiva del solicitante  
 Realizado por Tec. J.CH

**Equipos Usados**  
 Bal-TAJ4001-N°1  
 Hor-01-jch

  
 Jean Chavez R.  
 Jefe de Calidad

  
 JAVIER FRANCISCO  
 LOA GLAVIJO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667



	<b>FORMULARIO</b>	Código : D-04
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO</b>	Revisión : 1 Fecha : - Página : 1-3

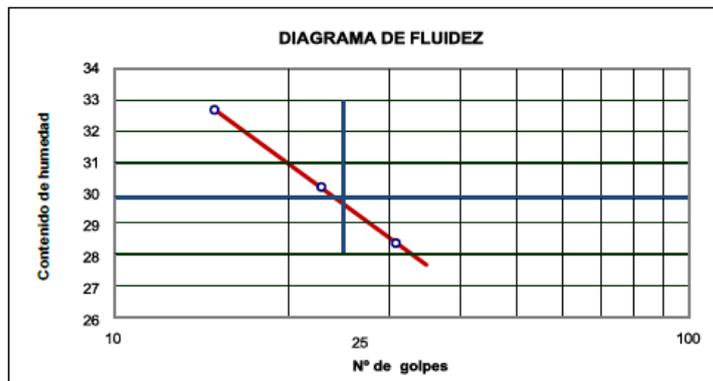
**ENSAYO DE LÍMITE DE CONSISTENCIA  
ASTM D4318, MTC E 110 - E 111**

**INFORME N°** : JCH 21-030  
**SOLICITANTE** : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA.  
**CODIGO LOCAL** : 413294  
**PROYECTO** : ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022  
**UBICACIÓN** : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA  
**DIRECCIÓN DEL CLIENTE** : CALLE 27 250 SAN BORJA

**Datos de la Muestra**

**Cantera** : -  
**Calicata** : C-5  
**Muestra** : M-1  
**Prof. (m)** : 0,20-1,70  
**Progresiva** : -  
**Coordenadas** : -  
**Fecha de Recepción** : 15/03/22  
**Fecha de Ejecución** : 16/03/22  
**Fecha de Emisión** : 17/03/22

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	1	2
ENSAYO No.	1	2	3	1	2
NÚMERO DE GOLPES	31	23	15		
PESO DE LA LATA (gr)	12.39	11.01	11.94	10.93	11.15
PESO LATA + SUELO HÚMEDO (g)	23.63	22.51	24.12	18.64	19.61
PESO LATA + SUELO SECO (g)	21.14	19.84	21.12	17.41	18.24
PESO AGUA (g)	2.49	2.67	3.00	1.23	1.37
PESO SUELO SECO (g)	8.75	8.83	9.18	6.48	7.09
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	28.5	30.2	32.7	19.0	19.3



LÍMITE LÍQUIDO (%)	29.7
LÍMITE PLÁSTICO (%)	19.2
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	10.6

Pasante de la malla N°40

**Observacion :** El uso de esta información es exclusiva del solicitante  
**Realizado por** Tec. J.CH

**Equipos Usados**

- Bal-SE402F-N°2
- Hor-01-jch
- Vidrio esmerilado
- Equipo de Casagrande ELE

  
**Jean Chavez R.**  
 Jefe de Calidad

  
**JAVIER FRANCISCO**  
 LA LOA CLAVIJO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 183667



	<b>FORMULARIO</b>	Código : D-06
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO</b>	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 3-3

**INFORME N°** : JCH 21-030  
**SOLICITANTE** : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA.  
**CODIGO LOCAL** : 413294  
**PROYECTO** : ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022  
**UBICACIÓN** : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA  
**DIRECCIÓN DEL CLIENTE** : CALLE 27 250 SAN BORJA

**Datos de la Muestra:**  
**Cantera** : -  
**Calicata** : C-5  
**Muestra** : M-2  
**Prof. (m)** : 1,70-5,00  
**Progresiva** : -  
**Coordenadas** : -

**Fecha de Recepción** : 15/03/2022  
**Fecha de Ejecución** : 16/03/2022  
**Fecha de Emisión** : 17/03/2022

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D422 / MTC-E107**

Peso Global (seco) (g) 263.6

TAMIZ	ABERTURA (mm)	P. RET. (gr)	RET. (%)	PASA (%)
3"	76.20	--	--	100.0
2"	50.80	--	--	100.0
1 1/2"	38.10	--	--	100.0
1"	25.40	--	--	100.0
3/4"	19.05	--	--	100.0
3/8"	9.525	--	--	100.0
N° 4	4.760	--	--	100.0
N° 10	2.000	--	--	100.0
N° 20	0.840	0.3	0.1	99.9
N° 40	0.425	0.3	0.1	99.8
N° 60	0.260	1.4	0.5	99.3
N° 140	0.106	166.2	63.1	36.2
N° 200	0.074	30.4	11.5	24.7
-200		65.0	24.7	0.0

% Grava [N° 4 < f < 3"]	0.0
% Arena [N° 200 < f < N° 4]	75.3
% Finos [ < N° 200]	24.7

<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>	
Límite Líquido (%) ASTM D4318-05	--
Límite Plástico (%) ASTM D4318-05	NP
Índice de Plasticidad (%) ASTM D4318-05	NP

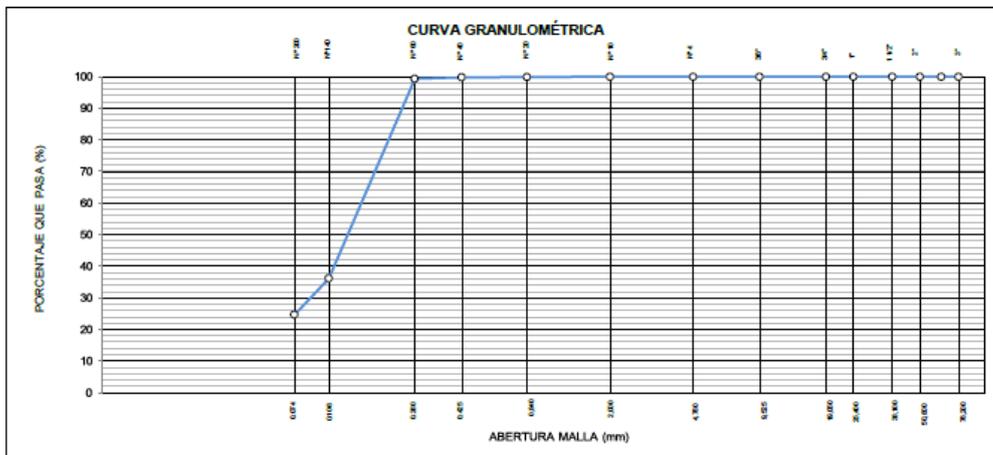
  

<b>Contenido de Humedad ASTM D-2216-05</b>	
Humedad (%)	6.0

<b>CLASIFICACION</b>	
CLASIFICACION SUCS ASTM D 2487-05	SM
CLASIFICACION AASHTO ASTM D 3282-04	A-2-4(0)

Descripción de la muestra : ARENA LIMOSA



Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante  
 Realizado por Tec. JCH

- Equipos Usados**
- Bal-TAJ4001-N°1
  - Hor-01-jch
  - Equipo de Casagrande ELE
  - Bal-SE402F-N°2

*Jean Chavez R.*  
**Jean Chavez R.**  
 Jefe de Calidad

*Javier Francisco*  
**JAVIER FRANCISCO**  
 IN LOA CLAVIJO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667



	<b>FORMULARIO</b>	Código : D-01
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO</b>	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 2-3

**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD  
ASTM D2216, MTC E 108**

INFORME N° : JCH21-030  
 SOLICITANTE : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA.  
 CODIGO LOCAL : 413294  
 PROYECTO : ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022  
 UBICACIÓN : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA  
 DIRECCIÓN DEL CLIENTE : CALLE 27 250 SAN BORJA

**DATOS DE LA MUESTRA**

Cantera	: -	Fecha de Recepción	: 15/03/22
Calicata	: C-5	Fecha de Ejecución	: 16/03/22
Muestra	: M-2	Fecha de Emisión	: 17/03/22
Prof. (m)	: 1,70-5,00		
Progresiva	: -		
Coordenadas	: -		

Recipiente N°	1	2
Peso de suelo humedo + tara	g 177.3	226.6
Peso de suelo seco + tara	g 170.0	216.0
Peso de tara	g 44.4	42.6
Peso de agua	g 7.3	10.6
Peso de suelo seco	g 125.6	173.4
Contenido de agua	% 5.8	6.1
Contenido de Humedad (%)	6.0	

Observacion : El uso de esta información es exclusiva del solicitante  
 Realizado por Tec. J.CH

**Equipos Usados**  
 Bal-TAJ4001-N°1  
 Hor-01-jch

  
 Jean Chavez R.  
 Jefe de Calidad

  
 JAVIER FRANCISCO  
 LOA CLAVIJO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667



	<b>FORMULARIO</b>	Código : D-04
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO</b>	Revisión : 1 Fecha : - Página : 1-3

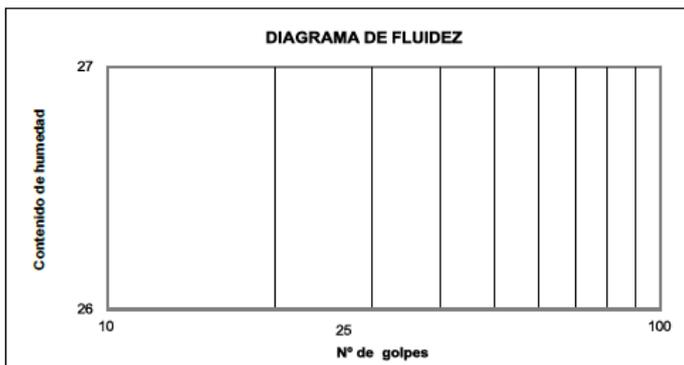
**ENSAYO DE LÍMITE DE CONSISTENCIA  
ASTM D4318, MTC E 110 - E 111**

INFORME N° : JCH 21-030  
 SOLICITANTE : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA.  
 CODIGO LOCAL : 413294  
 PROYECTO : ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022  
 UBICACIÓN : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA  
 DIRECCIÓN DEL CLIENTE : CALLE 27 250 SAN BORJA

**Datos de la Muestra**

Cantera	: -	Fecha de Recepción	: 15/03/22
Calicata	: C-5	Fecha de Ejecución	: 16/03/22
Muestra	: M-2	Fecha de Emisión	: 17/03/22
Prof. (m)	: 1,70-5,00		
Progresiva	: -		
Coordenadas	: -		

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO
ENSAYO No.		
NÚMERO DE GOLPES		
PESO DE LA LATA (gr)		
PESO LATA + SUELO HÚMEDO (g)		
PESO LATA + SUELO SECO (g)		
PESO AGUA (g)		
PESO SUELO SECO (g)		
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		



LÍMITE LÍQUIDO (%)	—
LÍMITE PLÁSTICO (%)	NP
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	NP

Pasante de la malla N°40

Observacion : El uso de esta información es exclusiva del solicitante  
 Realizado por Tec. J.CH

**Equipos Usados**

- Bal-SE402F-N°2
- Hor-01-jch
- Vidrio esmerilado
- Equipo de Casagrande ELE

  
 .....  
**Jean Chavez R.**  
 Jefe de Calidad

  
 .....  
**JAVIER FRANCISCO  
 LOA CLAVIJO**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667





**FORMULARIO**

---

**INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS**

Código : P-02  
 Revisión : 1  
 Fecha : -  
 Página : 1 de 3

**PRÓCTOR MODIFICADO**  
 NTP 339.141 / ASTM D-1557

INFORME N° : JCH 21-030  
 SOLICITANTE : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA.  
 CODIGO LOCAL : 413294  
 PROYECTO : ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022  
 UBICACIÓN : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA  
 DIRECCIÓN DEL CLIENTE : CALLE 27 250 SAN BORJA

Calicata : C-1	Clasificación SUCS : ML	Fecha de Recepción : 11/03/22
Muestra : M-1	Clasificación AASHTO : A-6(16)	Fecha de Ejecución : 15/03/22
Profundidad (m) : 0,60-1,90	Peso específico : -	Fecha de Emisión : 18/03/22
Progresiva : --	Método : A	
Coordenadas : --		

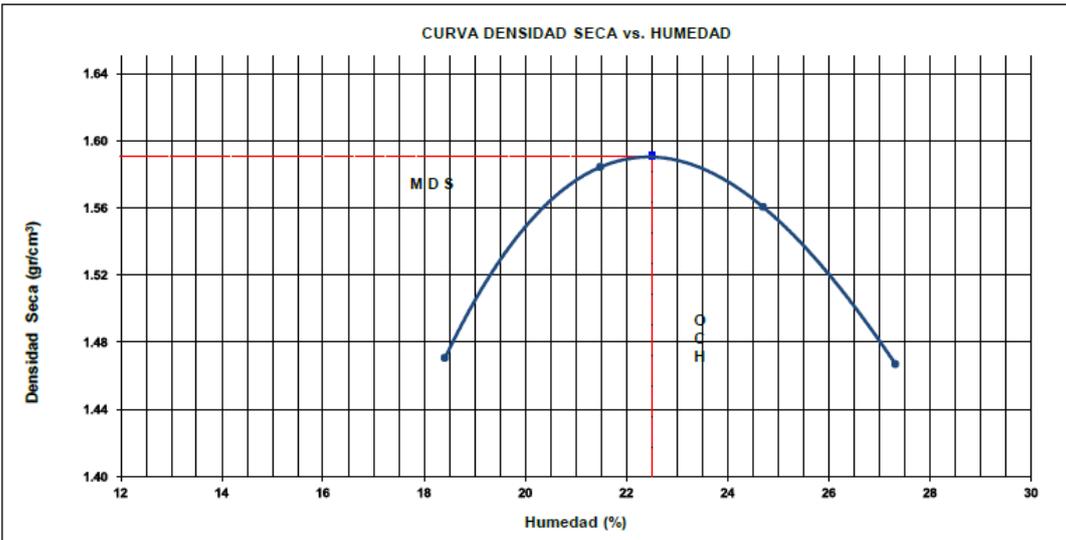
**COMPACTACIÓN**

Prueba N°	1	2	3	4
Peso del molde + Suelo compacto (gr)	5625	5698	5718	5644
Peso del Molde (gr)	3883	3883	3883	3883
Peso suelo compacto (gr)	1642	1815	1835	1761
Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	943.0	943.0	943.0	943.0
Densidad Humeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.741	1.925	1.946	1.867
Densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.471	1.584	1.560	1.467

**HUMEDAD**

Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo humedo (gr)	230.0	186.7	219.0	258.0
Tara + suelo seco (gr)	202.2	163.0	186.0	213.3
Peso del agua (gr)	27.8	23.7	33.0	44.7
Peso de tara (gr)	51.2	52.7	52.4	49.7
Peso suelo seco (gr)	151.0	110.3	133.6	163.6
Contenido de humedad(%)	18.4	21.5	24.7	27.3

Maxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.591 (gr/cm<sup>3</sup>)  
 Optimo Contenido Humedad(%) : 22.5 (%)



Observaciones : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.

Realizado por : Tec. J.Ch

*Jean Chavez R.*  
 JEAN CHAVEZ R.  
 JEFE DE CALIDAD

*Javier Francisco Loza Clavijo*  
 JAVIER FRANCISCO  
 LOZA CLAVIJO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667



Equipo usados
Bal-R31P30-N°3
Bal-TAJ4001-N°1
Hor-01-JCH
Maq. Ensayo 50Kn

	FORMULARIO	Código : P-03
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión : 1 Fecha : - Página : 2 de 3

**CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)**  
NTP 339.145 / ASTM D-1883

INFORME N° : JCH 21-030  
 SOLICITANTE : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA.  
 CODIGO LOCAL : 413294  
 PROYECTO : ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022  
 UBICACIÓN : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA  
 DIRECCIÓN DEL CLIENTE : CALLE 27 250 SAN BORJA

Calicata : C-1	Clasificación SUCS : ML	Fecha de Recepción : 11/03/22
Muestra : M-1	Clasificación AASHTO : A-6(16)	Fecha de Ejecución : 15/03/22
Profundidad(m) : 0,60-1,90	Método : A	Fecha de Emisión : 18/03/22
Progresiva : --		
Coordenadas : --		

MDS (gr/cm3)	COMPACTACIÓN					
	A-5		C-2		B-6	
OCH (%)	56		25		10	
Nº molde	56		25		10	
Nº de golpes por capa	56		25		10	
Condición de la muestra	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado	No saturado	saturado
Peso del molde + Suelo compacto (gr)	11943	12023	12390	12500	11570	11710
Peso del Molde (gr)	7766	7766	8402	8402	7795	7795
Peso suelo compacto (gr)	4177	4257	3988	4098	3775	3915
Volumen del Molde (cm3)	2143	2209	2126	2200	2140	2219
Densidad Humeda (gr/cm3)	1.950	1.927	1.876	1.862	1.764	1.764
Densidad seca (gr/cm3)	1.591	1.566	1.533	1.509	1.439	1.422

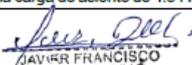
Tara Nº	HUMEDAD					
	1	2	3	4	5	6
Tara + suelo humedo (gr)	552.6	526.3	510.3	486.3	500.2	478.9
Tara + suelo seco (gr)	466.1	438.4	430.0	409.7	425.0	402.8
Peso del agua (gr)	86.5	87.9	80.3	76.6	75.2	76.1
Peso de tara (gr)	82.5	56.9	70.9	82.1	92.1	86.6
Peso suelo seco (gr)	383.6	381.5	359.1	327.6	332.9	316.2
Contenido de humedad(%)	22.5	23.0	22.4	23.4	22.6	24.1

FECHA	T	HORA	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
				15/03/2021	0		8:06:00 a. m.	0.000		0.00	0.00
16/03/2021	24	8:07:00 a. m.	0.112	2.84	2.43	0.136	3.45	2.96	0.146	3.71	3.17
17/03/2021	48	8:05:00 a. m.	0.136	3.45	2.94	0.155	3.94	3.37	0.166	4.22	3.60
18/03/2021	72	8:06:00 a. m.	0.140	3.56	3.03	0.159	4.04	3.46	0.168	4.27	3.65
19/03/2021	96	8:04:00 a. m.	0.144	3.66	3.12	0.161	4.09	3.50	0.170	4.32	3.69

PENETRACIÓN (pulg)	CARGA ESTÁNDAR Lb/pulg2	MOLDE Nº CARGA Lb/pulg2	PENETRACIÓN				MOLDE Nº CARGA Lb/pulg2	PENETRACIÓN			
			A-5		C-2			B-6			
			CORRECCION Lb pulg2	CBR (%)	CORRECCION Lb pulg2	CBR (%)		CORRECCION Lb pulg2	CBR (%)		
0.000		0				0					
0.025		26.4				18.5				10.6	
0.050		55.1				38.6				22.0	
0.075		91.8				64.3				36.7	
0.100	1000	124.1	162.8	16.3		86.9	113.8	11.4		49.6	65.1 6.5
0.125		146.9				102.8				58.7	
0.150		196.8				137.8				78.7	
0.175		243.1				170.1				97.2	
0.200	1500	292.3	330.0	22.0		204.6	235.0	15.7		116.9	130.0 8.7
0.300		431.1				301.7				172.4	
0.400		529.5				370.6				211.8	
0.500		603.6				431.8				228.4	

Observaciones : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.  
 Se aplico una carga de asiento de 4.54 kg y luego se taro.

Realizado por   
**Jean Chavez R.**  
 Jefe de Calidad

  
**JAVIER FRANCISCO LA LOZA GLAVIJO**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. DIP N° 193667



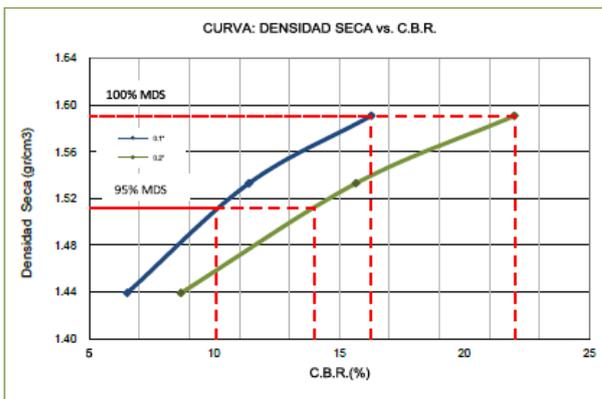
Equipo usados
Bal-R31P30-N°3
Bal-TAJ4001-N°1
Hor-01-JCH
Maq. Ensayo 50Kn

	FORMULARIO	Código : P-03
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 3 de 3

**CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)  
NTP 339.145 / ASTM D-1883**

**INFORME N°** : JCH 21-030  
**SOLICITANTE** : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA.  
**CODIGO LOCAL** : 413294  
**PROYECTO** : ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022  
**UBICACIÓN** : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA  
**DIRECCIÓN DEL CLIENTE** : CALLE 27 250 SAN BORJA

Calicata : C-1	Clasificación SUCS : ML	Fecha de Recepción : 11/03/22
Muestra : M-1	Clasificación AASHTO : A-6(16)	Fecha de Ejecución : 15/03/22
Profundidad (m) : 0,60-1,90	Método : A	Fecha de Emisión : 18/03/22
Progresiva : ---		
Coordenadas : ---		

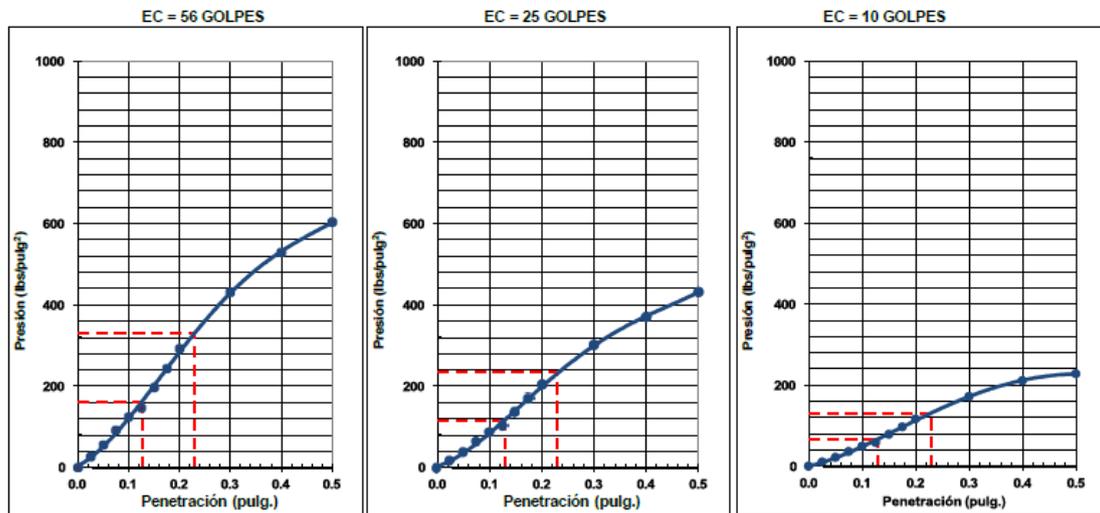


**MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3)** : 1.591  
**ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)** : 22.5  
**95% MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3)** : 1.511

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) 0.1"	16.3	0.2"	22.0
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) 0.1"	10.1	0.2"	14.0

**RESULTADOS:**

C.B.R. al 100% de la M.D.S. 0.1" = 16.3  
 C.B.R. al 95% de la M.D.S. 0.1" = 10.1  
 C.B.R. al 100% de la M.D.S. 0.2" = 22.0  
 C.B.R. al 95% de la M.D.S. 0.2" = 14.0



Observaciones : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.

  
**Jean Chavez R.**  
 Jefe de Calidad

  
**JAVIER FRANCISCO**  
 LA LOA CLAVIJO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667



Equipo usados
Bal-R31P30-Nº3
Bal-TAJ4001-Nº1
Hor-01-JCH
Maq. Ensayo 50Kn



**FORMULARIO**

**INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS**

Código : P-02  
 Revisión : 1  
 Fecha : -  
 Página : 1 de 3

**PRÓCTOR MODIFICADO**  
**NTP 339.141 / ASTM D-1557**

INFORME N° : JCH 21-030  
 SOLICITANTE : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA.  
 CODIGO LOCAL : 413294  
 PROYECTO : ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022  
 UBICACIÓN : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA  
 DIRECCIÓN DEL CLIENTE : CALLE 27 250 SAN BORJA

Calicata : C-2      Clasificación SUCS : GP      Fecha de Recepción : 11/03/22  
 Muestra : M-1      Clasificación AASHTO : A-1-a(0)      Fecha de Ejecución : 15/03/22  
 Profundidad (m) : 0,20-0,90      Peso específico : -      Fecha de Emisión : 18/03/22  
 Progresiva : --      Método : A  
 Coordenadas : --

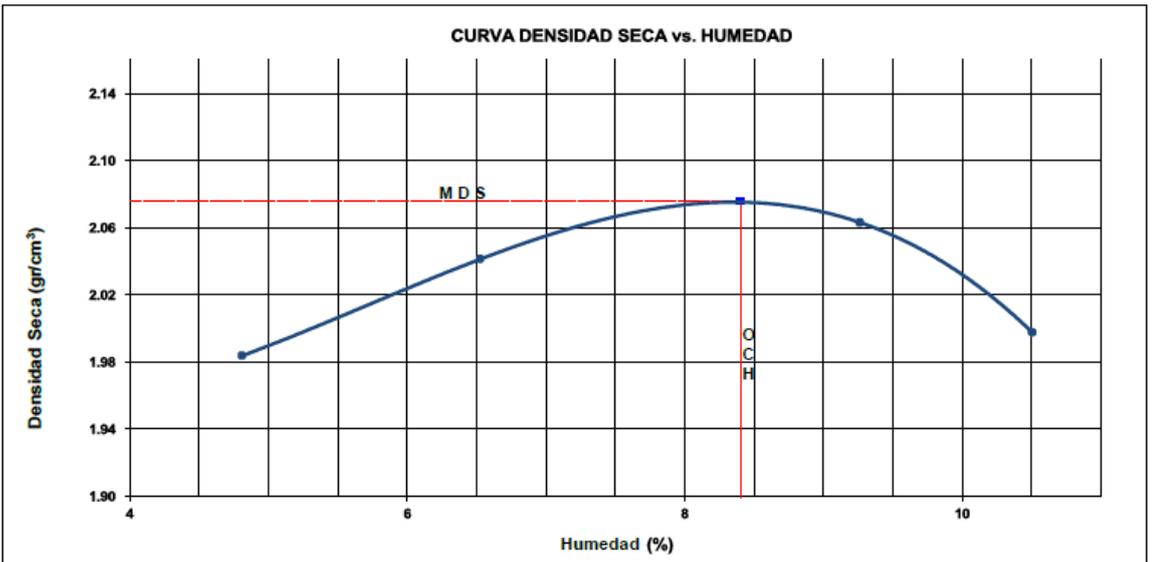
**COMPACTACIÓN**

Prueba N°	1	2	3	4
Peso del molde + Suelo compacto (gr)	11110	11312	11481	11382
Peso del Molde (gr)	6702	6702	6702	6702
Peso suelo compacto (gr)	4408	4610	4779	4680
Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	2120.0	2120.0	2120.0	2120.0
Densidad Humeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.079	2.175	2.254	2.207
Densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.984	2.041	2.063	1.998

**HUMEDAD**

Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo humedo (gr)	189.1	212.3	193.4	258.0
Tara + suelo seco (gr)	182.9	202.5	181.6	238.2
Peso del agua (gr)	6.2	9.8	11.8	19.8
Peso de tara (gr)	54.0	52.3	54.2	49.7
Peso suelo seco (gr)	128.9	150.2	127.4	188.5
Contenido de humedad(%)	4.8	6.5	9.3	10.5

Maxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 2.076 (gr/cm<sup>3</sup>)  
 Optimo Contenido Humedad(%) : 8.4 (%)



Observaciones : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.

Realizado por : Tec. J.Ch

*Jean Chavez R.*  
**Jean Chavez R.**  
 Jefe de Calidad

*Javier Francisco Loa Clavijo*  
**JAVIER FRANCISCO**  
 DE LOA CLAVIJO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667



Equipo usados
Bal-R31P30-NP3
Bal-TAJ4001-N°1
Hor-01-JCH
Maq. Ensayo 50Kn

	FORMULARIO	Código : D-07
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 1 de 3

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO**  
Norma ASTM D-3080 - NTP 339.171 - MTC E 123-2000

**INFORME N°** : JCH 21-030  
**SOLICITANTE** : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA.  
**CODIGO LOCAL** : 413294  
**PROYECTO** : ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022  
**UBICACIÓN** : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA  
**DIRECCIÓN DEL CLIENTE** : CALLE 27 250 SAN BORJA

**Calicata** : C-4  
**Muestra** : M-2  
**Prof.(m)** : 1.10-5.00

Clasificación SUCS muestra global : SM

**ESFUERZO NORMAL = 0.5 kg/cm2**

Deformación Tangencial %	Esfuerzo Corte (kg/cm2)
0	0
0.25	0.0879
0.50	0.1194
0.75	0.1429
1.00	0.1586
1.25	0.1665
1.50	0.1743
1.75	0.1822
2.00	0.1901
2.25	0.1979
2.50	0.2058
2.75	0.2136
3.00	0.2136
3.25	0.2215
3.50	0.2293
3.75	0.2293
4.00	0.2293
4.25	0.2293
4.50	0.2293
4.75	0.2372
5.00	0.2372
5.25	0.2450
5.50	0.2450
5.75	0.2450
6.00	0.2529
6.25	0.2529
6.50	0.2607
6.75	0.2607
7.00	0.2686
7.25	0.2686
7.50	0.2686
7.75	0.2686
8.00	0.2686
8.25	0.2686
8.50	0.2686
8.75	0.2573
9.00	0.2573
9.25	0.2573
9.50	0.2573
9.75	0.2573
10.00	0.2573

**ESFUERZO NORMAL = 1 kg/cm2**

Deformación Tangencial %	Esfuerzo Corte (kg/cm2)
0	0
0.25	0.1603
0.50	0.2239
0.75	0.2716
1.00	0.3034
1.25	0.3193
1.50	0.3352
1.75	0.3511
2.00	0.3670
2.25	0.3829
2.50	0.3988
2.75	0.4147
3.00	0.4147
3.25	0.4306
3.50	0.4465
3.75	0.4465
4.00	0.4465
4.25	0.4465
4.50	0.4465
4.75	0.4624
5.00	0.4624
5.25	0.4783
5.50	0.4783
5.75	0.4783
6.00	0.4942
6.25	0.4942
6.50	0.5101
6.75	0.5101
7.00	0.5260
7.25	0.5260
7.50	0.5260
7.75	0.5260
8.00	0.5260
8.25	0.5419
8.50	0.5419
8.75	0.5419
9.00	0.5419
9.25	0.5419
9.50	0.5578
9.75	0.5578
10.00	0.5578

**ESFUERZO NORMAL = 2 kg/cm2**

Deformación Tangencial %	Esfuerzo Corte (kg/cm2)
0	0
0.25	0.2952
0.50	0.4187
0.75	0.5114
1.00	0.5731
1.25	0.6040
1.50	0.6349
1.75	0.6658
2.00	0.6966
2.25	0.7275
2.50	0.7647
2.75	0.7837
3.00	0.7964
3.25	0.8091
3.50	0.8154
3.75	0.8281
4.00	0.8598
4.25	0.8724
4.50	0.8788
4.75	0.8914
5.00	0.8978
5.25	0.9041
5.50	0.9231
5.75	0.9421
6.00	0.9548
6.25	0.9674
6.50	0.9801
6.75	0.9864
7.00	0.9928
7.25	0.9991
7.50	1.0054
7.75	1.0118
8.00	1.0181
8.25	1.0244
8.50	1.0308
8.75	1.0420
9.00	1.0513
9.25	1.0605
9.50	1.0697
9.75	1.0790
10.00	1.0882

**Observaciones** : Se sumergió el material para la condición más crítica. Deformación máxima de corte: 10%

**Realizado** : Téc. JCH

  
**Jean Chavez R.**  
 Jefe de Calidad

  
**JAVIER FRANCISCO LLOA CLAVIJO**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667



Equipo usados
Bal-R31P30-Nº3
Bal-TAJ4001-Nº1
Hor-01-JCH
Maq. C.D. ELE (10kN)

	FORMULARIO	Código : D-07
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 2 de 3

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO**

Norma ASTM D-3080 - NTP 339.171 - MTC E 123-2000

Fecha de Recepción : 15/03/22

INFORME N° : JCH 21-030  
 SOLICITANTE : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA.  
 CODIGO LOCAL : 413294  
 PROYECTO : ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022  
 UBICACIÓN : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA  
 DIRECCIÓN DEL CLIENTE : CALLE 27 250 SAN BORJA

Calicata : C-4  
 Muestra : M-2  
 Prof.(m) : 1.10-5.00

	DATOS INICIAL DEL ESPECIMEN 1	DATOS INICIAL DEL ESPECIMEN 2	DATOS INICIAL DEL ESPECIMEN 3
Lado	100.00 mm	100.00 mm	100.00 mm
Area	10000 mm <sup>2</sup>	10000 mm <sup>2</sup>	10000 mm <sup>2</sup>
Altura	20.00 mm	20.00 mm	20.00 mm
Densidad húmeda	1.674 gr/cm <sup>3</sup>	1.674 gr/cm <sup>3</sup>	1.674 gr/cm <sup>3</sup>
Densidad seca	1.472 gr/cm <sup>3</sup>	1.460 gr/cm <sup>3</sup>	1.467 gr/cm <sup>3</sup>
Humedad	13.72 %	14.66 %	14.11 %
Estado	Remoldeado (Matrial< N°4)	Remoldeado (Matrial< N°4)	Remoldeado (Matrial< N°4)
Condición	Sumergido	Sumergido	Sumergido
	<b>ESFUERZO NORMAL</b>	<b>ESFUERZO NORMAL</b>	<b>ESFUERZO NORMAL</b>
Carga total	5 kg	10 kg	20 kg
Esfuerzo de corte normal	0.5 kg/cm <sup>2</sup>	1 kg/cm <sup>2</sup>	2 kg/cm <sup>2</sup>
	<b>ETAPA DE CONSOLIDACIÓN</b>	<b>ETAPA DE CONSOLIDACIÓN</b>	<b>ETAPA DE CONSOLIDACIÓN</b>
Altura final de consolidación	19.372 mm	19.142 mm	18.788 mm
	<b>ETAPA DE CORTE</b>	<b>ETAPA DE CORTE</b>	<b>ETAPA DE CORTE</b>
Velocidad de corte	0.41 mm/min	0.42 mm/min	0.43 mm/min
Altura final	18.688 mm	18.369 mm	17.891 mm
Humedad final	25.41 %	24.66 %	23.52 %
Densidad húmeda final	1.976 gr/cm <sup>3</sup>	1.982 gr/cm <sup>3</sup>	2.026 gr/cm <sup>3</sup>
Densidad seca final	1.575 gr/cm <sup>3</sup>	1.590 gr/cm <sup>3</sup>	1.640 gr/cm <sup>3</sup>
Esfuerzo de corte maximo	0.2686 kg/cm <sup>2</sup>	0.5578 kg/cm <sup>2</sup>	1.0882 kg/cm <sup>2</sup>
Clasificación SUCS de muestra global	SM		

Observaciones : Se sumergió el material para la condición más crítica. Deformación máxima de corte: 10%

Realizado : Téc. JCH

  
 Jean Chavez R.  
 Jefe de Calidad

  
 JAVIER FRANCISCO  
 LA LOA CLAVIJO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667



Equipo usados
Bal-R31P30-Nº3
Bal-TAJ4001-Nº1
Hor-01-JCH
Maq. C.D. ELE (10kN)

	FORMULARIO	Código : D-07
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión : 1 Fecha : - Página : 3 de 3

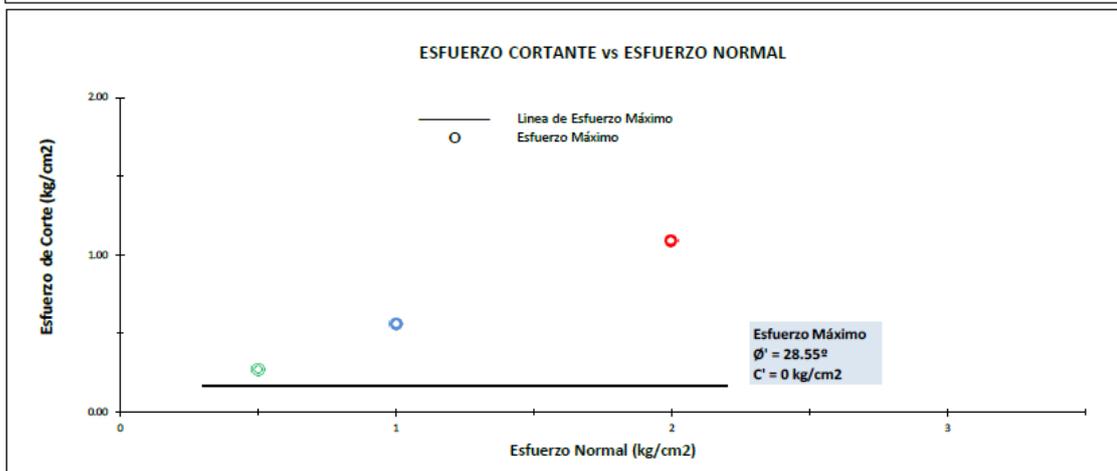
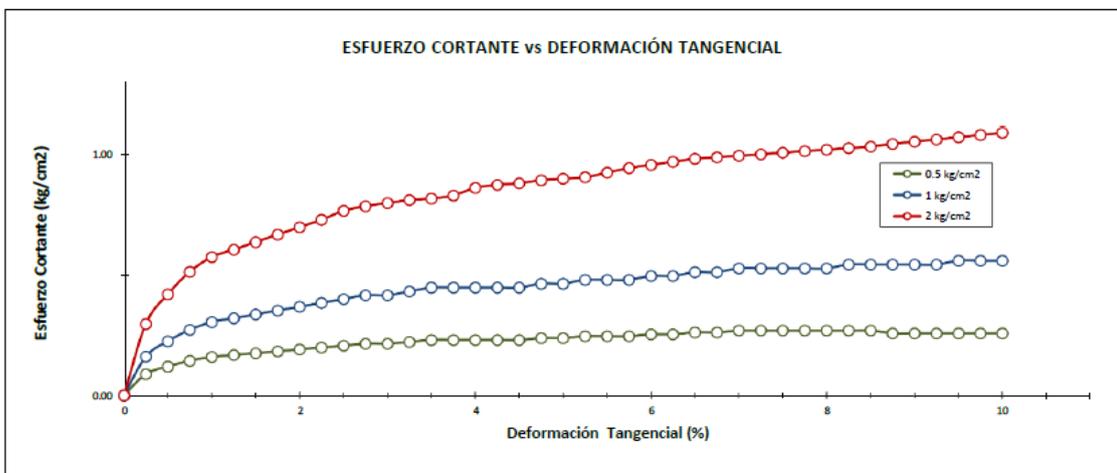
**ENSAYO DE CORTE DIRECTO**  
Norma ASTM D-3080 - NTP 339.171 - MTC E 123-2000

Fecha de Recepción : 15/03/22

INFORME N° : JCH 21-030  
 SOLICITANTE : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA.  
 CODIGO LOCAL : 413294  
 PROYECTO : ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022  
 UBICACIÓN : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA  
 DIRECCIÓN DEL CLIENTE : CALLE 27 250 SAN BORJA

Calicata : C-4  
 Muestra : M-2  
 Prof.(m) : 1.10-5.00

Clasificación SUCS muestra global : SM



Realizado : Téc. JCH

  
**Jean Chavez R.**  
 Jefe de Calidad

  
**JAVIER FRANCISCO LA LOZA CLAVIJO**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667



Equipo usados
Bal-R31P30-Nº3
Bal-TAJ4001-Nº1
Hor-01-JCH
Maq. C.D. ELE (10kN)

	FORMULARIO	Código : D-07
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 1 de 3

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO**  
Norma ASTM D-3080 - NTP 339.171 - MTC E 123-2000

**INFORME N°** : JCH 21-030  
**SOLICITANTE** : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA.  
**CODIGO LOCAL** : 413294  
**PROYECTO** : ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022  
**UBICACIÓN** : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA  
**DIRECCIÓN DEL CLIENTE** : CALLE 27 250 SAN BORJA

**Calicata** : C-5  
**Muestra** : M-2  
**Prof.(m)** : 1.70-5.00

**Clasificación SUCS muestra global** : SM

**ESFUERZO NORMAL = 0.5 kg/cm<sup>2</sup>**

Deformación Tangencial %	Esfuerzo Corte (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0
0.25	0.1005
0.50	0.1421
0.75	0.1754
1.00	0.2004
1.25	0.2170
1.50	0.2253
1.75	0.2336
2.00	0.2420
2.25	0.2503
2.50	0.2503
2.75	0.2503
3.00	0.2586
3.25	0.2586
3.50	0.2586
3.75	0.2586
4.00	0.2586
4.25	0.2669
4.50	0.2669
4.75	0.2669
5.00	0.2669
5.25	0.2669
5.50	0.2669
5.75	0.2753
6.00	0.2753
6.25	0.2753
6.50	0.2753
6.75	0.2753
7.00	0.2753
7.25	0.2753
7.50	0.2753
7.75	0.2753
8.00	0.2753
8.25	0.2753
8.50	0.2753
8.75	0.2753
9.00	0.2753
9.25	0.2753
9.50	0.2753
9.75	0.2753
10.00	0.2753

**ESFUERZO NORMAL = 1 kg/cm<sup>2</sup>**

Deformación Tangencial %	Esfuerzo Corte (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0
0.25	0.1762
0.50	0.2556
0.75	0.3192
1.00	0.3669
1.25	0.3987
1.50	0.4145
1.75	0.4304
2.00	0.4438
2.25	0.4530
2.50	0.4575
2.75	0.4621
3.00	0.4667
3.25	0.4713
3.50	0.4759
3.75	0.4805
4.00	0.4851
4.25	0.4896
4.50	0.4940
4.75	0.4940
5.00	0.4940
5.25	0.4988
5.50	0.4988
5.75	0.5034
6.00	0.5034
6.25	0.5080
6.50	0.5080
6.75	0.5126
7.00	0.5126
7.25	0.5172
7.50	0.5217
7.75	0.5263
8.00	0.5263
8.25	0.5263
8.50	0.5309
8.75	0.5309
9.00	0.5309
9.25	0.5309
9.50	0.5355
9.75	0.5355
10.00	0.5355

**ESFUERZO NORMAL = 2 kg/cm<sup>2</sup>**

Deformación Tangencial %	Esfuerzo Corte (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0
0.25	0.3212
0.50	0.4731
0.75	0.5947
1.00	0.6858
1.25	0.7466
1.50	0.7770
1.75	0.8074
2.00	0.8205
2.25	0.8389
2.50	0.8482
2.75	0.8759
3.00	0.8851
3.25	0.8943
3.50	0.9128
3.75	0.9313
4.00	0.9497
4.25	0.9590
4.50	0.9682
4.75	0.9770
5.00	0.9770
5.25	0.9866
5.50	0.9866
5.75	0.9959
6.00	0.9959
6.25	1.0051
6.50	1.0051
6.75	1.0143
7.00	1.0143
7.25	1.0236
7.50	1.0328
7.75	1.0420
8.00	1.0420
8.25	1.0420
8.50	1.0513
8.75	1.0513
9.00	1.0513
9.25	1.0605
9.50	1.0697
9.75	1.0790
10.00	1.0882

**Observaciones** : Se sumergió el material para la condición más crítica. Deformación máxima de corte: 10%

**Realizado** : Téc. JCH

  
**Jean Chavez R.**  
 Jefe de Calidad

  
**AVIER FRANCISCO**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 183667



<b>Equipo usados</b>
Bal-R31P30-NE3
Bal-TAJ4001-NE1
Hor-01-JCH
Maq. C.D. ELE (10kN)



**FORMULARIO**

---

**INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS**

Código : D-07  
 Revisión : 1  
 Fecha : -  
 Página : 2 de 3

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO**  
 Norma ASTM D-3080 - NTP 339.171 - MTC E 123-2000

Fecha de Recepción : 15/03/22

INFORME N° : JCH 21-030  
 SOLICITANTE : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA.  
 CODIGO LOCAL : 413294  
 PROYECTO : ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022  
 UBICACIÓN : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA  
 DIRECCIÓN DEL CLIENTE : CALLE 27 250 SAN BORJA

Calicata : C-5  
 Muestra : M-2  
 Prof.(m) : 1.70-5.00

	DATOS INICIAL DEL ESPECIMEN 1	DATOS INICIAL DEL ESPECIMEN 2	DATOS INICIAL DEL ESPECIMEN 3
Lado :	100.00 mm	100.00 mm	100.00 mm
Area :	10000 mm <sup>2</sup>	10000 mm <sup>2</sup>	10000 mm <sup>2</sup>
Altura :	20.00 mm	20.00 mm	20.00 mm
Densidad húmeda :	1.665 gr/cm <sup>3</sup>	1.665 gr/cm <sup>3</sup>	1.665 gr/cm <sup>3</sup>
Densidad seca :	1.561 gr/cm <sup>3</sup>	1.565 gr/cm <sup>3</sup>	1.562 gr/cm <sup>3</sup>
Humedad :	6.66 %	6.39 %	6.59 %

Estado : Remoldeado (Matrial< N°4)      Remoldeado (Matrial< N°4)      Remoldeado (Matrial< N°4)

Condición : Sumergido      Sumergido      Sumergido

	<b>ESFUERZO NORMAL</b>	<b>ESFUERZO NORMAL</b>	<b>ESFUERZO NORMAL</b>
Carga total :	5 kg	10 kg	20 kg
Esfuerzo de corte normal :	0.5 kg/cm <sup>2</sup>	1 kg/cm <sup>2</sup>	2 kg/cm <sup>2</sup>

	<b>ETAPA DE CONSOLIDACIÓN</b>	<b>ETAPA DE CONSOLIDACIÓN</b>	<b>ETAPA DE CONSOLIDACIÓN</b>
Altura final de consolidación :	19.550 mm	19.282 mm	18.902 mm

	<b>ETAPA DE CORTE</b>	<b>ETAPA DE CORTE</b>	<b>ETAPA DE CORTE</b>
Velocidad de corte :	0.41 mm/min	0.42 mm/min	0.43 mm/min
Altura final :	19.464 mm	19.146 mm	18.784 mm
Humedad final :	25.94 %	24.06 %	23.37 %
Densidad húmeda final :	2.020 gr/cm <sup>3</sup>	2.028 gr/cm <sup>3</sup>	2.052 gr/cm <sup>3</sup>
Densidad seca final :	1.604 gr/cm <sup>3</sup>	1.635 gr/cm <sup>3</sup>	1.663 gr/cm <sup>3</sup>
Esfuerzo de corte maximo :	0.2753 kg/cm <sup>2</sup>	0.5355 kg/cm <sup>2</sup>	1.0882 kg/cm <sup>2</sup>

Clasificación SUCS de muestra global : SM

Observaciones : Se sumergió el material para la condición más crítica. Deformación máxima de corte: 10%

Realizado : Téc. JCH  
  
 Jean Chavez R.  
 Jefe de Calidad

H. LORA CLAVIJO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667



Equipo usados
Bal-R31P30-Nº3
Bal-TAJ4001-Nº1
Hor-01-JCH
Maq. C.D. ELE (10kN)

	FORMULARIO	Código : D-07
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 3 de 3

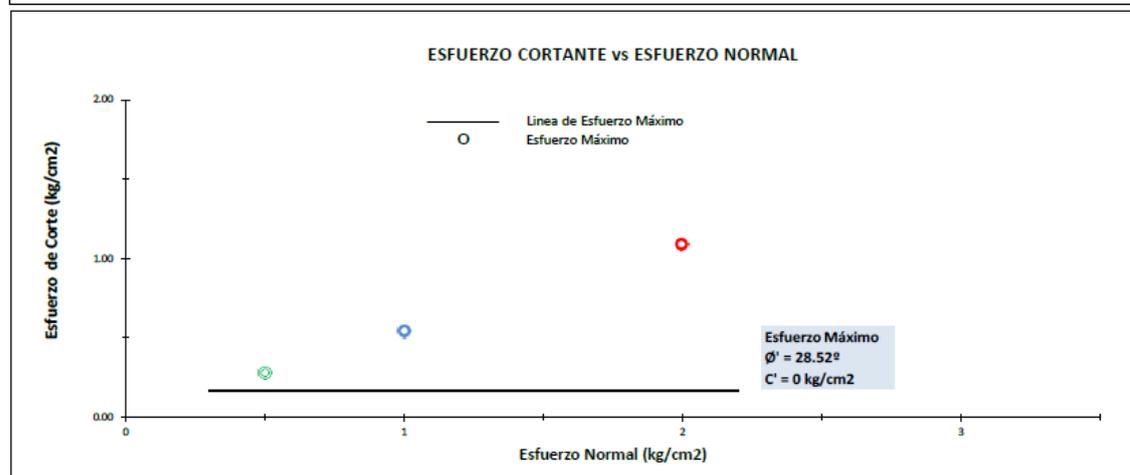
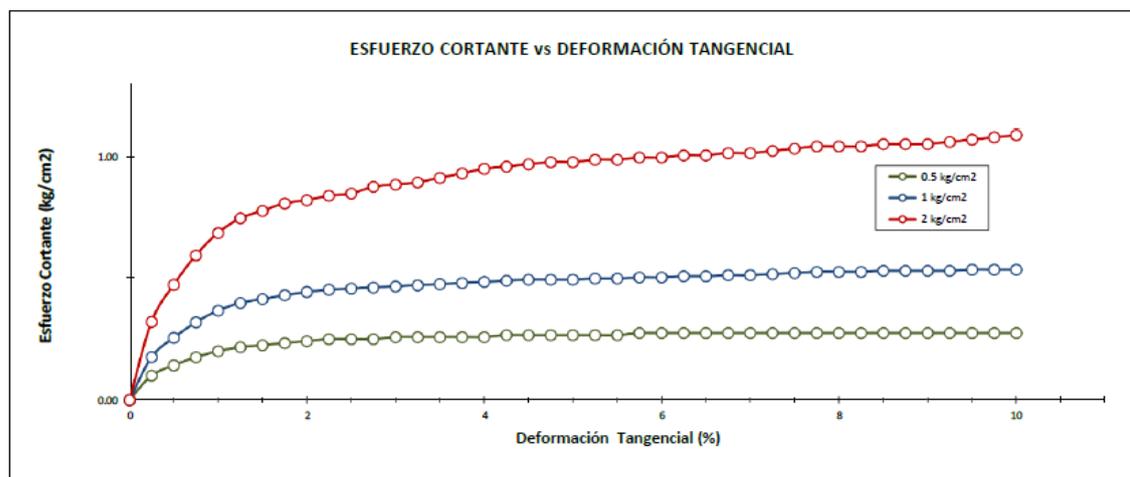
**ENSAYO DE CORTE DIRECTO**  
Norma ASTM D-3080 - NTP 339.171 - MTC E 123-2000

Fecha de Recepción : 15/03/22

**INFORME N°** : JCH 21-030  
**SOLICITANTE** : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA.  
**CODIGO LOCAL** : 413294  
**PROYECTO** : ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022  
**UBICACIÓN** : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA  
**DIRECCIÓN DEL CLIENTE** : CALLE 27 250 SAN BORJA

Calicata : C-5  
 Muestra : M-2  
 Prof.(m) : 1.70-5.00

Clasificación SUCS muestra global : SM



Realizado

Téc. JCH  
  
**Jean Chavez R.**  
 Jefe de Calidad

  
**JAVIER FRANCISCO**  
 LILLO CLAVIJO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667



<b>Equipo usados</b>
Bal-R31P30-Nº3
Bal-TA4001-Nº1
Hor-01-JCH
Maq. C.D. ELE (10kN)

	<b>FORMATO</b>		Código	Q1-Q2-Q3
	<b>ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS, ROCAS Y AGUA</b>		Revisión	1
			Fecha	-
			Página	1 de 1

**INFORME N°** : JCH 21-030  
**SOLICITANTE** : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA.  
**CODIGO LOCAL** : 413294  
**PROYECTO** : ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022  
**UBICACIÓN** : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA  
**DIRECCIÓN DEL CLIENTE** : CALLE 27 250 SAN BORJA

<b>Datos de la muestra</b>			
Calicata	: C-1	Fecha de Recepción :	9/03/2022
Muestra	: M-1	Fecha de Ejecución :	10/03/2022
Profundidad (m)	: 0.60-1.90		
Cantera	: -		

<b>SALES SOLUBLES TOTALES</b>	7011 p.p.m.
NORMA BS 1377-Part. 3 - NTP 339.152	0.701 %

<b>SULFATOS SOLUBLES</b>	3572 p.p.m.
NORMA AASHTO T290 - NTP 339.178	0.357 %

<b>CONTENIDO DE CLORUROS SOLUBLES</b>	1660 p.p.m.
NORMA AASHTO T291 - NTP 339.177	0.166 %

Ejecutado Por : R. Triviño

**OBSERVACIONES:**

- \* Según procedimiento de ensayo se fraccionó el suelo por el tamiz N°10
- \* --
- \* ..

  
 Jean Chavez R.  
 Jefe de Calidad

  
 JAVIER FRANCISCO  
 LA LOA CLAVIJO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667





	<b>FORMATO</b>	Código	Q1-Q2-Q3
	<b>ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS, ROCAS Y AGUA</b>	Revisión	1
		Fecha	-
		Página	1 de 1

**INFORMEN Nº** : JCH 21-030  
**SOLICITANTE** : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA.  
**CODIGO LOCAL** : 413294  
**PROYECTO** : ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA, 2022  
**UBICACIÓN** : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA  
**DIRECCIÓN DEL CLIENTE** : CALLE 27 250 SAN BORJA

<b>Datos de la muestra</b>			
Calicata	: C-1	Fecha de Recepción :	20/03/2022
Muestra	: Agua	Fecha de Ejecución :	22/03/2022
Profundidad (m)	: 4.90		
Cantera	: -		

<b>SALES SOLUBLES TOTALES</b>	22269	p.p.m.
NORMA BS 1377-Part. 3 - NTP 339.152	2.227	%

<b>SULFATOS SOLUBLES</b>	3320	p.p.m.
NORMA AASHTO T290 - NTP 339.178	0.332	%

<b>CONTENIDO DE CLORUROS SOLUBLES</b>	1860	p.p.m.
NORMA AASHTO T291 - NTP 339.177	0.186	%

Ejecutado Por : R. Triviño

OBSERVACIONES:

  
 Jean Chavez R.  
 Jefe de Calidad

  
 JAVIER FRANCISCO  
 LA LOA CLAVIJO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667





	<b>FORMATO</b>		Código	Q1-Q2-Q3
	<b>ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS, ROCAS Y AGUA</b>		Revisión	1
			Fecha	-
			Página	1 de 1

**INFORME N°** : JCH 21-030  
**SOLICITANTE** : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA.  
**CODIGO LOCAL** : 413294  
**PROYECTO** : ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022  
**UBICACIÓN** : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA  
**DIRECCIÓN DEL CLIENTE** : CALLE 27 250 SAN BORJA

<b>Datos de la muestra</b>			
Calicata	: C-5	Fecha de Recepción :	20/03/2022
Muestra	: Agua	Fecha de Ejecución :	22/03/2022
Profundidad (m)	: 4.85		
Cantera	: -		

<b>SALES SOLUBLES TOTALES</b>	23193 p.p.m.
NORMA BS 1377-Part. 3 - NTP 339.152	2.319 %

<b>SULFATOS SOLUBLES</b>	3683 p.p.m.
NORMA AASHTO T290 - NTP 339.178	0.366 %

<b>CONTENIDO DE CLORUROS SOLUBLES</b>	1800 p.p.m.
NORMA AASHTO T291 - NTP 339.177	0.180 %

Ejecutado Por : R. Triviño

OBSERVACIONES:

  
**Jean Chavez R.**  
 Jefe de Calidad

  
**JAVIER FRANCISCO**  
**LA LOA CLAVIJO**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667





<b>FORMULARIO</b>	Código : C-08
<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS</b>	Revisión : 1
	Fecha : -
	Página : 1 de 2

**ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL  
NO CONSOLIDADO NO DRENADO (UU)  
ASTM D2850, NTP 339.164**

INFORME N°	:	JCH 21-030
SOLICITANTE	:	SOFA RUIZ, ERICK PINEDA.
CODIGO LOCAL	:	413294
PROYECTO	:	ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022
UBICACIÓN	:	DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA
DIRECCIÓN DEL CLIENTE	:	CALLE 27 250 SAN BORJA

**Datos de la Muestra**

Estado	:	Remoldeado
Calicata	:	C-4
Muestra	:	M-2
Prof. (m)	:	1.10-5.00
Clasf. (SUCS)	:	SM
Velocidad del ensayo	:	0.50 mm/min

**ESPECIMENES**

Condiciones Iniciales	Und.	N° 1	N° 2	N° 3
Diámetro	cm	4.01	4.01	4.01
Altura	cm	8.02	8.02	8.02
Area	cm <sup>2</sup>	12.63	12.63	12.63
Volumen	cm <sup>3</sup>	101.29	101.29	101.29
Densidad Humeda	g/cm <sup>3</sup>	1.678	1.678	1.678
Densidad seca	g/cm <sup>3</sup>	1.457	1.457	1.457
Contenido de Humedad	%	15.2	15.2	15.2
L/D		2.00	2.00	2.00
Volumen de Solidos	cm <sup>3</sup>	55.80	55.80	55.80
Grado de Saturacion	%	49.2	49.2	49.2

**Condiciones Finales**

Diámetro	cm	4.47	4.45	4.44
Altura	cm	6.47	6.43	6.42
Area	cm <sup>2</sup>	15.70	15.57	15.45
Densidad Humeda	gr/cm <sup>3</sup>	1.675	1.698	1.715
Contenido de Humedad	%	15.2	15.2	15.2
Grado de Saturacion	%	49.2	49.2	51.7

**Parámetros de Esfuerzos Totales**

Esf. Confinante ( $\sigma_3$ )	kg/cm <sup>2</sup>	0.50	1.00	2.00
Esf. Principal ( $\sigma_1$ )	kg/cm <sup>2</sup>	1.502	3.021	6.133
Def. Máxima a la Falla	mm	21.30	21.30	21.30

Cohesión (C)	kg/cm <sup>2</sup>	0.00
Angulo de Fricción ( $\phi$ )	(°)	30.50

Muestras remitidas e identificadas por el solicitante  
Ejecutado por : Téc. JCH

<b>Equipos</b>
Prensa Universal
Hor-JCH-01
Bal-T4J4001-N°1

Jean Chavez R.  
Jefe de Calidad

JAVIER FRANCISCO  
LOA CLAVIJO  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 193667



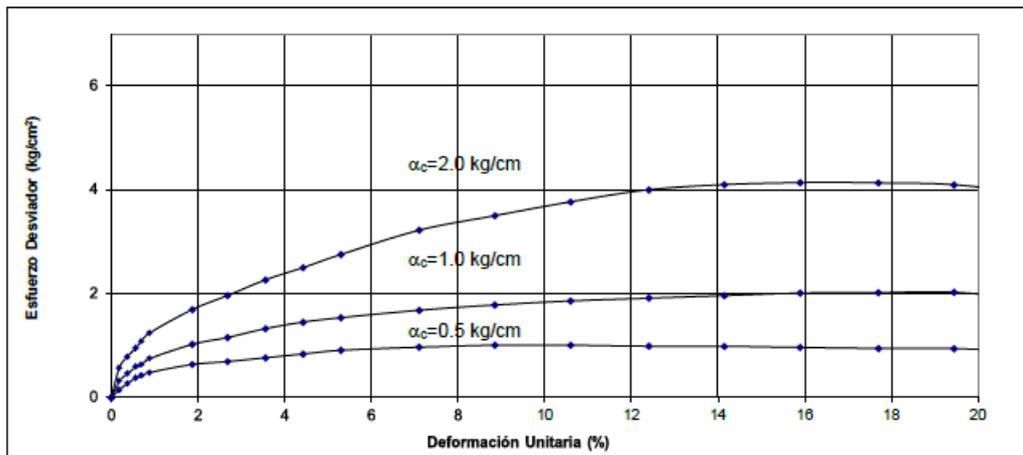
ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL  
 NO CONSOLIDADO NO DRENADO (UU)  
 ASTM D2850, NTP 339.164

INFORME N° : JCH 21-030  
 SOLICITANTE : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA.  
 CODIGO LOCAL : 413294  
 PROYECTO : ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022  
 UBICACIÓN : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA  
 DIRECCIÓN DEL CLIENTE : CALLE 27 250 SAN BORJA

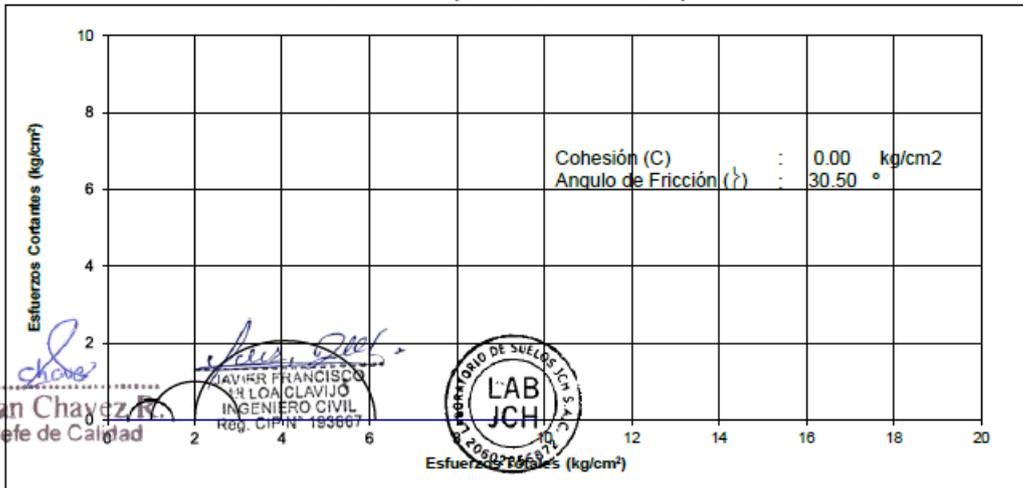
**Datos de la Muestra**

Estado : Remoldeado  
 Calicata : C-4  
 Muestra : M-2  
 Prof. (m) : 1.10-5.00  
 Clasf. (SUCS) : SM  
 Velocidad del ensayo : 0.50 mm/min

**DEFORMACION NORMAL vs. ESFUERZO DESVIADOR**



**CIRCULO DE MOHR (ESFUERZOS TOTALES)**



	<b>FORMULARIO</b>	Código : C-08
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS</b>	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 1 de 2

ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL  
NO CONSOLIDADO NO DRENADO (UU)  
ASTM D2850, NTP 339.164

**INFORME N°** : JCH 21-030  
**SOLICITANTE** : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA.  
**CODIGO LOCAL** : 413294  
**PROYECTO** : ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022  
**UBICACIÓN** : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA  
**DIRECCIÓN DEL CLIENTE** : CALLE 27 250 SAN BORJA

**Datos de la Muestra**

**Estado** : Remoldeado  
**Calicata** : C-5  
**Muestra** : M-2  
**Prof. (m)** : 1.70-5.00  
**Clasf. (SUCS)** : SM  
**Velocidad del ensayo** : 0.50 mm/min

**ESPECIMENES**

Condiciones Iniciales	Und.	N° 1	N° 2	N° 3
Diámetro	cm	4.01	4.01	4.01
Altura	cm	8.02	8.02	8.02
Area	cm <sup>2</sup>	12.63	12.63	12.63
Volumen	cm <sup>3</sup>	101.29	101.29	101.29
Densidad Humeda	g/cm <sup>3</sup>	1.673	1.673	1.673
Densidad seca	g/cm <sup>3</sup>	1.342	1.342	1.342
Contenido de Humedad	%	24.7	24.7	24.7
L/D		2.00	2.00	2.00
Volumen de Solidos	cm <sup>3</sup>	51.46	51.46	51.46
Grado de Saturacion	%	67.4	67.4	67.4
<b>Condiciones Finales</b>				
Diámetro	cm	4.48	4.45	4.43
Altura	cm	6.47	6.44	6.42
Area	cm <sup>2</sup>	15.73	15.53	15.38
Densidad Humeda	gr/cm <sup>3</sup>	1.667	1.695	1.717
Contenido de Humedad	%	24.7	24.7	24.7
Grado de Saturacion	%	67.4	67.4	71.1

**Parámetros de Esfuerzos Totales**

Esf. Confinante ( $\sigma_3$ )	kg/cm <sup>2</sup>	0.50	1.00	2.00
Esf. Principal ( $\sigma_1$ )	kg/cm <sup>2</sup>	1.485	3.065	6.046
Def. Máxima a la Falla	mm	21.30	21.30	21.30

**Cohesión (C)** : kg/cm<sup>2</sup> 0.01  
**Angulo de Fricción ( $\phi$ )** : (°) 30.32

Muestras remitidas e identificadas por el solicitante  
 Ejecutado por : Téc. JCH

Equipos
Prensa Universal
Hor-JCH-01
Bal-T4J4001-N°1

  
**Jean Chavez R.**  
 Jefe de Calidad

  
**JAVIER FRANCISCO**  
 EN LOA CLAVIJO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667



ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL  
 NO CONSOLIDADO NO DRENADO (UU)  
 ASTM D2850, NTP 339.164

Informe : JCH 21-030  
 Solicitante : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA.

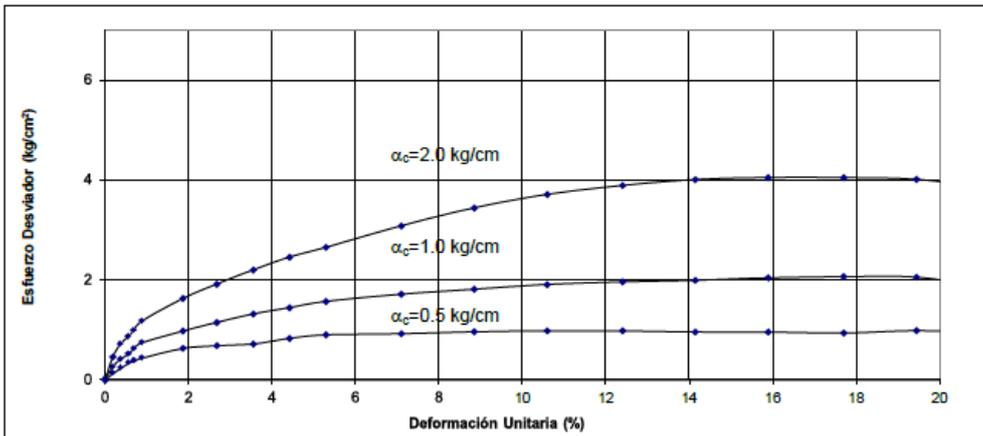
Proyecto : ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022  
 Código Local : 413294

Ubicación : DISTRITO DE CATACAOS, PROVINCIA DE PIURA, REGIÓN PIURA

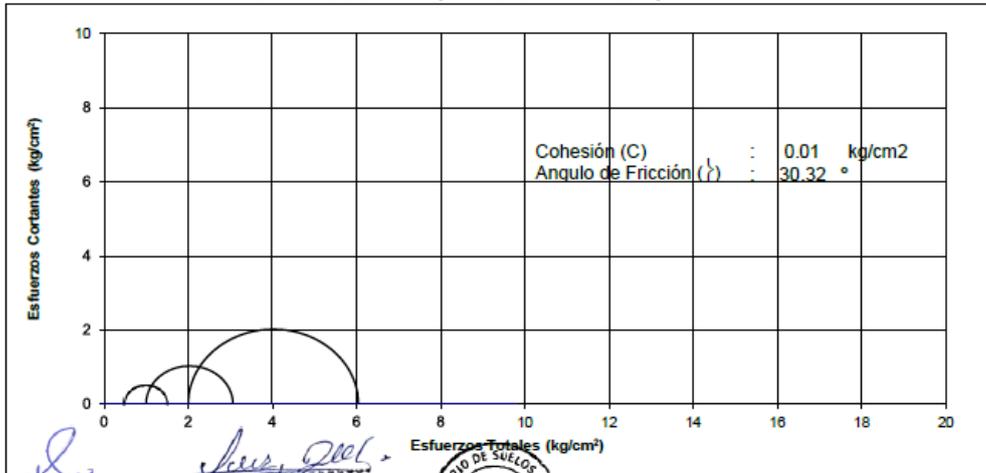
**Datos de la Muestra**

Estado : Remoldeado  
 Calicata : C-5  
 Muestra : M-2  
 Prof. (m) : 1.70-5.00  
 Clasf. (SUCS) : SM  
 Velocidad del ensayo : 0.50 mm/min

**DEFORMACION NORMAL vs. ESFUERZO DESVIADOR**



**CIRCULO DE MOHR (ESFUERZOS TOTALES)**



*Jean Chavez R.*  
 Jean Chavez R.  
 Jefe de Calidad

*Javier Francisco*  
 JAVIER FRANCISCO  
 IN LOA CLAVIJO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667



	<b>FORMULARIO</b>	Código : D-19
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS</b>	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 1 de 2

**ENSAYO DE COLAPSO  
ASTM D5333**

N° INFORME : JCH 21-030  
 SOLICITANTE : SOFIA RUIZ, ERICK  
 PINEDA  
 CODIGO LOCAL 413294

PROYECTO : ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022

UBICACIÓN : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA

Estado : Remoldeado (con la matriz < Tamiz N° 4)  
 Cantera : -  
 Calicata : C-3  
 Muestra : M-2  
 Prof. (m.) : 1.90-4,60  
 Progresiva : -  
 Referencia : -

DATOS DEL ESPECIMEN			Humedad Inicial ( $w_0$ )		
Altura (h)	mm	20.20	%		14.3
Diametro ( $\Phi$ )	mm	61.30	%		25.6
Grav. Esp. Rel. Sol. (Gs)		2.680	%		53.2
			%		95.2

ETAPA SIN SATURAR						
Carga Aplicada (Kg/cm <sup>2</sup> )	Lect Dial (mm)	Asentamiento (mm)	Altura Promedio (mm)	Dens. Seca (g/cm <sup>3</sup> )	Relac. Vacios (e.)	Deformacion Vertical (%)
0.00	1.000	0.000	20.20	1.557	0.722	0.000
0.50	1.318	0.318	19.88	1.582	0.695	1.574
1.00	1.494	0.494	19.71	1.596	0.680	2.446
2.00	1.714	0.714	19.49	1.614	0.661	3.535

ETAPA SATURADO						
2.00	1.741	0.741	19.46	1.616	0.659	3.668
4.00	1.877	0.877	19.32	1.627	0.647	4.342

Muestras remitidas e identificadas por el solicitante  
 Realizado por: Tec. JCH

Equipos Usados
Bal-TAJ4001-N°1
Hor-01-JCH
Consolidometro

  
 Jean Chavez R.  
 Jefe de Calidad

  
 JAVIER FRANCISCO  
 LOA CLAVIJO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667

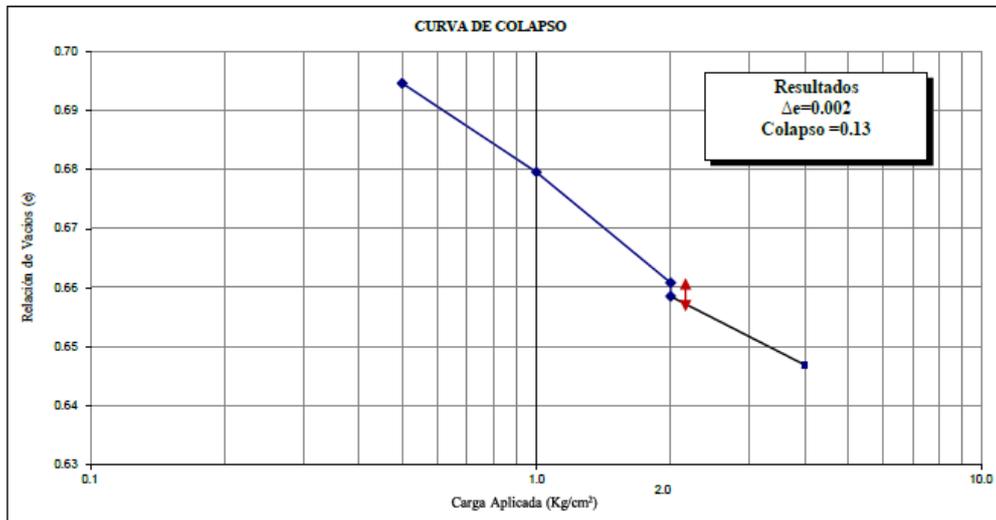


 <b>LAB SUELOS JCH S.A.C.</b> <b>LABORATORIO GEOTÉCNICO</b>	<b>FORMULARIO</b>	Código : D-19
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS</b>	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 2 de 2

**ENSAYO DE COLAPSO  
ASTM D5333**

INFORME N° : JCH 21-030  
 SOLICITANTE : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA.  
 CODIGO LOCAL : 413294  
 PROYECTO : ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022  
 UBICACIÓN : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA  
 DIRECCIÓN DEL CLIENTE : CALLE 27 250 SAN BORJA

Estado : Remoldeado (con la matriz < Tamiz N° 4)  
 Cantera : -  
 Calicata : C-3  
 Muestra : M-2rof. (m.) : 1.90-4,60  
 Progresiva : -  
 Referencia : -



Muestras remitidas e identificadas por el solicitante

Realizado por: Tec. JCH

Equipos Usados
Bal-TAJ4001-N°1
Hor-01-JCH
Consolidometro

  
 Jean Chavez R.  
 Jefe de Calidad

  
 JAVIER FRANCISCO  
 LOA CLAVIJO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667



	<b>FORMULARIO</b>	Código : D-06
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO</b>	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 3-3

**INFORME N°** : JCH 21-030  
**SOLICITANTE** : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA.  
**CODIGO LOCAL** : 413294  
**PROYECTO** : ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022  
**UBICACIÓN** : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA  
**DIRECCIÓN DEL CLIENTE** : CALLE 27 250 SAN BORJA

**Datos de la Muestra:**  
**Cantera** : -  
**Calicata** : SPT-A1  
**Muestra** : -  
**Prof. (m)** : 0.55-1.00  
**Progresiva** : -  
**Coordenadas** : -

**Fecha de Recepción** : 22/03/2022  
**Fecha de Ejecución** : 23/03/2022  
**Fecha de Emisión** : 24/03/2022

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D422 / MTC-E107**

Peso Global (seco) (g) 110.3

TAMIZ	ABERTURA (mm)	P. RET. (gr)	RET. (%)	PASA (%)
3"	76.20	--	--	100.0
2"	50.80	--	--	100.0
1 1/2"	38.10	--	--	100.0
1"	25.40	--	--	100.0
3/4"	19.05	--	--	100.0
3/8"	9.525	--	--	100.0
N° 4	4.760	--	--	100.0
N° 10	2.000	--	--	100.0
N° 20	0.840	--	--	100.0
N° 40	0.425	2.3	2.1	97.9
N° 60	0.260	1.3	1.2	96.7
N° 140	0.106	18.5	16.8	79.9
N° 200	0.074	7.3	6.6	73.3
-200		80.9	73.3	0.0

% Grava [N° 4 < f < 3"]	0.0
% Arena [N° 200 < f < N° 4]	26.7
% Finos [ < N° 200]	73.3

<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>	
Limite Líquido (%) ASTM D4318-05	34.5
Limite Plástico (%) ASTM D4318-05	23.1
Índice de Plasticidad (%) ASTM D4318-05	11.4

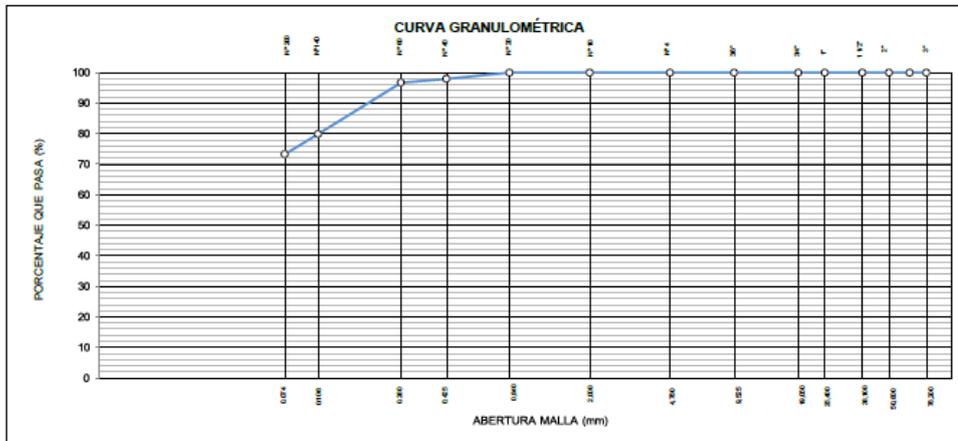
<b>Contenido de Humedad ASTM D-2216-05</b>	
Humedad (%)	12.7

<b>CLASIFICACION</b>	
CLASIFICACION SUCS ASTM D 2487-05	CL
CLASIFICACION AASHTO ASTM D 3282-04	A-6(7)

Descripción de la muestra :	ARCILLA
-----------------------------	---------



**Observación :** El uso de esta información es exclusiva del solicitante  
**Realizado por** Tec. JCH

- Equipos Usados**
- Bal-TAJ4001-N°1
  - Hor-01-jch
  - Equipo de Casagrande ELE
  - Bal-SE402F-N°2

  
**Jean Chavez R.**  
 Jefe de Calidad

  
**JAVIER FRANCISCO**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667



	<b>FORMULARIO</b>	Código : D-01
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO</b>	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 2-3

**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD  
ASTM D2216, MTC E 108**

INFORME N° : JCH 21-030  
 SOLICITANTE : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA.  
 CODIGO LOCAL : 413294  
 PROYECTO : ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022  
 UBICACIÓN : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA  
 DIRECCIÓN DEL CLIENTE : CALLE 27 250 SAN BORJA

**DATOS DE LA MUESTRA**

Cantera	: -		
Calicata	: SPT-A1		
Muestra	: -		
Prof. (m)	: 0.55-1.00	Fecha de Recepción	: 22/03/22
Progresiva	: -	Fecha de Ejecución	: 23/03/22
Coordenadas	: -	Fecha de Emisión	: 24/03/22

Recipiente N°	1	2
Peso de suelo humedo + tara	g 69.8	71.1
Peso de suelo seco + tara	g 63.3	64.4
Peso de tara	g 11.3	12.2
Peso de agua	g 6.5	6.7
Peso de suelo seco	g 52.0	52.2
Contenido de agua	% 12.5	12.8
Contenido de Humedad (%)	12.7	

Observacion : El uso de esta información es exclusiva del solicitante  
 Realizado por Tec. J.CH

**Equipos Usados**  
 Bal-TAJ4001-N°1  
 Hor-01-jch

  
 Jean Chavez R.  
 Jefe de Calidad

  
 JAVIER FRANCISCO  
 LOA CLAVIJO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667



	<b>FORMULARIO</b>	Código : D-04
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO</b>	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 13

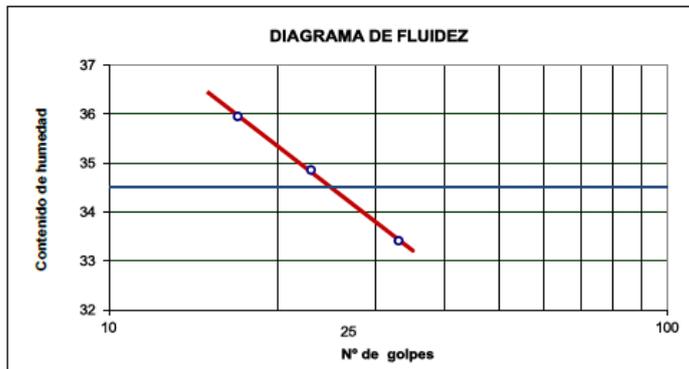
**ENSAYO DE LÍMITE DE CONSISTENCIA  
ASTM D4318, MTC E 110 - E 111**

INFORME N° : JCH 21-030  
 SOLICITANTE : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA.  
 CODIGO LOCAL : 413294  
 PROYECTO : ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022  
 UBICACIÓN : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA  
 DIRECCIÓN DEL CLIENTE : CALLE 27 250 SAN BORJA

**Datos de la Muestra**

Cantera : -  
 Calicata : SPT-A1  
 Muestra : -  
 Prof. (m) : 0.55-1.00  
 Progresiva : -  
 Coordenadas : -  
 Fecha de Recepción : 22/03/22  
 Fecha de Ejecución : 23/03/22  
 Fecha de Emisión : 24/03/22

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	1	2
ENSAYO No.					
NÚMERO DE GOLPES	33	23	17		
PESO DE LA LATA (gr)	13.71	12.46	12.05	12.98	12.36
PESO LATA + SUELO HÚMEDO (g)	24.57	23.64	23.47	23.94	23.17
PESO LATA + SUELO SECO (g)	21.85	20.75	20.45	21.87	21.16
PESO AGUA (g)	2.72	2.89	3.02	2.07	2.01
PESO SUELO SECO (g)	8.14	8.29	8.40	8.89	8.8
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	33.4	34.9	36.0	23.3	22.8



LÍMITE LÍQUIDO (%)	34.5
LÍMITE PLÁSTICO (%)	23.1
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	11.4

Pasante de la malla N°40

Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante  
 Realizado por : Tec. J.CH

- Equipos Usados**
- Bal-SE402F-N°2
  - Hor-01-jch
  - Vidrio esmerilado
  - Equipo de Casagrande ELE

  
 Jean Chavez R.  
 Jefe de Calidad

  
 JAVIER FRANCISCO  
 LA LOZA CLAVIJO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667





	<b>FORMULARIO</b>	Código : D-01
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO</b>	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 2-3

**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD  
ASTM D2216, MTC E 108**

INFORME N° : JCH 21-030  
 SOLICITANTE : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA.  
 CODIGO LOCAL : 413294  
 PROYECTO : ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022  
 UBICACIÓN : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA  
 DIRECCIÓN DEL CLIENTE : CALLE 27 250 SAN BORJA

**DATOS DE LA MUESTRA**

Cantera	: -		
Calicata	: SPT-A1		
Muestra	: -		
Prof. (m)	: 1.55-2.00	Fecha de Recepción	: 22/03/22
Progresiva	: -	Fecha de Ejecución	: 23/03/22
Coordenadas	: -	Fecha de Emisión	: 24/03/22

Recipiente N°		1	2
Peso de suelo humedo + tara	g	107.8	105.3
Peso de suelo seco + tara	g	96.7	94.5
Peso de tara	g	11.0	11.5
Peso de agua	g	11.1	10.8
Peso de suelo seco	g	85.7	83.0
Contenido de agua	%	13.0	13.0
Contenido de Humedad (%)		13.0	

Observacion : *El uso de esta información es exclusiva del solicitante*  
 Realizado por *Tec. J.CH*

Equipos Usados  
 Bal-TAJ4001-N°1  
 Hor-01-jch

  
 Jean Chavez R.  
 Jefe de Calidad

  
 FRANCISCO  
 LOZA CLAVIJO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667



	<b>FORMULARIO</b>	Código : D-04
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO</b>	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 1-3

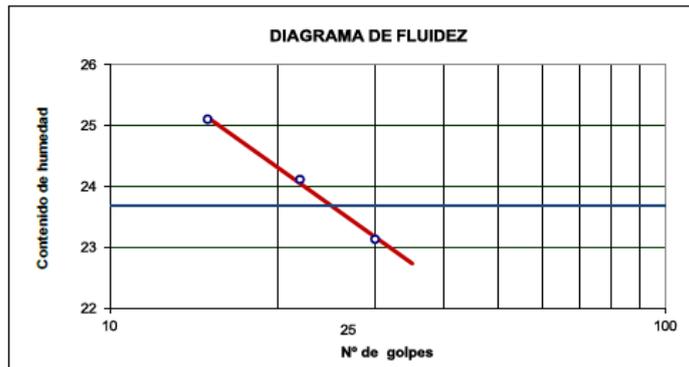
**ENSAYO DE LÍMITE DE CONSISTENCIA  
ASTM D4318, MTC E 110 - E 111**

INFORME N° : JCH 21-030  
 SOLICITANTE : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA.  
 CODIGO LOCAL : 413294  
 PROYECTO : ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022  
 UBICACIÓN : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA  
 DIRECCIÓN DEL CLIENTE : CALLE 27 250 SAN BORJA

**Datos de la Muestra**

Cantera : -  
 Calicata : SPT-A1  
 Muestra : -  
 Prof. (m) : 1.55-2.00  
 Progresiva : -  
 Coordenadas : -  
 Fecha de Recepción : 22/03/22  
 Fecha de Ejecución : 23/03/22  
 Fecha de Emisión : 24/03/22

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	1	2
ENSAYO No.					
NÚMERO DE GOLPES	30	22	15		
PESO DE LA LATA (gr)	11.08	11.16	11.72	11.58	11.24
PESO LATA + SUELO HUMEDO (g)	22.47	23.46	23.63	23.75	22.47
PESO LATA + SUELO SECO (g)	20.33	21.07	21.24	21.91	20.83
PESO AGUA (g)	2.14	2.39	2.39	1.84	1.64
PESO SUELO SECO (g)	9.25	9.91	9.52	10.33	9.59
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	23.1	24.1	25.1	17.8	17.1



LÍMITE LÍQUIDO (%)	23.7
LÍMITE PLÁSTICO (%)	17.5
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	6.2

Pasante de la malla N°40

Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante  
 Realizado por Tec. J.CH

- Equipos Usados**
- Bal-SE402F-N°2
  - Hor-01-jch
  - Vidrio esmerilado
  - Equipo de Casagrande ELE

  
 Jean Chavez R.  
 Jefe de Calidad

  
 JAVIER FRANCISCO  
 LOA CLAVIJO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667



	<b>FORMULARIO</b>	Código : D-06
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO</b>	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 3-3

**INFORME N°** : JCH 21-030  
**SOLICITANTE** : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA.  
**CODIGO LOCAL** : 413294  
**PROYECTO** : ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022  
**UBICACIÓN** : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA  
**DIRECCIÓN DEL CLIENTE** : CALLE 27 250 SAN BORJA

**Datos de la Muestra:**  
**Cantera** : -  
**Calicata** : SPT-A1  
**Muestra** : -  
**Prof. (m)** : 2.55-3.00  
**Progresiva** : -  
**Coordenadas** : -

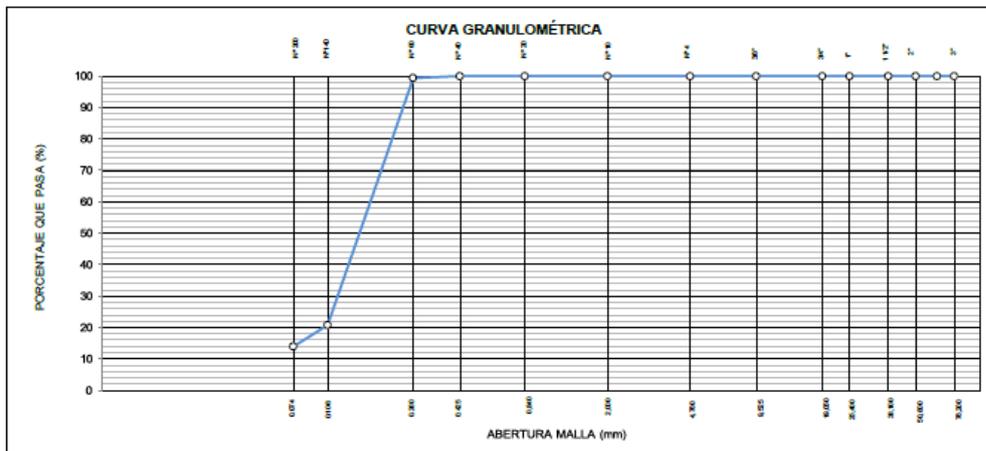
**Fecha de Recepción** : 22/03/2022  
**Fecha de Ejecución** : 23/03/2022  
**Fecha de Emisión** : 24/03/2022

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D422 / MTC-E107**

Peso Global (seco) (g) 199.9

TAMIZ	ABERTURA (mm)	P. RET. (gr)	RET. (%)	PASA (%)
3"	76.20	--	--	100.0
2"	50.80	--	--	100.0
1 1/2"	38.10	--	--	100.0
1"	25.40	--	--	100.0
3/4"	19.05	--	--	100.0
3/8"	9.525	--	--	100.0
N° 4	4.760	--	--	100.0
N° 10	2.000	--	--	100.0
N° 20	0.840	--	--	100.0
N° 40	0.425	--	--	100.0
N° 60	0.260	1.2	0.6	99.4
N° 140	0.106	157.2	78.6	20.8
N° 200	0.074	13.6	6.8	14.0
-200		27.9	14.0	0.0

% Grava [N° 4 < f < 3"]	0.0
% Arena [N° 200 < f < N° 4]	88.0
% Finos [< N° 200]	14.0
<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>	
Limite Líquido (%) ASTM D4318-05	--
Limite Plástico (%) ASTM D4318-05	NP
Indice de Plasticidad (%) ASTM D4318-05	NP
<b>Contenido de Humedad ASTM D-2216-05</b>	
Humedad (%)	4.8
<b>CLASIFICACION</b>	
CLASIFICACION SUCS ASTM D 2487-05	SM
CLASIFICACION AASHTO ASTM D 3282-04	A-2-4(0)
Descripción de la muestra :	ARENA LIMOSA



**Observación :** El uso de esta información es exclusiva del solicitante  
**Realizado por** Tec. J.CH

- Equipos Usados**
- Bal-TAJ4001-N°1
  - Hor-D1-jch
  - Equipo de Casagrande ELE
  - Bal-SE402F-N°2

  
**Jean Chavez R.**  
 Jefe de Calidad

  
**JAVIER FRANCISCO**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667



 <b>LABORATORIO GEOTÉCNICO</b>	<b>FORMULARIO</b>	Código : D-01
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO</b>	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 23

**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD  
ASTM D2216, MTC E 108**

INFORME N° : JCH 21-030  
 SOLICITANTE : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA.  
 CODIGO LOCAL : 413294  
 PROYECTO : ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022  
 UBICACIÓN : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA  
 DIRECCIÓN DEL CLIENTE : CALLE 27 250 SAN BORJA

**DATOS DE LA MUESTRA**

Cantera	: -		
Calicata	: SPT-A1		
Muestra	: -		
Prof. (m)	: 2.55-3.00	Fecha de Recepción	: 22/03/22
Progresiva	: -	Fecha de Ejecución	: 23/03/22
Coordenadas	: -	Fecha de Emisión	: 24/03/22

Recipiente N°		1	2
Peso de suelo humedo + tara	g	115.5	123.3
Peso de suelo seco + tara	g	110.8	118.0
Peso de tara	g	10.9	9.6
Peso de agua	g	4.7	5.3
Peso de suelo seco	g	99.9	108.4
Contenido de agua	%	4.7	4.9
Contenido de Humedad (%)		4.8	

Observacion : El uso de esta información es exclusiva del solicitante  
 Realizado por Tec. J.CH

**Equipos Usados**  
 Bal-TAJ4001-N°1  
 Hor-01-jch

  
 Jean Chavez R.  
 Jefe de Calidad

  
 JAVIER FRANCISCO  
 LOA CLAVIJO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 183667





	<b>FORMULARIO</b>	Código : D-01
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO</b>	Revisión : 1 Fecha : - Página : 2-3

**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD  
ASTM D2216, MTC E 108**

INFORME N° : JCH 21-030  
 SOLICITANTE : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA.  
 CODIGO LOCAL : 413294  
 PROYECTO : ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022  
 UBICACIÓN : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA  
 DIRECCIÓN DEL CLIENTE : CALLE 27 250 SAN BORJA

**DATOS DE LA MUESTRA**

Cantera : -  
 Calicata : SPT-A1  
 Muestra : -  
 Prof. (m) : 3.55-4.00  
 Progresiva : -  
 Coordenadas : -

Fecha de Recepción : 22/03/22  
 Fecha de Ejecución : 23/03/22  
 Fecha de Emisión : 24/03/22

Recipiente N°	1	2
Peso de suelo humedo + tara g	131.0	146.9
Peso de suelo seco + tara g	112.2	125.7
Peso de tara g	13.4	11.4
Peso de agua g	18.8	21.2
Peso de suelo seco g	98.8	114.3
Contenido de agua %	19.0	18.5
Contenido de Humedad (%)	18.8	

Observacion : El uso de esta información es exclusiva del solicitante  
 Realizado por Tec. J.CH

Equipos Usados  
 Bal-TAJ4001-N°1  
 Hor-01-jch

  
 Jean Chavez R.  
 Jefe de Calidad

  
 JAVIER FRANCISCO  
 LA LOZA CLAVIJO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667



	<b>FORMULARIO</b>	Código : D-04
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO</b>	Revisión : 1 Fecha : - Página : 1-3

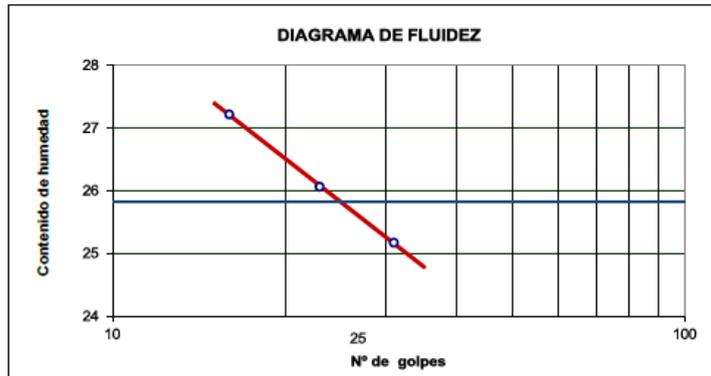
**ENSAYO DE LÍMITE DE CONSISTENCIA  
ASTM D4318, MTC E 110 - E 111**

INFORME N° : JCH 21-030  
 SOLICITANTE : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA.  
 CODIGO LOCAL : 413294  
 PROYECTO : ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022  
 UBICACIÓN : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA  
 DIRECCIÓN DEL CLIENTE : CALLE 27 250 SAN BORJA

**Datos de la Muestra**

Cantera	: -	Fecha de Recepción	: 22/03/22
Calicata	: SPT-A1	Fecha de Ejecución	: 23/03/22
Muestra	: -	Fecha de Emisión	: 24/03/22
Prof. (m)	: 3.55-4.00		
Progresiva	: -		
Coordenadas	: -		

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	1	2
ENSAYO No.	31	23	16		
NÚMERO DE GOLPES	31	23	16		
PESO DE LA LATA (gr)	13.46	13.25	13.6	12.53	12.54
PESO LATA + SUELO HÚMEDO (g)	24.50	24.86	25.52	18.30	18.60
PESO LATA + SUELO SECO (g)	22.28	22.46	22.97	17.33	17.57
PESO AGUA (g)	2.22	2.40	2.55	0.97	1.03
PESO SUELO SECO (g)	8.82	9.21	9.37	4.8	5.03
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	25.2	26.1	27.2	20.2	20.5



LÍMITE LÍQUIDO (%)	25.8
LÍMITE PLÁSTICO (%)	20.3
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	5.5

Pasante de la malla N°40

Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante  
 Realizado por Tec. J.CH

**Equipos Usados**

- Bal-SE402F-N°2
- Hor-01-jch
- Vidrio esmerilado
- Equipo de Casagrande ELE

  
 Jean Chavez R.  
 Jefe de Calidad

  
 JAVIER FRANCISCO  
 LA LOA CLAVIJO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667



	<b>FORMULARIO</b>	Código : D-06
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO</b>	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 3-3

**INFORME N°** : JCH 21-030  
**SOLICITANTE** : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA.  
**CODIGO LOCAL** : 413294  
**PROYECTO** : ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022  
**UBICACIÓN** : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA  
**DIRECCIÓN DEL CLIENTE** : CALLE 27 250 SAN BORJA

**Datos de la Muestra:**  
**Cantera** : -  
**Calicata** : SPT-A2  
**Muestra Prof. (m)** : 4.55-5.00  
**Progresiva** : -  
**Coordenadas** : -

**Fecha de Recepción** : 22/03/2022  
**Fecha de Ejecución** : 23/03/2022  
**Fecha de Emisión** : 24/03/2022

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D422 / MTC-E107**

Peso Global (seco) (g) 191.9

TAMIZ	ABERTURA (mm)	P. RET. (gr)	RET. (%)	PASA (%)
3"	76.20	--	--	100.0
2"	50.80	--	--	100.0
1 1/2"	38.10	--	--	100.0
1"	25.40	--	--	100.0
3/4"	19.05	--	--	100.0
3/8"	9.525	--	--	100.0
N° 4	4.760	--	--	100.0
N° 10	2.000	--	--	100.0
N° 20	0.840	--	--	100.0
N° 40	0.425	--	--	100.0
N° 60	0.260	5.5	2.9	97.1
N° 140	0.106	70.3	36.6	60.5
N° 200	0.074	16.1	8.4	52.1
-200		100.0	52.1	0.0

% Grava [N° 4 < f < 3"]	0.0
% Arena [N° 200 < f < N° 4]	47.9
% Finos [ < N° 200]	52.1

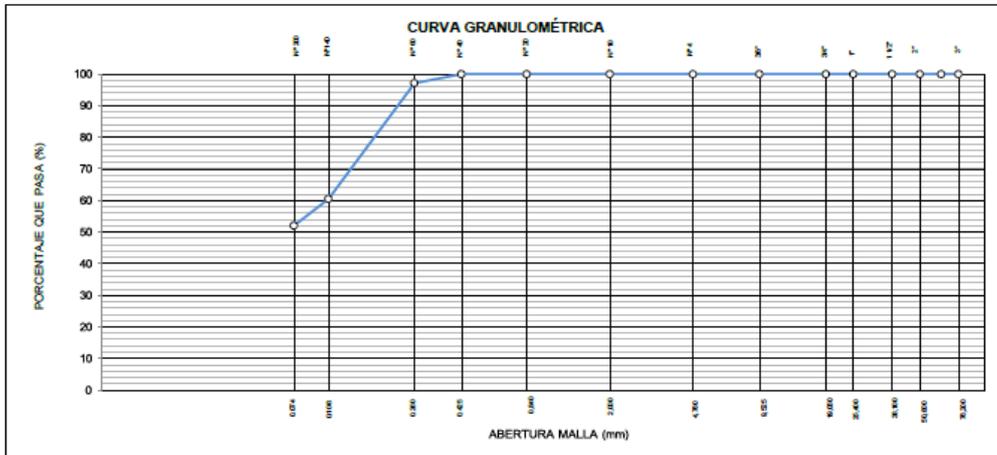
<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>	
Límite Líquido (%) ASTM D4318-05	28.6
Límite Plástico (%) ASTM D4318-05	20.2
Índice de Plasticidad (%) ASTM D4318-05	8.4

<b>Contenido de Humedad ASTM D-2216-05</b>	
Humedad (%)	20.1

<b>CLASIFICACION</b>	
CLASIFICACION SUCS ASTM D 2487-05	CL
CLASIFICACION AASHTO ASTM D 3282-04	A-4(2)
Descripción de la muestra :	ARCILLA



**Observación :** El uso de esta información es exclusiva del solicitante  
**Realizado por** Tec. J.CH  
**Equipos Usados**  
 - Bal-TAJ4001-N°1  
 - Hor-01-jch  
 - Equipo de Casagrande ELE  
 - Bal-SE402F-N°2

  
**Jean Chavez R.**  
 Jefe de Calidad

  
**JAVIER FRANCISCO LOA GLAVIJO**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667



	<b>FORMULARIO</b>	Código : D-01
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO</b>	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 2-3

**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD  
ASTM D2216, MTC E 108**

INFORME N° : JCH 21-030  
 SOLICITANTE : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA.  
 CODIGO LOCAL : 413294  
 PROYECTO : ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022  
 UBICACIÓN : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA  
 DIRECCIÓN DEL CLIENTE : CALLE 27 250 SAN BORJA

**DATOS DE LA MUESTRA**

Cantera	: -		
Calicata	: SPT-A2		
Muestra	: -		
Prof. (m)	: 4.55-5.00	Fecha de Recepción	: 22/03/22
Progresiva	: -	Fecha de Ejecución	: 23/03/22
Coordenadas	: -	Fecha de Emisión	: 24/03/22

Recipiente N°	1	2
Peso de suelo humedo + tara g	109.1	114.7
Peso de suelo seco + tara g	92.4	97.3
Peso de tara g	9.1	10.6
Peso de agua g	16.7	17.4
Peso de suelo seco g	83.3	86.7
Contenido de agua %	20.0	20.1
Contenido de Humedad (%)	20.1	

Observacion : *El uso de esta información es exclusiva del solicitante*  
 Realizado por *Tec. J.CH*

**Equipos Usados**  
 Bal-TAJ4001-N°1  
 Hor-01-jch

  
**Jean Chavez R.**  
 Jefe de Calidad

  
**JAVIER FRANCISCO**  
 LA LOA CLAVIJO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667



	<b>FORMULARIO</b>	Código : D-04
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO</b>	Revisión : 1 Fecha : - Página : 1-3

**ENSAYO DE LÍMITE DE CONSISTENCIA  
ASTM D4318, MTC E 110 - E 111**

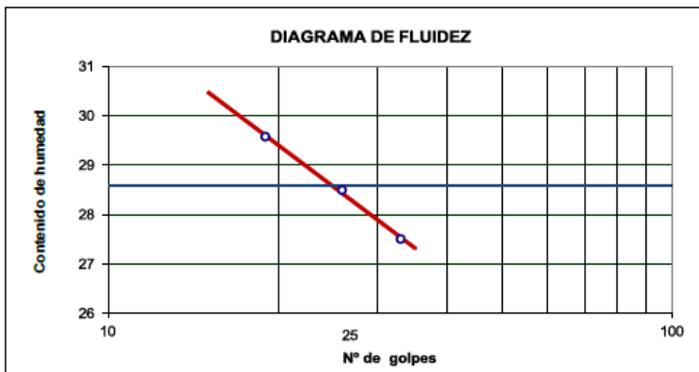
**INFORME N°** : JCH 21-030  
**SOLICITANTE** : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA.  
**CODIGO LOCAL** : 413294  
**PROYECTO** : ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022  
**UBICACIÓN** : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA  
**DIRECCIÓN DEL CLIENTE** : CALLE 27 250 SAN BORJA

**Datos de la Muestra**

**Cantera** : -  
**Calicata** : SPT-A2  
**Muestra** : -  
**Prof. (m)** : 4.55-5.00  
**Progresiva** : -  
**Coordenadas** : -

**Fecha de Recepción** : 22/03/22  
**Fecha de Ejecución** : 23/03/22  
**Fecha de Emisión** : 24/03/22

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	1	2
ENSAYO No.	1	2	3	1	2
NÚMERO DE GOLPES	33	26	19		
PESO DE LA LATA (gr)	13.33	12.42	12.46	13.53	13.26
PESO LATA + SUELO HÚMEDO (g)	24.64	24.55	24.77	19.54	19.27
PESO LATA + SUELO SECO (g)	22.20	21.86	21.96	18.54	18.25
PESO AGUA (g)	2.44	2.69	2.81	1.00	1.02
PESO SUELO SECO (g)	8.87	9.44	9.50	5.01	4.99
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	27.5	28.5	29.6	20.0	20.4



LÍMITE LÍQUIDO (%)	28.6
LÍMITE PLÁSTICO (%)	20.2
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	8.4

Pasante de la malla N°40

Observacion : El uso de esta información es exclusiva del solicitante  
 Realizado por Tec. J.CH

**Equipos Usados**

- Bal-SE402F-N°2
- Hor-01-jch
- Vidrio esmerilado
- Equipo de Casagrande ELE

  
 Jean Chavez R.  
 Jefe de Calidad

  
 JAVIER FRANCISCO  
 LR LOA CLAVIJO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667



	<b>FORMULARIO</b>	Código : D-06
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO</b>	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 3-3

**INFORME N°** : JCH 21-030  
**SOLICITANTE** : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA.  
**CODIGO LOCAL** : 413294  
**PROYECTO** : ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022  
**UBICACIÓN** : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA  
**DIRECCIÓN DEL CLIENTE** : CALLE 27 250 SAN BORJA

**Datos de la Muestra:**  
 Canteras : -  
 Calicata : SPT-A1  
 Muestra : -  
 Prof. (m) : 6.55-7.00  
 Progresiva : -  
 Coordenadas : -

Fecha de Recepción : 22/03/2022  
 Fecha de Ejecución : 23/03/2022  
 Fecha de Emisión : 24/03/2022

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D422 / MTC-E107**

Peso Global (seco) (g) 208.9

TAMIZ	ABERTURA (mm)	P. RET. (gr)	RET. (%)	PASA (%)
3"	76.20	--	--	100.0
2"	50.80	--	--	100.0
1 1/2"	38.10	--	--	100.0
1"	25.40	--	--	100.0
3/4"	19.05	--	--	100.0
3/8"	9.525	--	--	100.0
N° 4	4.760	--	--	100.0
N° 10	2.000	--	--	100.0
N° 20	0.840	--	--	100.0
N° 40	0.425	--	--	100.0
N° 80	0.260	9.7	4.6	95.4
N° 140	0.106	111.9	53.6	41.8
N° 200	0.074	17.1	8.2	33.6
-200		70.2	33.6	0.0

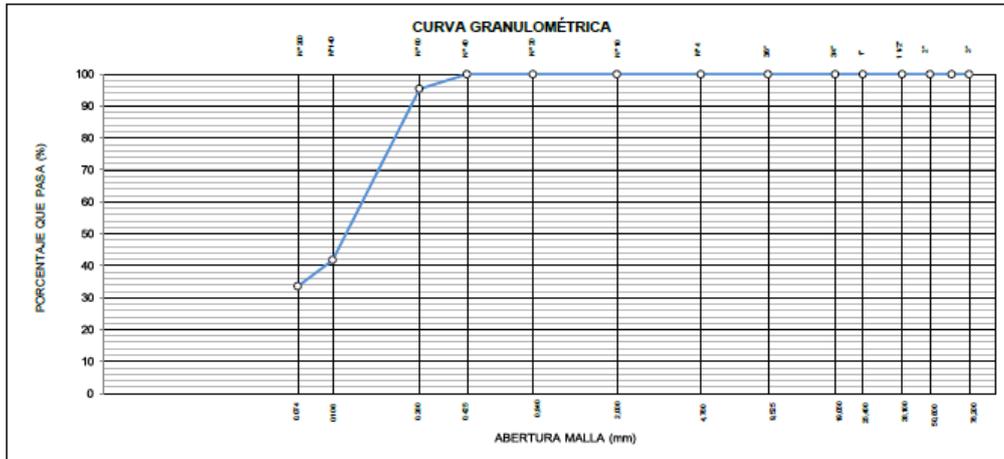
% Grava [N° 4 < f < 3"]	0.0
% Arena [N° 200 < f < N° 4]	68.4
% Finos [< N° 200]	33.6

<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>	
Límite Líquido (%) ASTM D4318-05	28.6
Límite Plástico (%) ASTM D4318-05	20.4
Índice de Plasticidad (%) ASTM D4318-05	8.2

<b>Contenido de Humedad ASTM D-2216-05</b>	
Humedad (%)	17.7

<b>CLASIFICACION</b>	
CLASIFICACION SUCS ASTM D 2487-05	SC
CLASIFICACION AASHTO ASTM D 3282-04	A-2-4(0)

Descripción de la muestra : ARENA ARCILLOSA



Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante  
 Realizado por Tec. JCH

- Equipos Usados**
- Bal-TAJ4001-N°1
  - Hor-01-jch
  - Equipo de Casagrande ELE
  - Bal-SE402F-N°2

  
**Jean Chavez R.**  
 Jefe de Calidad

  
**JAVIER FRANCISCO**  
 LA LOA CLAVIJO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667



	<b>FORMULARIO</b>	Código : D-01
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO</b>	Revisión : 1
Fecha : -		
Página : 2-3		

**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD  
ASTM D2216, MTC E 108**

INFORME N° : JCH 21-030  
 SOLICITANTE : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA.  
 CODIGO LOCAL : 413294  
 PROYECTO : ANALISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022  
 UBICACIÓN : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA  
 DIRECCIÓN DEL CLIENTE : CALLE 27 250 SAN BORJA

**DATOS DE LA MUESTRA**

Cantera	: -		
Calicata	: SPT-A1		
Muestra	: -		
Prof. (m)	: 6.55-7.00	Fecha de Recepción	: 22/03/22
Progresiva	: -	Fecha de Ejecución	: 23/03/22
Coordenadas	: -	Fecha de Emisión	: 24/03/22

Recipiente N°		1	2
Peso de suelo humedo + tara	g	131.7	136.6
Peso de suelo seco + tara	g	113.9	117.8
Peso de tara	g	13.7	11.2
Peso de agua	g	17.8	18.8
Peso de suelo seco	g	100.2	106.6
Contenido de agua	%	17.8	17.6
Contenido de Humedad (%)		17.7	

Observacion : El uso de esta información es exclusiva del solicitante  
 Realizado por Tec. J.CH

**Equipos Usados**  
 Bal-TAJ4001-N°1  
 Hor-01-jch

  
 Jean Chavez R.  
 Jefe de Calidad

  
 JAVIER FRANCISCO  
 LA LOA CLAVIJO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667



	<b>FORMULARIO</b>	Código : D-04
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO</b>	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 1-3

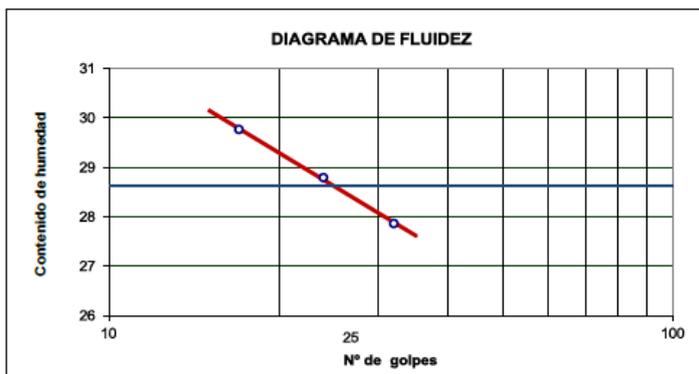
**ENSAYO DE LÍMITE DE CONSISTENCIA  
ASTM D4318, MTC E 110 - E 111**

INFORME N° : JCH 21-030  
 SOLICITANTE : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA.  
 CODIGO LOCAL : 413294  
 PROYECTO : ANALISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022  
 UBICACIÓN : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA  
 DIRECCIÓN DEL CLIENTE : CALLE 27 250 SAN BORJA

**Datos de la Muestra**

Canteras : -  
 Calicata : SPT-A1  
 Muestra : -  
 Prof. (m) : 6.55-7.00  
 Progresiva : -  
 Coordenadas : -  
 Fecha de Recepción : 22/03/22  
 Fecha de Ejecución : 23/03/22  
 Fecha de Emisión : 24/03/22

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	1	2
ENSAYO No.					
NÚMERO DE GOLPES	32	24	17		
PESO DE LA LATA (gr)	11.04	11.19	12.42	11.01	12.52
PESO LATA + SUELO HÚMEDO (g)	22.65	23.76	23.58	23.64	23.64
PESO LATA + SUELO SECO (g)	20.12	20.95	21.02	21.47	21.78
PESO AGUA (g)	2.53	2.81	2.56	2.17	1.86
PESO SUELO SECO (g)	9.08	9.76	8.60	10.46	9.26
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	27.9	28.8	29.8	20.7	20.1



LÍMITE LÍQUIDO (%)	28.6
LÍMITE PLÁSTICO (%)	20.4
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	8.2

Pasante de la malla N°40

Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante  
 Realizado por Tec. J.CH

**Equipos Usados**

- Bal-SE402F-N°2
- Hor-01-jch
- Vidrio esmerilado
- Equipo de Casagrande ELE

  
 Jean Chavez R.  
 Jefe de Calidad

  
 JAVIER FRANCISCO  
 DE LOA CLAVIJO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667



	<b>FORMULARIO</b>	Código : D-06
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO</b>	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 3-3

**INFORME N°** : JCH 21-030  
**SOLICITANTE** : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA.  
**CODIGO LOCAL** : 413294  
**PROYECTO** : ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022  
**UBICACIÓN** : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA  
**DIRECCIÓN DEL CLIENTE** : CALLE 27 250 SAN BORJA

---

**Datos de la Muestra:**  
**Cantera** : -  
**Calicata** : SPT-A1  
**Muestra** : -  
**Prof. (m)** : 7.55-8.00  
**Progresiva** : -  
**Coordenadas** : -

**Fecha de Recepción** : 22/03/2022  
**Fecha de Ejecución** : 23/03/2022  
**Fecha de Emisión** : 24/03/2022

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D422 / MTC-E107**

Peso Global (seco) (g) 276.3

TAMIZ	ABERTURA (mm)	P. RET. (gr)	RET. (%)	PASA (%)
3"	76.20	--	--	100.0
2"	50.80	--	--	100.0
1 1/2"	38.10	--	--	100.0
1"	25.40	--	--	100.0
3/4"	19.05	--	--	100.0
3/8"	9.525	--	--	100.0
N° 4	4.760	--	--	100.0
N° 10	2.000	--	--	100.0
N° 20	0.840	--	--	100.0
N° 40	0.425	--	--	100.0
N° 60	0.260	24.0	8.7	91.3
N° 140	0.106	174.4	63.1	28.2
N° 200	0.074	13.9	5.0	23.2
-200		64.0	23.2	0.0

% Grava [N° 4 < f < 3"]	0.0
% Arena [N° 200 < f < N° 4]	76.8
% Finos [ < N° 200]	23.2

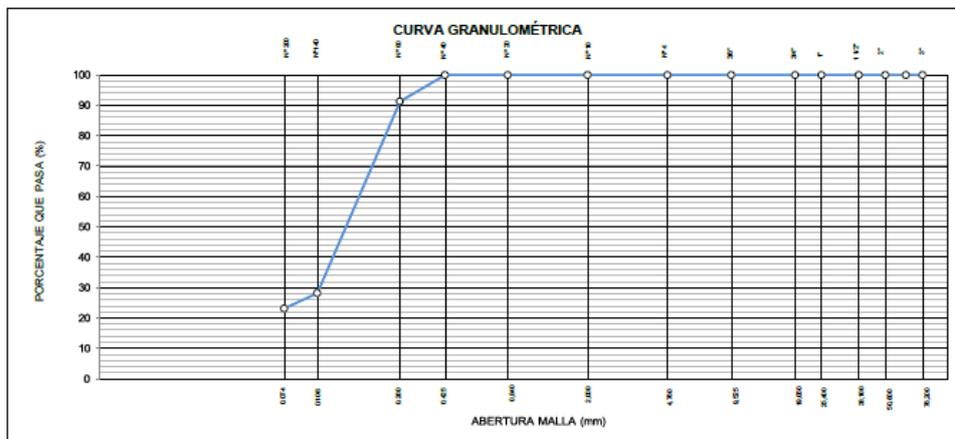
<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>	
Límite Líquido (%) ASTM D4318-05	--
Límite Plástico (%) ASTM D4318-05	NP
Índice de Plasticidad (%) ASTM D4318-05	NP

<b>Contenido de Humedad ASTM D-2216-05</b>	
Humedad (%)	18.1

<b>CLASIFICACION</b>	
CLASIFICACION SUCS ASTM D 2487-05	SM
CLASIFICACION AASHTO ASTM D 3282-04	A-2-4(0)
Descripción de la muestra :	ARENA LIMOSA



**Observación :** El uso de esta información es exclusiva del solicitante  
**Realizado por** Tec. JCH

- Equipos Usados**
- Bal-TAJ4001-N°1
  - Hor-01-jch
  - Equipo de Casagrande ELE
  - Bal-SE402F-N°2

  
**Jean Chavez R.**  
 Jefe de Calidad

  
**JAVIER FRANCISCO LOA CLAVIJO**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667



	<b>FORMULARIO</b>	Código : D-01
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO</b>	Revisión : 1 Fecha : - Página : 2-3

**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD  
ASTM D2216, MTC E 108**

INFORME N° : JCH 21-030  
 SOLICITANTE : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA.  
 CODIGO LOCAL : 413294  
 PROYECTO : ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022  
 UBICACIÓN : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA  
 DIRECCIÓN DEL CLIENTE : CALLE 27 250 SAN BORJA

**DATOS DE LA MUESTRA**

Cantera	: -		
Calicata	: SPT-A1		
Muestra	: -		
Prof. (m)	: 7.55-8.00	Fecha de Recepción	: 22/03/22
Progresiva	: -	Fecha de Ejecución	: 23/03/22
Coordenadas	: -	Fecha de Emisión	: 24/03/22

Recipiente N°		1	2
Peso de suelo humedo + tara	g	138.4	142.2
Peso de suelo seco + tara	g	119.0	122.4
Peso de tara	g	11.0	13.3
Peso de agua	g	19.4	19.8
Peso de suelo seco	g	108.0	109.1
Contenido de agua	%	18.0	18.1
Contenido de Humedad (%)		18.1	

Observacion : *El uso de esta información es exclusiva del solicitante*  
 Realizado por *Tec. J.CH*

**Equipos Usados**

Bal-TAJ4001-N°1

Hor-01-jch

  
**Jean Chavez R.**  
 Jefe de Calidad

  
**JAVIER FRANCISCO  
LOA CLAVIJO**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667



	<b>FORMULARIO</b>	Código : D-04
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO</b>	Revisión : 1 Fecha : - Página : 1-3

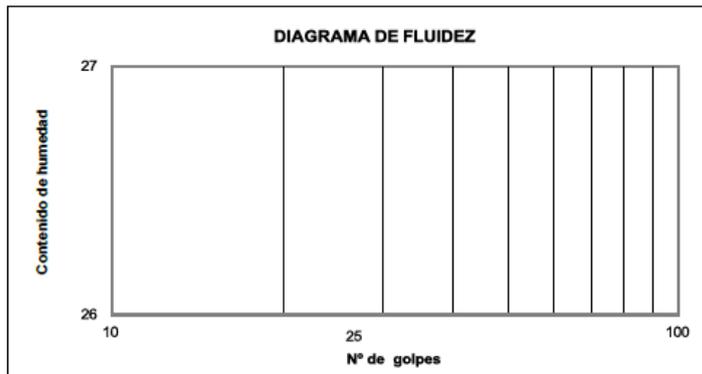
**ENSAYO DE LÍMITE DE CONSISTENCIA  
ASTM D4318, MTC E 110 - E 111**

INFORME N° : JCH 21-030  
 SOLICITANTE : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA.  
 CODIGO LOCAL : 413294  
 PROYECTO : ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022  
 UBICACIÓN : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA  
 DIRECCIÓN DEL CLIENTE : CALLE 27 250 SAN BORJA

**Datos de la Muestra**

Cantera : -  
 Calicata : SPT-A1  
 Muestra : -  
 Prof. (m) : 7.55-8.00  
 Progresiva : -  
 Coordenadas : -  
 Fecha de Recepción : 22/03/22  
 Fecha de Ejecución : 23/03/22  
 Fecha de Emisión : 24/03/22

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO
ENSAYO No.		
NÚMERO DE GOLPES		
PESO DE LA LATA (gr)		
PESO LATA + SUELO HÚMEDO (g)		
PESO LATA + SUELO SECO (g)		
PESO AGUA (g)		
PESO SUELO SECO (g)		
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		



LÍMITE LÍQUIDO (%)	---
LÍMITE PLÁSTICO (%)	NP
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	NP

Pasante de la malla N°40

Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante  
 Realizado por Tec. JCH

**Equipos Usados**

- Bal-SE402F-N°2
- Hor-01-jch
- Vidrio esmerilado
- Equipo de Casagrande ELE

  
 Jean Chavez R.  
 Jefe de Calidad

  
 JAVIER FRANCISCO  
 IN LOA CLAVIJO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667



	<b>FORMULARIO</b>	Código : D-06
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO</b>	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 3-3

INFORME N° : JCH 21-030  
 SOLICITANTE : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA.  
 CODIGO LOCAL : 413294  
 PROYECTO : ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022  
 UBICACIÓN : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA  
 DIRECCIÓN DEL CLIENTE : CALLE 27 250 SAN BORJA

**Datos de la Muestra:**  
 Cantera : -  
 Calicata : SPT-A2  
 Muestra : -  
 Prof. (m) : 0.55-1.00  
 Progresiva : -  
 Coordenadas : -

Fecha de Recepción : 22/03/2022  
 Fecha de Ejecución : 23/03/2022  
 Fecha de Emisión : 24/03/2022

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D422 / MTC-E107**

Peso Global (seco) (g) 112.0

TAMIZ	ABERTURA (mm)	P. RET. (gr)	RET. (%)	PASA (%)
3"	76.20	--	--	100.0
2"	50.80	--	--	100.0
1 1/2"	38.10	--	--	100.0
1"	25.40	--	--	100.0
3/4"	19.05	--	--	100.0
3/8"	9.525	--	--	100.0
N° 4	4.760	--	--	100.0
N° 10	2.000	--	--	100.0
N° 20	0.840	3.3	2.9	97.1
N° 40	0.425	3.2	2.9	94.2
N° 60	0.250	6.2	5.5	88.7
N° 140	0.106	23.2	20.7	68.0
N° 200	0.074	5.1	4.6	63.4
-200		71.0	63.4	0.0

% Grava [N° 4 < f < 3"]	0.0
% Arena [N° 200 < f < N° 4]	36.6
% Finos [ < N° 200]	63.4

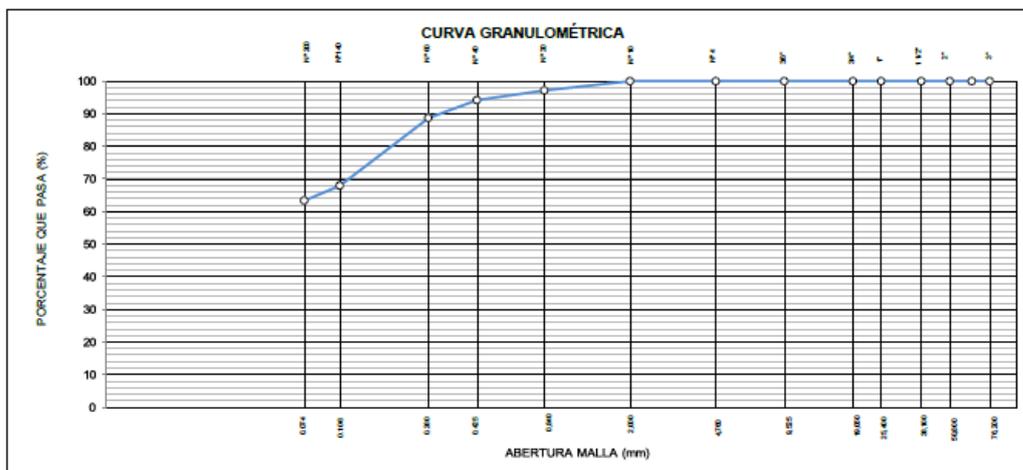
<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>	
Límite Líquido (%) ASTM D4318-05	30.9
Límite Plástico (%) ASTM D4318-05	20.5
Índice de Plasticidad (%) ASTM D4318-05	10.4

<b>Contenido de Humedad ASTM D-2216-05</b>	
Humedad (%)	18.2

<b>CLASIFICACION</b>	
CLASIFICACION SUCS ASTM D 2487-05	CL
CLASIFICACION AASHTO ASTM D 3282-04	A-4(5)
Descripción de la muestra :	ARCILLA



Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante  
 Realizado por Tec. JCH

- Equipos Usados**
- Bal-TAJ4001-N°1
  - Hor-01-jch
  - Equipo de Casagrande ELE
  - Bal-SE402F-N°2

  
**Jean Chavez R.**  
 Jefe de Calidad

  
**JAVIER FRANCISCO LOA CLAVIJO**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667



	<b>FORMULARIO</b>	Código : D-01
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO</b>	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 2-3

**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD  
ASTM D2216, MTC E 108**

INFORME N° : JCH 21-030  
 SOLICITANTE : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA.  
 CODIGO LOCAL : 413294  
 PROYECTO : ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022  
 UBICACIÓN : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA  
 DIRECCIÓN DEL CLIENTE : CALLE 27 250 SAN BORJA

**DATOS DE LA MUESTRA**

Cantera	: -		
Calicata	: SPT-A2		
Muestra	: -		
Prof. (m)	: 0.55-1.00	Fecha de Recepción	: 22/03/22
Progresiva	: -	Fecha de Ejecución	: 23/03/22
Coordenadas	: -	Fecha de Emisión	: 24/03/22

Recipiente N°	1	2
Peso de suelo humedo + tara g	85.2	90.1
Peso de suelo seco + tara g	73.9	77.7
Peso de tara g	11.4	10.1
Peso de agua g	11.3	12.4
Peso de suelo seco g	62.5	67.6
Contenido de agua %	18.1	18.3
Contenido de Humedad (%)	18.2	

Observacion : El uso de esta información es exclusiva del solicitante  
 Realizado por Tec. J.CH

**Equipos Usados**  
 Bal-TAJ4001-N°1  
 Hor-01-jch

  
**Jean Chavez R.**  
 Jefe de Calidad

  
**JAVIER FRANCISCO  
 EN LOA CLAVIJO**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667



	<b>FORMULARIO</b>	Código : D-04
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO</b>	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 1-3

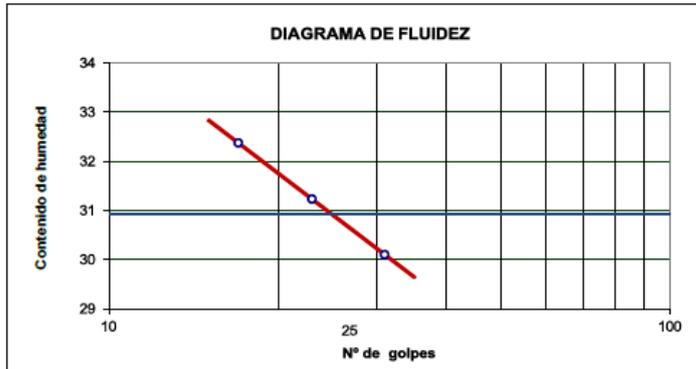
**ENSAYO DE LÍMITE DE CONSISTENCIA  
ASTM D4318, MTC E 110 - E 111**

INFORME N° : JCH 21-030  
 SOLICITANTE : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA.  
 CODIGO LOCAL : 413294  
 PROYECTO : ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022  
 UBICACIÓN : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA  
 DIRECCIÓN DEL CLIENTE : CALLE 27 250 SAN BORJA

**Datos de la Muestra**

Cantera : -  
 Calicata : SPT-A2  
 Muestra : -  
 Prof. (m) : 0.55-1.00  
 Progresiva : -  
 Coordenadas : -  
 Fecha de Recepción : 22/03/22  
 Fecha de Ejecución : 23/03/22  
 Fecha de Emisión : 24/03/22

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	1	2
ENSAYO No.					
NÚMERO DE GOLPES	31	23	17		
PESO DE LA LATA (gr)	12.47	12.74	12.47	13.48	13.64
PESO LATA + SUELO HÚMEDO (g)	23.75	23.58	25.84	19.65	19.74
PESO LATA + SUELO SECO (g)	21.14	21.00	22.57	18.60	18.70
PESO AGUA (g)	2.61	2.58	3.27	1.05	1.04
PESO SUELO SECO (g)	8.67	8.26	10.10	5.12	5.06
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	30.1	31.2	32.4	20.5	20.6



LÍMITE LÍQUIDO (%)	30.9
LÍMITE PLÁSTICO (%)	20.5
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	10.4

Pasante de la malla N°40

Observacion : El uso de esta información es exclusiva del solicitante  
 Realizado por Tec. J.CH

**Equipos Usados**

- Bal-SE402F-N°2
- Hor-01-jch
- Vidrio esmerilado
- Equipo de Casagrande ELE

  
 Jean Chavez R.  
 Jefe de Calidad

  
 JAVIER FRANCISCO  
 LA LOA CLAVIJO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667



	<b>FORMULARIO</b>	Código : D-06
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO</b>	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 3-3

INFORME N° : JCH 21-030  
 SOLICITANTE : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA  
 CODIGO LOCAL : 413294  
 PROYECTO : ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022  
 UBICACIÓN : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA

DIRECCIÓN DEL CLIENTE : CALLE 27 250 SAN BORJA

**Datos de la Muestra:**

Cantera : -  
 Calicata : SPT-A2  
 Muestra : -  
 Prof. (m) : 1.55-2.00  
 Progresiva : -  
 Coordenadas : -  
 Fecha de Recepción : 22/03/2022  
 Fecha de Ejecución : 23/03/2022  
 Fecha de Emisión : 24/03/2022

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D422 / MTC-E107**

Peso Global (seco) (g) 182.0

TAMIZ	ABERTURA (mm)	P. RET. (gr)	RET. (%)	PASA (%)
3"	76.20	--	--	100.0
2"	50.80	--	--	100.0
1 1/2"	38.10	--	--	100.0
1"	25.40	--	--	100.0
3/4"	19.05	--	--	100.0
3/8"	9.525	--	--	100.0
N° 4	4.760	--	--	100.0
N° 10	2.000	--	--	100.0
N° 20	0.840	1.4	0.8	99.2
N° 40	0.425	1.4	0.8	98.4
N° 60	0.260	1.0	0.5	97.9
N° 140	0.106	28.7	15.8	82.1
N° 200	0.074	8.9	4.9	77.2
-200		140.6	77.2	0.0

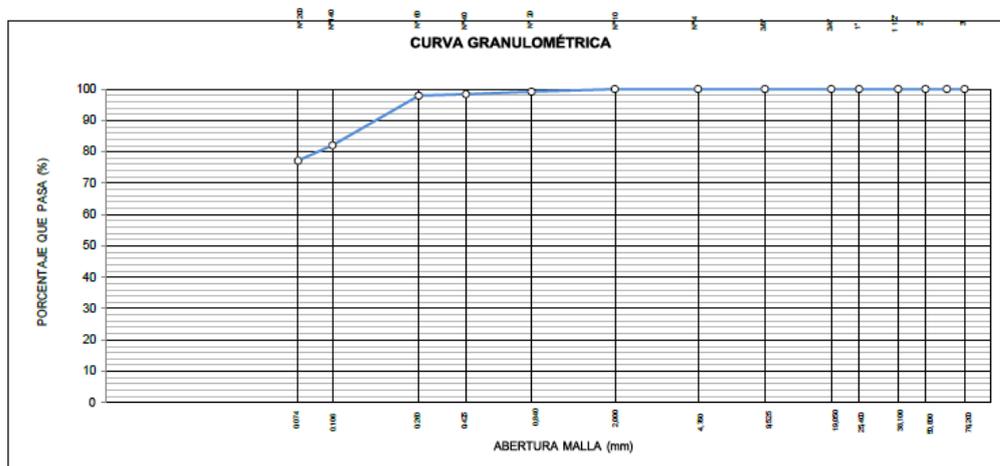
% Grava [N° 4 < f < 3"]	0.0
% Arena [N° 200 < f < N° 4]	22.8
% Finos [< N° 200]	77.2

LÍMITES DE CONSISTENCIA	
Limite Líquido (%) ASTM D4318-05	32.3
Limite Plástico (%) ASTM D4318-05	22.3
Índice de Plasticidad (%) ASTM D4318-05	10.0

Contenido de Humedad ASTM D-2216-05	
Humedad (%)	17.6

CLASIFICACIÓN	
CLASIFICACIÓN SUCS ASTM D 2487-05	CL
CLASIFICACIÓN AASHTO ASTM D 3282-04	A-4(7)

Descripción de la muestra : ARCILLA



Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante  
 Realizado por : Tec. J.CH

Equipos Usados  
 - Bal-TAJ4001-N°1  
 - Hor-01-jch  
 - Equipo de Casagrande ELE  
 - Bal-SE302-N°2  
 Jean Chavez R. Jefe de Calidad  
 JAVIER FRANCISCO LA LOA CLAVIJO INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 193667



	<b>FORMULARIO</b>	Código : D-04
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO</b>	Revisión : 1 Fecha : - Página : 1-3

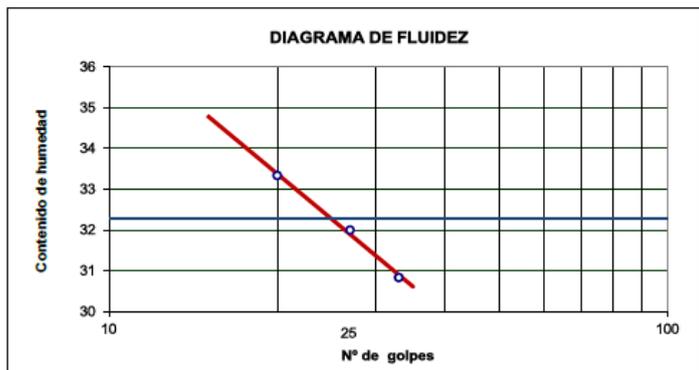
**ENSAYO DE LÍMITE DE CONSISTENCIA  
ASTM D4318, MTC E 110 - E 111**

INFORME N° : JCH 21-030  
 SOLICITANTE : SOFIA RUIZ, ERICK PINEDA.  
 CODIGO LOCAL : 413294  
 PROYECTO : ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO, CATACAOS, PIURA 2022  
 UBICACIÓN : DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA  
 DIRECCIÓN DEL CLIENTE : CALLE 27 250 SAN BORJA

**Datos de la Muestra**

Cantera : -  
 Calicata : SPT-A2  
 Muestra : -  
 Prof. (m) : 1.55-2.00  
 Progresiva : -  
 Coordenadas : -  
 Fecha de Recepción : 22/03/22  
 Fecha de Ejecución : 23/03/22  
 Fecha de Emisión : 24/03/22

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	1	2
ENSAYO No.					
NÚMERO DE GOLPES	33	27	20		
PESO DE LA LATA (gr)	13.65	13.22	13.58	13.75	12.49
PESO LATA + SUELO HÚMEDO (g)	24.47	24.73	24.74	19.78	18.64
PESO LATA + SUELO SECO (g)	21.92	21.94	21.95	18.70	17.50
PESO AGUA (g)	2.55	2.79	2.79	1.08	1.14
PESO SUELO SECO (g)	8.27	8.72	8.37	4.95	5.01
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	30.8	32.0	33.3	21.8	22.8



LÍMITE LÍQUIDO (%)	32.3
LÍMITE PLÁSTICO (%)	22.3
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	10.0

Pasante de la malla N°40

Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante  
 Realizado por Tec. J.CH

- Equipos Usados**
- Bal-SE402F-N°2
  - Hor-01-jch
  - Vidrio esmerilado
  - Equipo de Casagrande ELE

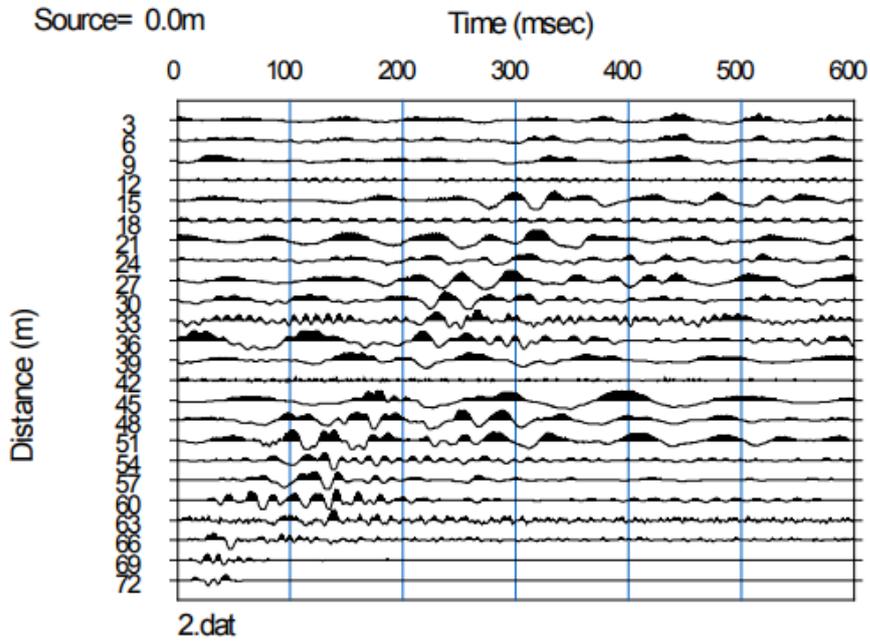
  
 Jean Chavez R.  
 Jefe de Calidad

  
 JAVIER FRANCISCO  
 LA LOA CLAVIJO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 193667



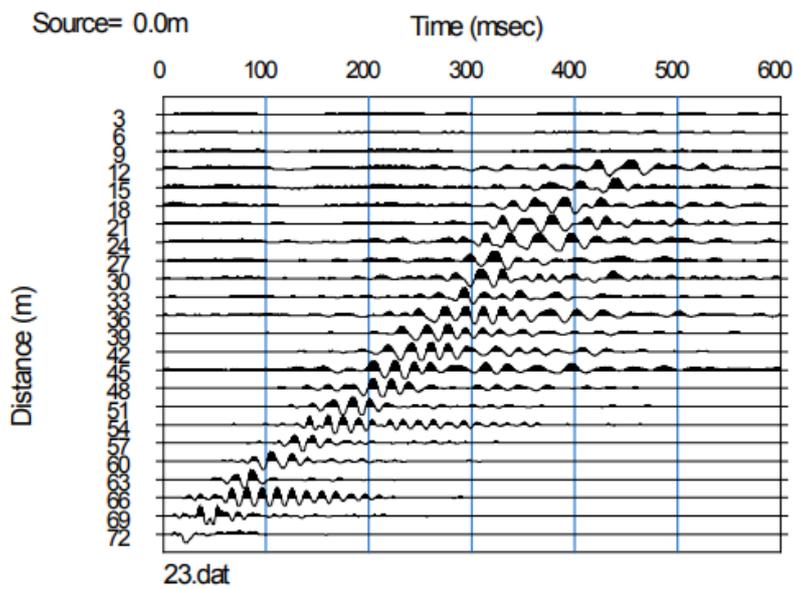
Registro de Ondas Sísmicas

ENSAYO GEOFÍSICO – SONDAJE MASW



Registro de Ondas - Sondaje MASW-01

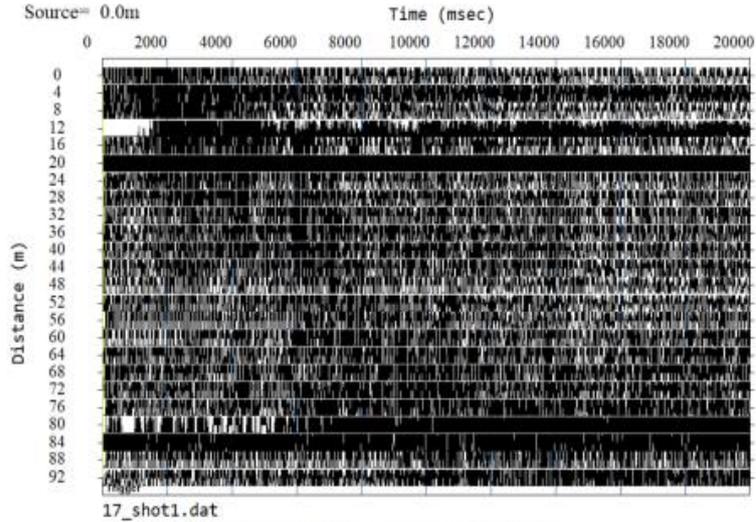
ENSAYO GEOFÍSICO – SONDAJE MASW



Registro de Ondas - Sondaje MASW-02

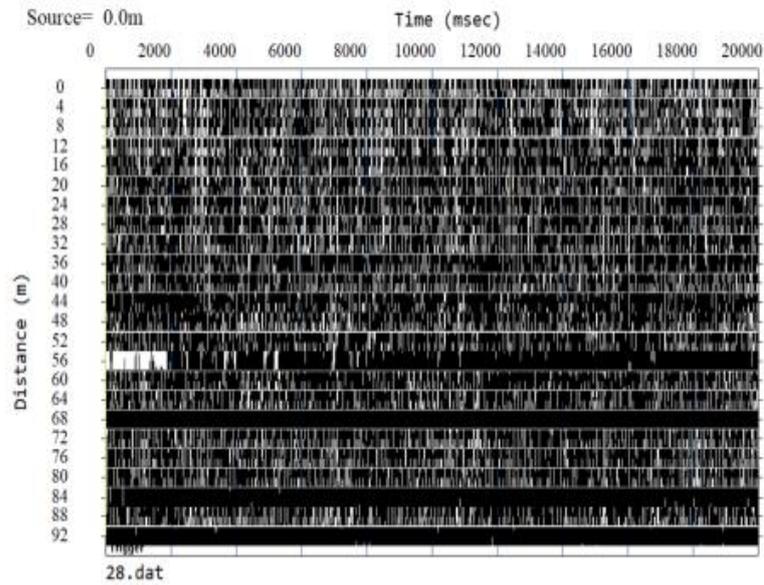
  
Roberto Carlos Aldave Cristobal  
INGENIERO CIVIL  
Reg. C.I.P. 20017

ENSAYO GEOFÍSICO – SONDAJE MAM



Registro de Ondas - Sondaje MAM-01

ENSAYO GEOFÍSICO – SONDAJE MAM



Registro de Ondas - Sondaje MAM - 02

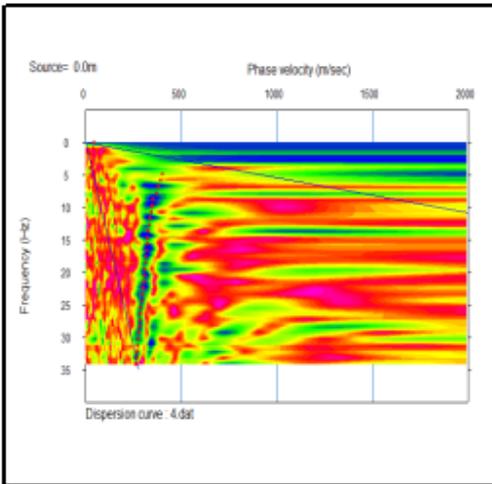


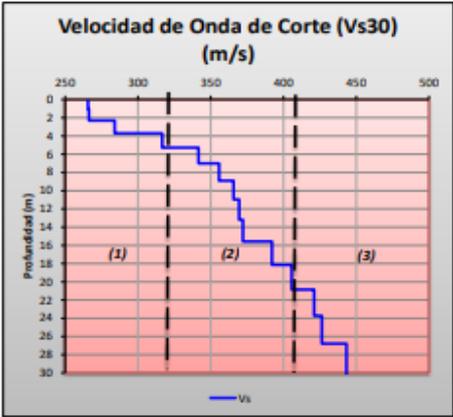
Roberto Carlos Aldave Cristobal  
INGENIERO CIVIL  
Reg. C.I.P. 20817

# Ensayo Clasificación Sísmica

	<b>ELABORACIÓN DEL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS PARA SOFIA RUIZ- ERICK PINEDA</b>	
<b>Anexo A</b>	<b>Análisis de Ondas Superficiales en Arreglos Multicanal (MASW - 01)</b>	
<b>Ubicación del Ensayo</b>	<b>DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA</b>	
<b>Nombre de la Tesis</b>	<b>Análisis de la mitigación de licuefacción del suelo aplicando el diseño de columnas de grava compactada en el Colegio Jacobo, Catacaos, Piura 2022.</b>	
<b>Coordenada MASW:</b>	<b>Este (m)</b> 535946.50	<b>Norte (m)</b> 9418317.35
<b>Curva de Dispersión</b>	<b>Perfil Unidimensional</b>	





(1) Material conformado por arena limosa de color verde, parcialmente húmeda, suelo medianamente compacto.  
 (2) Material conformado por arena limosa de color verde, parcialmente húmeda, suelo compacto.  
 (3) Depósito aluvial, conformado por material conglomerádico, compuesto por cantos rodados de cuarcita, rocas volcánicas e intrusivos, suelo compacto a denso.

**Clasificación del Sitio (Fuente IBC, 2015)**

Tipo de Suelo	Denominación del suelo	Velocidad de ondas de corte Vs30(m/s)*	Resistencia a la Penetración Estandar SPT (N)*	Periodo de vibración Fundamental del terreno
A	Roca muy dura	Vs > 1500	N/A	T0(s)
B	Roca	760 < Vs < 1500	N/A	
C	Suelo muy denso o roca blanda	360 < Vs < 760	N > 50	T0=4H/Vs30
D	Suelo rígido	180 < Vs < 360	15 < N < 50	
E	Suelo blando	Vs < 180	N < 15	

Vs30(m/s)\*: Velocidad promedio de ondas de corte en los 30 m más superficiales  
 N\*: Numero de golpes

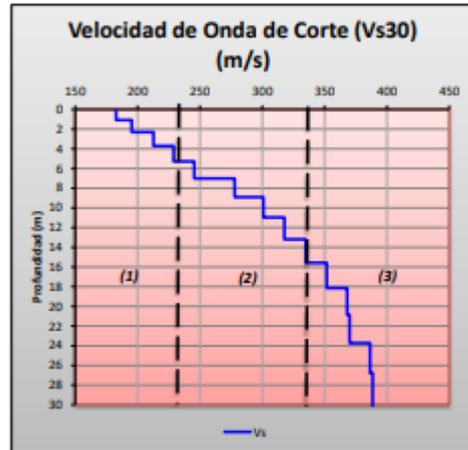
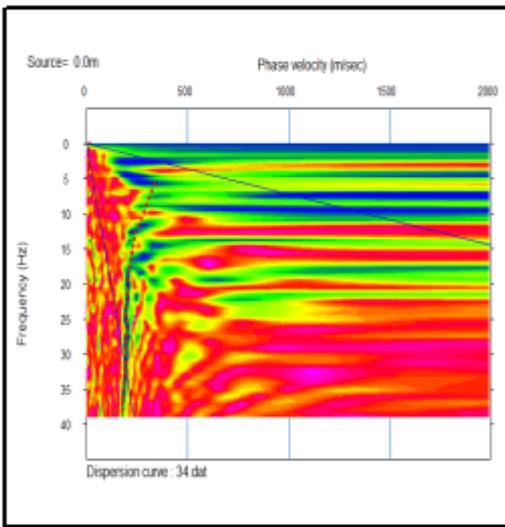
IBC - 2015	
Vs30(m/s)	360.77
Tipo de Suelo	C

Clasificación Sísmica NTP E-030 - 2018		
Tipo de Suelo	Vs30(m/s)	Denominación
S0	Vs > 1500	Roca dura
S1	500< Vs <1500	Roca o Suelo muy rígidos
S2	180< Vs <500	Suelo Intermedios
S3	Vs < 180	Suelo Blandos



**Roberto Carlos Aldave Cristobal**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. C.I.P 349117

<b>Anexo A</b>	<b>Análisis de Ondas Superficiales en Arreglos Multicanal (MASW - 02)</b>	
<b>Ubicación del Ensayo</b>	<b>DISTRITO CATACAOS, PROVINCIA PIURA, DEPARTAMENTO PIURA</b>	
<b>Nombre de la tesis</b>	<b>Análisis de la mitigación de licuefacción del suelo aplicando el diseño de columnas de grava compactada en el Colegio Jacobo, Catacaos, Piura 2022.</b>	
<b>Coordenada MASW:</b>	<b>Este (m)</b>	<b>Norte (m)</b>
	535984.69	9418306.12
<b>Curva de Dispersión</b>	<b>Perfil Unidimensional</b>	



(1) Material conformado por arena limosa de color verde, parcialmente húmedo, suelo medianamente compacto.

(2) Material conformado por arena limosa de color verde, parcialmente húmedo, suelo compacto.

(3) Depósito aluvial, conformado por material conglomerado, compuesto por cantos rodados de cuarcita, rocas volcánicas e intrusivos, suelo compacto a denso.

**Clasificación del Sitio (Fuente IBC, 2015)**

Tipo de Suelo	Denominación del suelo	Velocidad de ondas de corte Vs30(m/s)*	Resistencia a la Penetración Estandar SPT (N)*
A	Roca muy dura	Vs > 1500	N/A
B	Roca	760 < Vs < 1500	N/A
C	Suelo muy denso o roca blanda	360 < Vs < 760	N > 50
D	Suelo rígido	180 < Vs < 360	15 < N < 50
E	Suelo blando	Vs < 180	N < 15

Periodo de vibración Fundamental del terreno
TD(s)
TD=4H/Vs30
0.407

Vs30(m/s)\*: Velocidad promedio de ondas de corte en los 30 m más superficiales  
 N\*: Numero de golpes

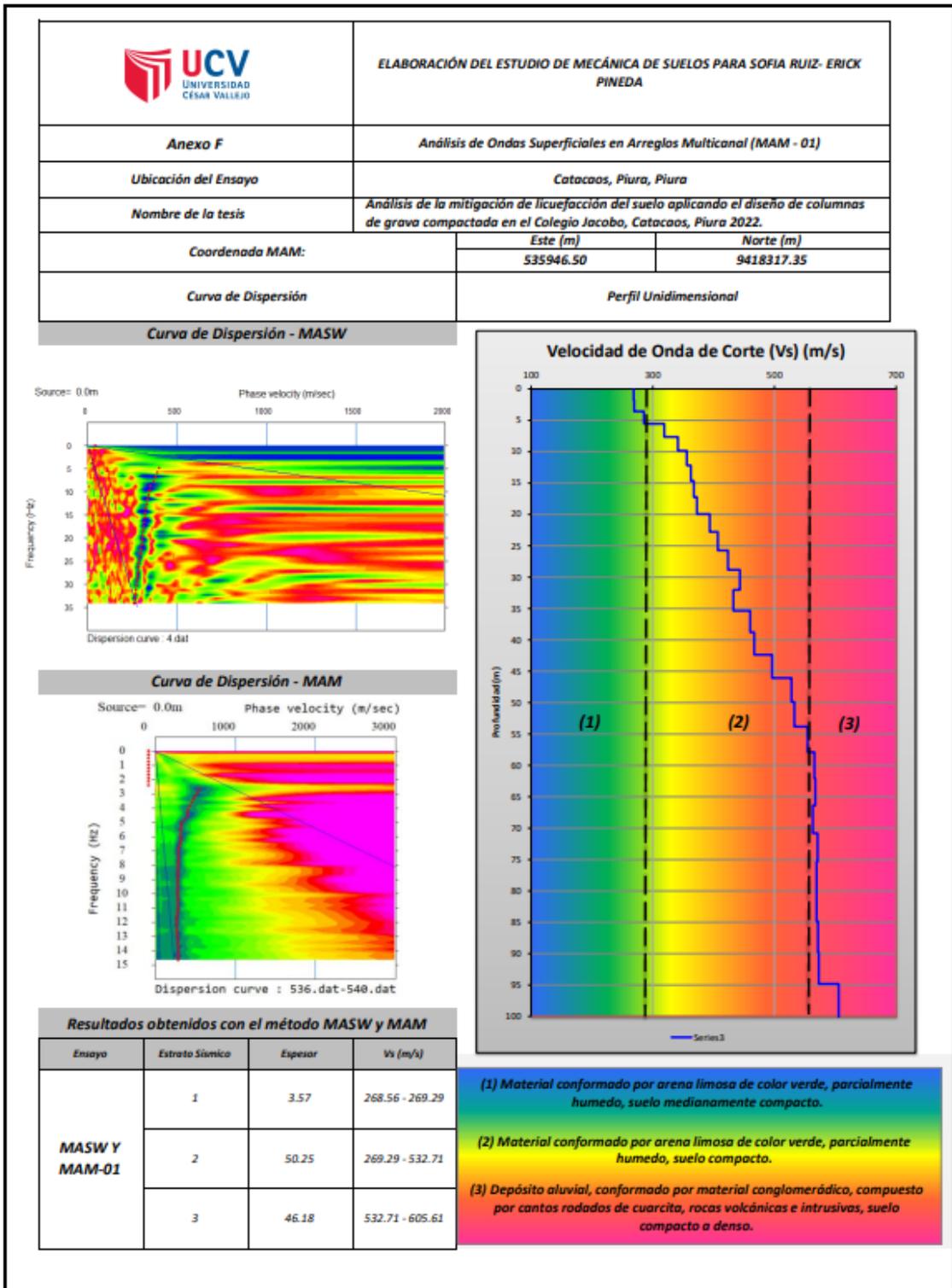
IBC - 2015	
Vs30(m/s)	294.87
Tipo de Suelo	D

NTP E-030 - 2018	
Vs30(m/s)	294.87
Tipo de Suelo	Suelo Intermedios

Clasificación Sísmica NTP E- 030 - 2018		
Tipo de Suelo	Vs30(m/s)	Denominación
S0	Vs > 1500	Roca dura
S1	500< Vs <1500	Roca o Suelo muy Rígidos
S2	180< Vs <500	Suelo Intermedios
S3	Vs < 180	Suelo Blandos

# Ensayos Geofísicos MAM



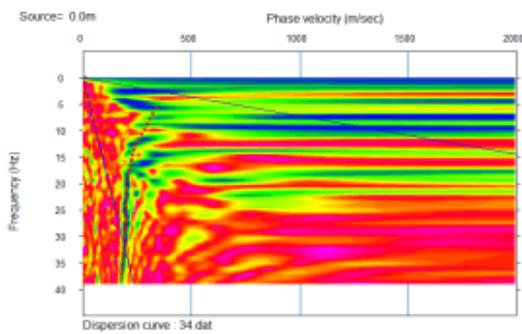
  
**Roberto Carlos Aldave Cristobal**  
 INGENIERO CIVIL  
Reg. C.I.P. 248917



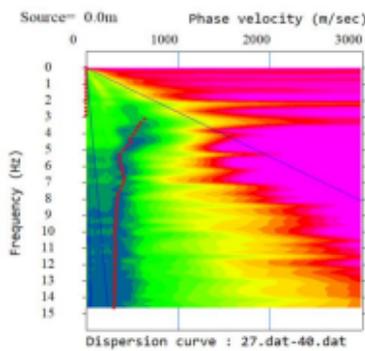
ELABORACIÓN DEL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS PARA SOFIA RUIZ - ERICK PINEDA

<b>Anexo F</b>	<b>Análisis de Ondas Superficiales en Arreglos Multicanal (MAM - 02)</b>	
<b>Ubicación del Ensayo</b>	Catacaos, Piura, Piura	
<b>Institución Educativa</b>	LOCAL ESCOLAR "JOSÉ JACOBO CRUZ VILLEGAS" CON CÓDIGO LOCAL 413294	
<b>Coordenada MAM:</b>	<b>Este (m)</b>	<b>Norte (m)</b>
	535984.69	9418306.12
<b>Curva de Dispersión</b>	Perfil Unidimensional	

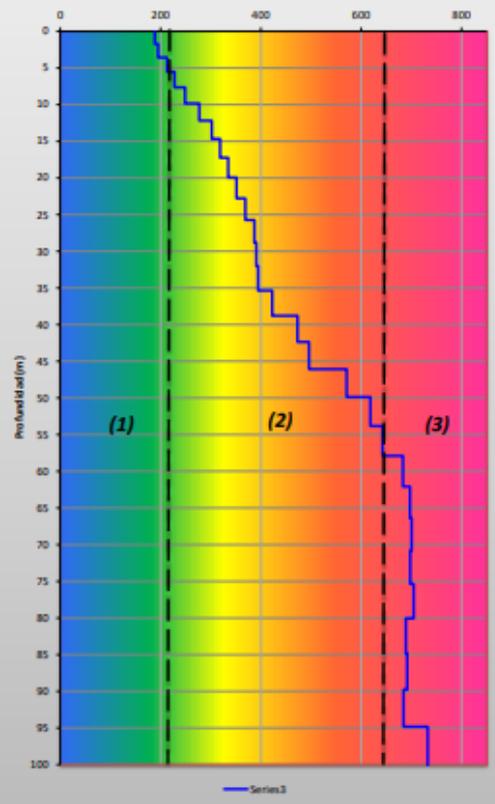
**Curva de Dispersión - MASW**



**Curva de Dispersión - MAM**



**Velocidad de Onda de Corte (Vs) (m/s)**



**Resultados obtenidos con el método MASW y MAM**

Ensayo	Estrato Sísmico	Espesor	Vs (m/s)
<b>MASW Y MAM-02</b>	1	3.57	188.50 - 213.25
	2	50.25	213.25 - 618.27
	3	46.18	618.27 - 732.75

- (1) Material conformado por arena limosa de color verde, parcialmente humedo, suelo medianamente compacto.
- (2) Material conformado por arena limosa de color verde, parcialmente humedo, suelo compacto.
- (3) Depósito aluvial, conformado por material conglomerádico, compuesto por cantos rodados de cuarcita, rocas volcánicas e intrusivas, suelo compacto a denso.



Roberto Carlos Aldave Cristobal  
INGENIERO CIVIL  
Reg. C.I.P. 20817

## Anexo 9. Certificado de calibración del equipo



### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

**CSA - 1532 - 21**

Página : 1 de 2  
Número FIT : 0433 - 21

**1. CLIENTE :** DYNAMIC CONTROL PERÚ S.A.C.  
Dirección : Jr. 28 de Julio N° 261, Dpto. 401. Magdalena del Mar - Lima.

**2. EQUIPO :** MANÓMETRO DE DEFORMACIÓN ELÁSTICA  
Marca : SPX  
Modelo : NO INDICA  
Serie : 4121008012  
Alcance de Indicación : 0 bar a 700 bar  
División mínima : 0,1 bar  
Clase de Exactitud : NO INDICA  
Posición de Trabajo : VERTICAL  
Diámetro de Rosca de Conexión : 1/4" NPT  
Diámetro de Caja : NO APLICA  
Identificación : NO INDICA  
Ubicación : NO INDICA

#### 3. FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN:

Fecha de Calibración : 2021-09-09  
La calibración se efectuó en : Laboratorio de Presión de Calibraciones S.A.

#### 4. MÉTODO DE CALIBRACIÓN:

- Comparación directa, según Procedimiento PC-004 Procedimiento para la calibración de instrumentos de medición de presión relativa con clase de exactitud igual o mayor a 0,05 % f.s. 2° ed. Octubre - 2017 INACAL-DM.

#### 5. PATRÓN DE CALIBRACIÓN:

- Manómetro Patrón Digital, Certificado de Calibración N° LFP-033-2021

#### 6. RESULTADOS:

		INICIAL	FINAL
<b>6.1 Condiciones Ambientales:</b>	- Temperatura :	18,1 °C	18,0 °C
	- Humedad Relativa :	71,1 %	73,1 %
	- Presión Atmosférica :	998 hPa	999 hPa

#### 6.2 Inspección:

Inspección	Resultado
1. Aguja en posición cero	NO APLICA
2. Oscilación Libre	TIENE
3. Escala	NO APLICA
4. Cursor	NO APLICA
5. Glicerina	NO APLICA

**6,3 Resultados:** El resultado de las mediciones efectuadas se detallan en la página 2.

#### 7. OBSERVACIONES:

- La Incertidumbre de medición ha sido determinada con un factor de cobertura  $K = 2$  para un nivel de confianza aproximado de 95 %.
- Los resultados del presente documento, son válidos únicamente para el objeto calibrado y se refieren al momento y las condiciones en que fueron ejecutadas las mediciones, al solicitante le corresponde definir la frecuencia de calibración en función al uso, conservación y mantenimiento del medio de medición.
- Con fines de identificación del estado de calibración se ha colocado una etiqueta autoadhesiva.
- El instrumento de medición se encuentra en buen estado de conservación.

Fecha de Emisión : 2021-09-09



  
Jesús Chacaliza Guerra  
COORDINADOR DE SERVICIO CSA

62/107 18/01/2022

Jr. Mariano Carranza # 709 - Ub. Sta. Beatriz - Lima 1 471-7534 / 471-2596 operaciones@calibracionesperu.com

# Certificado



**INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad

**Acreditación**

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad – INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, **OTORGA** el presente certificado de Renovación de la Acreditación:

## **CALIBRACIONES S.A.**

### **Laboratorio de Calibración**

En su sede ubicada en: Jr. Mariano Carranza N° 709, Urb. Santa Beatriz, distrito de Cercado de Lima, provincia Lima, departamento Lima.  
Con base en la norma

**NTP-ISO/IEC 17025:2017 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración**  
Facultándolo a emitir Certificados de Calibración con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-act-06P-22F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número del registro indicado líneas abajo.

Fecha de Acreditación: 04 de diciembre de 2020

Fecha de Vencimiento: 03 de diciembre de 2024

Cédula N° :0504-2020-INACAL/DA  
Contrato N° :038-2020-INACAL-DA  
Registro N° :LC- 007

**ALEJANDRA RODRÍGUEZ ALEGRÍA**  
Directora, Dirección de Acreditación – INACAL

Fecha de emisión: 17 de diciembre de 2020

El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y cédula de notificación dado que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe confirmarse en la página web [www.inacal.gov.pe/acreditacion/categoria/acreditados](http://www.inacal.gov.pe/acreditacion/categoria/acreditados) al momento de hacer uso del presente certificado.  
La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MLA) de Inter American Accreditation Cooperation (IAAC) e International Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mútuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).

DA-act-01P-02M Ver. 02

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° FA-0828-2021****Solicitante : DYNAMIC CONTROL PERU S.A.C.****Dirección : Jr. 28 de Julio N° 261 - Magdalena del Mar**

**1.- Instrumento** : Reloj comparador  
Tipo de indicación : Digital  
Intervalo de indicación : 0,00 mm a 50 mm  
División Mínima : 0,001 mm  
Fabricante : Mitutoyo  
Procedencia : Japón  
Modelo : ID-C150MXB  
Código : 543-491B  
N° de Serie : 17185184  
Código (Solicitante) : No indica  
Otro Código : No indica

Expediente N° 0491-2021

**2.- Lugar y fecha de calibración**

Laboratorio de Calibración Fesepsa S.A. 2021-09-13

**3.- Patrones utilizados en la calibración**

Bloque patrón grado 1, N° de serie 9909270 certificado de calibración N° 05469/20.  
Calibrado por MITUTOYO SUL AMERICANA LTDA. Acreditación RBC N° 0031 Con trazabilidad a los patrones primarios del INMETRO (Brasil) y en concordancia con el sistema internacional de unidades de medida (SI).

**4.- Método de Calibración**

La calibración se realizó por comparación directa según **PC-LC-03 Ver. 01**.  
Procedimiento de calibración de reloj comparador.

**5.- Condiciones ambientales**

Temperatura 20 °C ± 2 °C

**6.- Resultados de medición**

Los resultados de medición se muestran en la página siguiente

**7.- Observaciones**

Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color anaranjado con la indicación calibrado.  
La periodicidad de la calibración esta en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición.  
El instrumento se calibró subdividiendo la división mínima en 1 partes iguales



Firmado digitalmente por:  
MIGUEL ANTONIO BAUTISTA  
BACA  
Cargo: JEFE TECNICO DE  
LABORATORIO  
Empresa: FESEPSA S.A  
Fecha/Hora: 14-09-2021  
15:59:22

pag. 1/3

*Este certificado no deberá ser reproducido en forma parcial sin la autorización por escrito de FESEPSA. Los resultados del certificado son validos sólo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.*

**Av Elmer Faucett390 - Callao Telfs: 451-1052 Anexo:142 ó 140 / cel: 924799490**  
**laboratorio@fesepsa.pe / calibracion@fesepsa.pe**

## CERTIFICATO DI TARATURA CALIBRATION CERTIFICATE

Certificato numero / Certificate number : E0170211

Le misure riportate nel presente certificato sono state effettuate utilizzando apparecchiature i cui valori misurati sono riconducibili a norme nazionali.  
The measurements reported in this certificate were carried out using equipment whose measured values are traceable to national standards.

Strumento / Instrument

Sistema per tomografia a resistività elettrica multi-canale 48 elettrodi **MANGUSTA SYSTEM MC 48/E**

Multi-channel Electrical Resistivity Tomography System 48 electrodes **MANGUSTA SYSTEM MC 48/E**

Numero di serie / Serial Number **0011026**

### Equipaggiamento usato per la Taratura / Equipment used for calibration

Descrizione / Item	Certificato /Certificate n°	Date
Keythley 2000 Multimeter	03-069-16-SS/t	11-19-2019
Le Croy LT264M Oscilloscope s/n 1719	01-069-16-SS/t	11-19-2019
Metex Power Supply MS9140 s/n 0015	04-069-16-SS/t	11-19-2019

### Setup

L'unità sotto test è alimentata da batteria piombo-gel 12v 7Ah e connessa a banco di test con simulatore di terreno resistivo composto da serie di resistori 1000 ohm 0,1%. Mediante alimentatore Metex è fornita una tensione di 9Vdc e con Oscilloscopio Le Croy LT264M viene verificato l'impulso di energizzazione. Vengono verificate le varie tensioni ai capi delle resistenze rilevate dallo strumento e comparate con quelle teoriche e la corrente circolante misurata tramite multimetro Keythley 2000, utilizzando la funzione di test picchetti.

The unit under test is powered by lead-acid battery 12v 7Ah and connected to the test bench with resistive ground Simulator consisting of 1000 ohm resistor series 0.1%. 5Vdc power supply voltage is provided by Metex and with Oscilloscope The Croy LT264M checks the pulse of energization. Checks the various voltages to the heads of the resistance measured by the instrument and compared with theoretical values and circulating current measured by multimeter Keythley 2000, using the test electrodes function.

L'apparecchiatura calibrata ha una tolleranza di tutti i parametri inferiore al 3%.  
The calibrated object is conformed to fulfill the tolerance limit of < 3%.

Data / Date **11-19-2019**  
Stato /Status **Conforme / Passed**

Note:

**Ambrogeo Instruments**  
Roveleto Landi, 3 - 29029 Rivergaro (PC) - Italy  
Tel. Fax +39 0523 936119  
Mobile +39 337 724562  
E-mail: info@ambrogeo.com  
VAT 01021130339

**AMBROGEO INSTRUMENTS**  
Via Roveleto Landi, 3  
29029 Rivergaro - Piacenza - Italy  
[www.ambrogeo.eu](http://www.ambrogeo.eu)

**AMBR GEO**  
Strumenti per Geofisica

---

## Seismograph ECHO 24/2010 Seismic Unit



## Anexo 10. Factura, contrato y cotización por el servicio



**BINA INGENIERIA S.A.C**  
Calle 27, 250. Urb. Mariscal Castilla  
SAN BORJA - LIMA - LIMA

RUC: 20525062806  
**FACTURA ELECTRÓNICA**  
Nro. F001-0000089

<b>Cliente:</b>	SOFA DEL PILAR RUIZ ORTIZ	<b>Moneda:</b>	SOLES	<b>IGV:</b>	%18.00
<b>RUC:</b>	20525062806				
<b>Dirección:</b>	AV.LA PAZ 1025 DEP.309 TORRE C				
<b>Ciudad:</b>	MIRAFLORES - LIMA - LIMA				

<b>Fecha de Emisión:</b> 25-05-2022	<b>Condición de Pago:</b>	<b>Orden de Compra:</b> 001	<b>Fecha de Vencimiento:</b> 25-05-2022	<b>N° Guía de Remisión:</b>
--	---------------------------	--------------------------------	--	-----------------------------

CÓDIGO	CANT.	UNID.	DESCRIPCION.	V. UNT.	DSCTO.	V. VENTA
001	1	001	SERVICIO DE CONSULTORIA PAARA LA EJECUCION DE LAS PILAS DE GRAVA COMPACTADA, EXCLUYE LOS ESTUDIOS DE CAMPO, EMS, SPT Y PRUEBA DE CALIDAD ESTATICA	8442.47	0.00	8442.47

**OBSERVACIONES**

Adicional

OP. GRAVADAS	S/ 8,442.47
OP. INAFECTA	S/ 0.00
OP. EXONERADA	S/ 0.00
OP. EXPORTACION	S/ 0.00
TOTAL OP. GRATUITAS	S/ 0.00
DSCTOS TOTALES	S/ 0.00
SUB TOTAL	S/ 1,519.64
ICBPER	S/ 0.00
ISC	S/ 0.00
IGV	S/ 381.36
<b>TOTAL</b>	<b>S/ 9,962.11</b>

SON: NUEVE MIL SEIS CIENTOS DOS CON 11/100 SOLES



Operador de Servicios Electrónicos  
según Resolución N° 034-005-0008776



Representación impresa de la factura electrónica, consulte en [www.efact.pe](http://www.efact.pe)  
Autorizado mediante la Resolución de Intendencia N° 0340050004177/SUNAT

Servicio de consultoría por los estudios EMS , SPT , ejecución de pilas de grava compactadas y prueba de calidad carga

OBRA: estática

RUC: 20525062806

UBICACIÓN: Catacaos , Piura

ESPECIALIDAD: Consultoría -Estructuras

Realizado por: Yessica Cahuana

CLIENTE: Sofia del Pilar Ruiz Ortiz

FECHA: 6/02/2022

ITEM	DESCRIPCION	UNI.	CANTIDAD	P.UNITARIO	PARCIAL
<b>1.00</b>	<b>OBRAS PRELIMINARES Y PROVISIONALES</b>				<b>S/. 8,442.47</b>
1.01	CONSULTORIA DE ESTUDIOS DE MECANICA SUELOS, SPT, APLICACION DE PILOTES	glb	1.00	8442.47	8442.47

Costo Directo	8,442.47
( IGV 18%)	1,519.64
TOTAL ( IGV )	9,962.11

**Consideraciones Generales :**

No incluye tramites de licencia municipales en caso lo requieran sera un costo adicional

No incluye licencia de construccion

Tiempo de ejecucion 10 días

Los tramites con el colegio seran por parte del cliente

Los exámenes medicos y documentos de seguridad seran según el sistema de gestion de salud ocupacional y seguridad de BINA INGENIERIA

El cliente proveera un punto de agua y electrico provisional para los trabajos

Condiciones de Pago

Adelanto del 30% y al culminar el 70%



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, VILLEGAS MARTINEZ CARLOS ALBERTO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "ANÁLISIS DE LA MITIGACIÓN DE LICUEFACCIÓN DEL SUELO APLICANDO EL DISEÑO DE COLUMNAS DE GRAVA COMPACTADA EN EL COLEGIO JACOBO , CATACAOS , PIURA 2022", cuyos autores son PINEDA ALCALA ERICK ALEXANDER, RUIZ ORTIZ SOFIA DEL PILAR, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 20.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 12 de Diciembre del 2022

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
VILLEGAS MARTINEZ CARLOS ALBERTO <b>DNI:</b> 08584295 <b>ORCID:</b> 0000-0002-4926-8556	Firmado electrónicamente por: CVILLEGASM el 12- 12-2022 13:42:30

Código documento Trilce: TRI - 0484286