

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**Optimización de la capacidad portante del suelo mediante relleno fluido en
cimentaciones superficiales del P.J. Primero de Mayo 2023**

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

Autores:

Bachiller Cruzado Ocaña, Breitner Manuel

Bachiller Quispe Velásquez, Yeison Wilder

ASESORA:

Ms. Saavedra Vera, Janet Verónica

DNI. 32964440

CÓDIGO ORCID: 0000-0002-4195-982X

NUEVO CHIMBOTE – PERÚ

2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“Optimización de la capacidad portante del suelo mediante
relleno fluido en cimentaciones superficiales del P.J. Primero de mayo
2023”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

REVISADO Y APROBADO POR:

Ms. Janet Verónica Saavedra Vera

Asesor

DNI: 32964440

ORCID: 0000-0002-4195-982X

NUEVO CHIMBOTE-PERÚ

2025

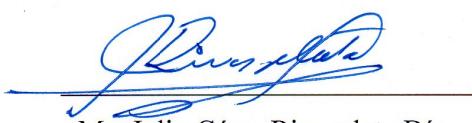
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**"Optimización de la capacidad portante del suelo mediante
relleno fluido en cimentaciones superficiales del P.J. Primero de mayo
2023"**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

REVISADO Y APROBADO POR EL SIGUIENTE JURADO:



Ms. Julio César Rivasplata Díaz

Presidente

DNI: 32770844

ORCID: 0000-0002-4180-9362



Ms. Luz Esther Álvarez Asto

Secretario

DNI: 32968961

ORCID: 0000-0001-6491-6569



Ms. Janet Verónica Saavedra Vera

Integrante

DNI: 32964440

ORCID: 0000-0002-4195-982X



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
- EPIC -

ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS

A los 12 días del mes de agosto del año dos mil veinticinco, siendo las 11:00 horas, en el Laboratorio de Topografía del edificio de Ingeniería Civil, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante T. Resolución N° 310-2025-UNS-CFI, con fecha 20.06.2025, integrado por los siguientes docentes: Ms. Julio César Rivasplata Díaz (Presidente), Ms. Luz Esther Álvarez Asto (Secretaria), Ms. Janet Verónica Saavedra Vera (Integrante), Dra. Jenisse del Rocío Fernández Mantilla (Accesitaria), en base a la Resolución Decanal N° 519-2025-UNS-FI se da inicio la sustentación de la Tesis titulada: "**OPTIMIZACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO MEDIANTE RELLENO FLUIDO EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL P.J. PRIMERO DE MAYO 2023**", presentado por los Bachilleres **CRUZADO OCAÑA BREITNER MANUEL** con cód. N° 0201713053 y **QUISPE VELÁSQUEZ YEISON WILDER** con cód. N° 0201713056, quienes fueron asesorados por la docente Ms. Janet Verónica Saavedra Vera según lo establece la T. Resolución Decanal N° 120-2023-UNS-FI, de fecha 02.03.2023.

El Jurado Evaluador, después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Reglamento General para Obtener el Grado Académico de Bachiller y el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
CRUZADO OCAÑA BREITNER MANUEL	16	REGULAR

Siendo las 12:00 horas del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, 12 de agosto de 2025.

Ms. Julio César Rivasplata Díaz
Presidente

Ms. Luz Esther Álvarez Asto
Secretaria

Ms. Janet Verónica Saavedra Vera
Integrante



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
- EPIC -

ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS

A los 12 días del mes de agosto del año dos mil veinticinco, siendo las 11:00 horas, en el Laboratorio de Topografía del edificio de Ingeniería Civil, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante T. Resolución N° 310-2025-UNS-CFI, con fecha 20.06.2025, integrado por los siguientes docentes: Ms. Julio César Rivasplata Díaz (Presidente), Ms. Luz Esther Álvarez Asto (Secretaria), Ms. Janet Verónica Saavedra Vera (Integrante), Dra. Jenisse del Rocío Fernández Mantilla (Accesitaria), en base a la Resolución Decanal N° 519-2025-UNS-FI se da inicio la sustentación de la Tesis titulada: "**OPTIMIZACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO MEDIANTE RELLENO FLUIDO EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL P.J. PRIMERO DE MAYO 2023**", presentado por los Bachilleres **CRUZADO OCAÑA BREITNER MANUEL** con cód. N° 0201713053 y **QUISPE VELÁSQUEZ YEISON WILDER** con cód. N° 0201713056, quienes fueron asesorados por la docente Ms. Janet Verónica Saavedra Vera según lo establece la T. Resolución Decanal N° 120-2023-UNS-FI, de fecha 02.03.2023.

El Jurado Evaluador, después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Reglamento General para Obtener el Grado Académico de Bachiller y el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
QUISPE VELÁSQUEZ YEISON WILDER	16	REGULAR

Siendo las 12:00 horas del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, 12 de agosto de 2025.

Ms. Julio César Rivasplata Díaz
Presidente

Ms. Luz Esther Álvarez Asto
Secretaria

Ms. Janet Verónica Saavedra Vera
Integrante



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Britner Cruz
Título del ejercicio: Turnitin de fin de revisión
Título de la entrega: Informe Final
Nombre del archivo: TURNITIN_TESIS_CRUZADO-QUISPE.pdf
Tamaño del archivo: 763.63K
Total páginas: 80
Total de palabras: 21,152
Total de caracteres: 113,607
Fecha de entrega: 12-agosto-2025 08:07p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega: 2728905723

OPTIMIZACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO MEDIANTE RELLENO FLUIDO EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL P.J. PRIMERO DE MAYO 2023

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo optimizar la capacidad portante del suelo mediante la aplicación de relleno fluido en cimentaciones superficiales del P.J. Primero de Mayo, en Nuevo Chimbote, durante 2023. Se adoptó un enfoque cuantitativo, de tipo aplicada y nivel explicativo, con un diseño quasi-experimental. Para la recolección de datos se utilizó la observación, empleando fichas estructuradas conforme a normas ASTM y NTP vigentes, asegurando la validez y confiabilidad de la información. La población estuvo conformada por el suelo del área total (10 m x 28 m), y la muestra incluyó dos calizadas: dos muestras patrón (sin relleno fluido) y seis muestras con relleno fluido en proporciones de 6%, 9% y 12%. Los resultados mostraron que la adición de relleno fluido incrementó la capacidad portante hasta en un 20% respecto al suelo natural. El análisis de varianza (ANOVA) indicó diferencias estadísticamente significativas entre los porcentajes empleados, siendo el 12% el porcentaje óptimo para mejorar la capacidad portante. El análisis económico demostró que el uso de relleno fluido es una alternativa viable y rentable frente a métodos tradicionales, mejorando la estabilidad y reduciendo el riesgo de asentamientos, con impacto positivo en la seguridad estructural y durabilidad de las edificaciones. En conclusión, el uso adecuado de relleno fluido constituye una técnica efectiva y económicamente factible para optimizar la capacidad portante del suelo en zonas de baja resistencia, contribuyendo a la seguridad y estabilidad de las cimentaciones superficiales.

Palabras clave: Capacidad portante, Relleno fluido, Cimentaciones.

Bachiller Cruzado Ocaña Beltrán Manuel Bachiller Quispe Velásquez Yesion Wilder

xi

Informe Final

INFORME DE ORIGINALIDAD

21 %

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

7%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

- | | | |
|----|--|------|
| 1 | repositorio.usanpedro.edu.pe
Fuente de Internet | 3% |
| 2 | hdl.handle.net
Fuente de Internet | 2% |
| 3 | repositorio.uns.edu.pe
Fuente de Internet | 2% |
| 4 | repositorio.upla.edu.pe
Fuente de Internet | 1 % |
| 5 | Submitted to Universidad Cesar Vallejo
Trabajo del estudiante | 1 % |
| 6 | www4.congreso.gob.pe
Fuente de Internet | 1 % |
| 7 | www.slideshare.net
Fuente de Internet | 1 % |
| 8 | digitk.areandina.edu.co
Fuente de Internet | 1 % |
| 9 | www.coursehero.com
Fuente de Internet | 1 % |
| 10 | repositorio.ucv.edu.pe
Fuente de Internet | <1 % |
| 11 | Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez
Trabajo del estudiante | <1 % |
| 12 | repositorio.unach.edu.pe
Fuente de Internet | |

DEDICATORIA

El trabajo actual se dedica a Dios. Como guía en mi vida, Dios ha demostrado en mi vida, bendiciones y al darme el poder de continuar con mi objetivo sin flaquear.

Gracias a mis padres por su amor, trabajo y sacrificio a lo largo de los años, gracias a ustedes pude estar aquí y ser quien soy ahora. Es un orgullo y honor ser su hijo, son los mejores padres.

Gracias a mi hermano, por estar presentes en esta etapa de mi vida, por brindarme su apoyo espiritual.

A mi abuela Flor Cruz Meza, por siempre darme ánimos a seguir adelante en el mundo de la ingeniería, no lograste ver este trabajo, pero desde el cielo me sigues guiando en mi etapa profesional.

Bachiller Cruzado Ocaña Breitner Manuel

DEDICATORIA

A Dios, por darme la posibilidad de vivir y
guiarme en este largo camino lleno de retos, por
darme fuerzas para continuar durante
momentos de debilidad, fortaleciendo mi
corazón e iluminando mi mente. Por permitirme
llegar a obtener uno de los anhelos más
deseados.

A mis padres, por darme la vida, por el apoyo
constante que me brindaron en cada momento de
mi vida, por los valores inculcados, sus consejos,
la confianza, por hacer de mi un ser de bien, pero
más que nada, por su gran amor. Con admiración
y respeto.

A mi hermana, por estar conmigo y apoyarme
siempre, además de ser la motivación para cada
día ser mejor persona.

Bachiller Quispe Velásquez Yeison Wilder

AGRADECIMIENTO

Queremos expresar nuestra gratitud a Dios,
quien nos llena siempre con su bendición, nos
acompaña y guía en el transcurso de nuestras
vidas, brindándonos sabiduría y paciencia para
culminar con éxito nuestras metas propuestas.

Gracias a nuestros padres y hermanas, y a
quienes participaron en este trabajo, nos han
brindado el apoyo suficiente para que no
fallemos en todas las situaciones
aparentemente complicadas e imposibles.

Gracias a nuestra Asesora por su asesoramiento
y apoyo, pudimos completar este trabajo.
Gracias a los ingenieros de la Facultad de
Ingeniería Civil, que con su guía nos inspiraron
a convertirnos en talentos y profesionales de la
Universidad Nacional Santa con su
conocimiento, sabiduría y apoyo.

Los autores

Índice general

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	iii
Índice general.....	iv
Índice de tablas	viii
Índice de figuras.....	ix
RESUMEN	xii
ABSTRACT.....	xii
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	13
1.1. Descripción del problema	14
1.2. Formulación del problema	16
1.2.1. Problema general	16
1.2.2. Problemas específicos	16
1.3. Objetivos	17
1.3.1. Objetivo general.....	17
1.3.2. Objetivos específicos	17
1.4. Formulación de la hipótesis	17
1.5. Justificación e Importancia	18
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	20
2.1. Antecedentes de la investigación	21

2.2. Marco Conceptual.....	28
2.2.1. Relleno fluido.....	28
2.2.2. Capacidad portante del suelo	33
CAPITULO III: METODOLOGÍA	43
3.1. Enfoque de la de investigación	44
3.2. Método de la de investigación	44
3.3. Diseño de investigación	45
3.4. Población y muestra.....	46
3.5. Operacionalización de Variables	49
3.5.1. Variable independiente: Relleno fluido.	49
3.5.2. Variable dependiente: Capacidad portante del suelo.	49
3.6. Técnica e Instrumentos de recolección de datos.....	51
3.6.1. Técnica.....	51
3.6.2. Instrumento	51
3.7. Técnica de análisis de datos.....	57
CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	59
4.1. Características físicas y mecánicas del suelo en estado natural del P.J. Primero de Mayo, distrito de Nuevo Chimbote, 2023.....	60
4.2. Capacidad portante del suelo optimizado con relleno fluido a diferentes porcentajes (6 %, 9 %, 12 %) en el P.J. Primero de Mayo, distrito de Nuevo Chimbote, 2023.....	69

4.3. Valoración económica de la optimización de la capacidad portante del suelo mediante el uso de relleno fluido en distintos porcentajes (6 %, 9 %, 12 %) en el P.J. Primero de Mayo, distrito de Nuevo Chimbote, 2023.	71
4.4. Diseño de una cimentación superficial de acuerdo con la capacidad admisible del suelo optimizado con relleno fluido en el P.J. Primero de Mayo, distrito de Nuevo Chimbote, 2023.	73
4.5. Comprobación de la hipótesis.....	75
4.6. Discusión.....	78
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	85
5.1. Conclusiones	86
5.2. Recomendaciones	89
CAPITULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91
CAPÍTULO VII: ANEXOS	99
Anexo 01- Matriz de operacionalización de variables	100
Anexo 02- Matriz de consistencia.....	101
Anexo 03- Ensayos realizados a la muestra de suelo de P.J. Primero de Mayo del distrito de Nuevo Chimbote en estado natural.	102
Anexo 04- Ensayos realizados a la muestra de suelo de P.J. Primero de Mayo del distrito de Nuevo Chimbote con relleno fluido.	132
Anexo 05- Memoria de cálculo para la cimentación superficial sobre suelo en estado natural.	150

Anexo 06- Memoria de cálculo para la cimentación superficial sobre suelo modificado con relleno fluido.....	155
Anexo 07-Presupuesto de la cimentacion superficial sobre suelo en estado natural.	161
Anexo 08-Presupuesto de la cimentacion superficial sobre suelo con relleno fluido.	162
Anexo 09- Panel fotográfico	163
Anexo 10-Analisis estadístico.....	168
Anexo 11-Validacion de los instrumentos de investigacion	174

Índice de tablas

Tabla 1.Clasificación del suelo según el tamaño de sus partículas.....	35
Tabla 2.Muestra de suelo según la norma E .050	48
Tabla 3.Consistencia y humedad del suelo de la calicata 01 – Muestra 01	61
Tabla 4.Consistencia y humedad del suelo de la calicata 01 — Muestra 02.....	62
Tabla 5.Peso específico y peso unitario del suelo de la calicata 01 — Muestra 01	62
Tabla 6.Peso específico y peso unitario del suelo de la calicata 01 — Muestra 02	63
Tabla 7 .Consistencia y humedad del suelo de la calicata 02 – Muestra 01	64
Tabla 8.Consistencia y humedad del suelo de la calicata 02 — Muestra 02.....	66
Tabla 9.Peso específico y peso unitario del suelo de la calicata 02 — Muestra 01	66
Tabla 10.Peso específico y peso unitario del suelo de la calicata 02 — Muestra 02	67
Tabla 11.Capacidad portante del suelo de la calicata 01	67
Tabla 12.Capacidad portante del suelo de la calicata 02	68
Tabla 13.Comparación de metrados	71
Tabla 14.Características de la cimentacion superficial.....	73
Tabla 15. Prueba de normalidad	75
Tabla 16. Análisis ANOVA.....	76

Índice de figuras

Figura 1.Esquema del diseño de investigación – Cuasi experimental	46
Figura 2.Granulometría de la calicata 01 – Muestra 01	60
Figura 3.Granulometría de la calicata 01– Muestra 02.....	61
Figura 4.Granulometría de la calicata 02– Muestra 01	64
Figura 5.Granulometría de la calicata 01– Muestra 02.....	65
Figura 6.Capacidad portante de la muestra experimental a 1.5 m de profundidad de la calicata 01.....	69
Figura 7.Capacidad portante de la muestra experimental a 1.5 m de profundidad de la calicata 02.....	70
Figura 8.Costo de la cimentacion superficial sobre suelo en estado natural y sobre suelo con relleno fluido.....	72
Figura 9. Distribución F para la capacidad portante del suelo con relleno fluido (0%, 6 %, 9 %, 12 %)	77
Figura 10.Determinación de la Masa de una Disolución en Matraz Aforado de 500 mL mediante Balanza Digital.....	163
Figura 11.Pesaje de Muestra de Suelo en Recipiente Metálico Utilizando Balanza Electrónica	163
Figura 12.Proceso de Muestreo de Suelo In Situ Mediante Perforación Manual	164
Figura 13.Equipo Mezclador de Concreto Tipo Trompo Utilizado en Construcción.....	164
Figura 14.Registro del Peso del Balde Plástico en Balanza Electrónica	165
Figura 15.Registro de muestra de suelo en Recipiente Plástico para Control de Dosificación	165
Figura 16. Mezcladora de relleno fluido en Operación durante la Preparación de Mezcla..	166
Figura 17.Vista General de Excavaciones con relleno fluido.....	166

Figura 18.Ejecución del Ensayo de Penetración Dinámica Ligera (DPL) en Campo para Caracterización de Suelos	167
Figura 19.Prueba DPL para Evaluación de Mejoramiento de Suelos con Relleno Fluido en Cimentaciones Superficiales	167

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo optimizar la capacidad portante del suelo mediante la aplicación de relleno fluido en cimentaciones superficiales del P.J. Primero de Mayo, en Nuevo Chimbote, durante 2023. Se adoptó un enfoque cuantitativo, de tipo aplicada y nivel explicativo, con un diseño quasi-experimental. Para la recolección de datos se utilizó la observación, empleando fichas estructuradas conforme a normas ASTM y NTP vigentes, asegurando la validez y confiabilidad de la información. La población estuvo conformada por el suelo del área total (10 m x 28 m), y la muestra incluyó dos calicatas: dos muestras patrón (sin relleno fluido) y seis muestras con relleno fluido en proporciones de 6%, 9% y 12%. Los resultados mostraron que la adición de relleno fluido incrementó la capacidad portante hasta en un 20% respecto al suelo natural. El análisis de varianza (ANOVA) indicó diferencias estadísticamente significativas entre los porcentajes empleados, siendo el 12% el porcentaje óptimo para mejorar la capacidad portante. El análisis económico demostró que el uso de relleno fluido es una alternativa viable y rentable frente a métodos tradicionales, mejorando la estabilidad y reduciendo el riesgo de asentamientos, con impacto positivo en la seguridad estructural y durabilidad de las edificaciones. En conclusión, el uso adecuado de relleno fluido constituye una técnica efectiva y económicamente factible para optimizar la capacidad portante del suelo en zonas de baja resistencia, contribuyendo a la seguridad y estabilidad de las cimentaciones superficiales.

Palabras clave: Capacidad portante, Relleno fluido, Cimentaciones.

ABSTRACT

The research aimed to optimize soil bearing capacity by applying fluid fill to shallow foundations of the Primero de Mayo project in Nuevo Chimbote during 2023. A quantitative, applied, and explanatory approach was adopted, with a quasi-experimental design. Data collection was based on observation, using structured forms in accordance with current ASTM and NTP standards, ensuring the validity and reliability of the information. The population consisted of soil from the entire area (10 m x 28 m), and the sample included two test pits: two standard samples (without fluid fill) and six samples with fluid fill in proportions of 6%, 9%, and 12%. The results showed that the addition of fluid fill increased bearing capacity by up to 20% compared to natural soil. Analysis of variance (ANOVA) indicated statistically significant differences between the percentages used, with 12% being the optimal percentage to improve bearing capacity. The economic analysis demonstrated that the use of fluid fill is a viable and cost-effective alternative to traditional methods, improving stability and reducing the risk of settlement, with a positive impact on the structural safety and durability of buildings. In conclusion, the appropriate use of fluid fill is an effective and economically feasible technique for optimizing soil bearing capacity in low-strength areas, contributing to the safety and stability of shallow foundations.

Keywords: Bearing capacity, Flowable fill, Foundations,

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Descripción del problema

A nivel internacional, la baja capacidad portante del suelo constituye una de las principales restricciones para el diseño y ejecución de cimentaciones superficiales en edificaciones e infraestructura. En India, Bhardwaj y Sharma (2023) demostraron que la presencia de capas superiores de arcilla blanda reduce significativamente la capacidad portante, aumentando el riesgo de asentamientos y fallas estructurales. Los autores destacan que, en suelos no estabilizados, los problemas de asentamiento y baja resistencia demandan la intervención de técnicas de mejora para permitir construcciones seguras.

Asimismo, en China, Huang et al. (2023) resaltan que los suelos residuales y de baja resistencia, sometidos a condiciones ambientales adversas como ciclos de secado y humectación, pueden perder hasta un 51 % de su resistencia inicial. Esta situación incrementa la vulnerabilidad de las cimentaciones superficiales a deformaciones y asentamientos excesivos, lo que confirma la relevancia y persistencia de la problemática en la ingeniería civil.

Más recientemente, en la ciudad de Palembang, Indonesia, Dafrimon et al. (2024) identificaron que aproximadamente el 52 % de la superficie corresponde a suelos blandos y saturados, lo que provoca asentamientos críticos de hasta 26 mm al emplear cimentaciones superficiales. Este fenómeno compromete tanto la estabilidad como la vida útil de las edificaciones, y representa un obstáculo para el desarrollo urbano seguro en distintas regiones del mundo donde predominan condiciones similares.

A nivel nacional, la baja capacidad portante del suelo constituye una problemática persistente que afecta directamente la viabilidad y seguridad de las cimentaciones superficiales. En la zona costera de Trujillo, Quipuzcoa (2022) expone que la rápida urbanización sobre suelos de baja capacidad portante y la carencia de estudios técnicos han favorecido la proliferación de edificaciones vulnerables a asentamientos excesivos y daños estructurales. Esta situación se ve

agravada por la informalidad y el desconocimiento de la normativa técnica, lo que incrementa el riesgo de pérdidas materiales y humanas, subrayando la relevancia crítica de analizar y atender la problemática de suelos deficientes en las regiones urbanas del país.

Posteriormente, en Chiclayo, Alvarado y Felipa (2024) identificaron que los suelos arcillosos y arenosos presentes en el terreno provocan asentamientos superiores a los límites admisibles, alcanzando valores de hasta 22 cm bajo cargas típicas de edificación. Esta condición representa un serio riesgo de falla estructural, lo que obliga a implementar soluciones de mejoramiento del suelo antes de proceder con cualquier obra, evidenciando así la magnitud del problema en la ingeniería civil peruana.

Por su parte, Leal y Tello (2025) advierten que en el sector Linderos, Jaén, las marcadas variaciones en la capacidad portante del suelo, con valores mínimos de apenas 0.95 kg/cm^2 , constituyen un factor determinante de inestabilidad para edificaciones de varios niveles. La ausencia de estudios geotécnicos específicos y el insuficiente cumplimiento de la normativa vigente acentúan el peligro de fallas estructurales, evidenciando la urgente necesidad de afrontar la problemática de suelos con baja capacidad portante en distintas regiones del Perú.

En el P.J. Primero de Mayo, ubicado en el distrito de Nuevo Chimbote, los terrenos están compuestos principalmente por arenas pobremente gradadas, así como por arenas y gravas con una proporción reducida de partículas finas, ya que, según el Instituto Geofísico del Perú (IGP, 2014), estos suelos presentan una capacidad portante baja, que oscila entre 1 y 2 kg/cm^2 ; por lo tanto, se clasifican como medianamente compactos y apropiados solo para la cimentación de viviendas de hasta dos pisos, de modo que la necesidad de mejorar la capacidad portante de estos suelos resulta fundamental para garantizar la estabilidad y durabilidad de las edificaciones en la zona.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. *Problema general*

¿Cuál es la optimización de la capacidad portante del suelo mediante relleno fluido en cimentaciones superficiales del P.J. Primero de Mayo, 2023?

1.2.2. *Problemas específicos*

- ¿Cuáles son las características físicas y mecánicas del suelo en estado natural en el P.J. Primero de Mayo, distrito de Nuevo Chimbote, 2023?
- ¿Cuál es la capacidad portante del suelo con relleno fluido en porcentajes de 6 %, 9 % y 12 % en el P.J. Primero de Mayo, distrito de Nuevo Chimbote, 2023?
- ¿Cuál es el impacto económico de optimizar la capacidad portante del suelo mediante el uso de relleno fluido en distintos porcentajes (6 %, 9 %, 12 %) en el P.J. Primero de Mayo, distrito de Nuevo Chimbote, durante el año 2023?
- ¿Cuál es el diseño de cimentación superficial más adecuado según la capacidad portante del suelo optimizado con relleno fluido en el P.J. Primero de Mayo, distrito de Nuevo Chimbote, 2023?

1.3. Objetivos

1.3.1. *Objetivo general*

Evaluar la optimización de la capacidad portante del suelo mediante relleno fluido en cimentaciones superficiales del P.J. Primero de Mayo, 2023.

1.3.2. *Objetivos específicos*

- Determinar las características físicas y mecánicas del suelo en estado natural del P.J. Primero de Mayo, distrito de Nuevo Chimbote, 2023.
- Medir la capacidad portante del suelo optimizado con relleno fluido a diferentes porcentajes (6 %, 9 %, 12 %) en el P.J. Primero de Mayo, distrito de Nuevo Chimbote, 2023.
- Valorar económicaamente la optimización de la capacidad portante del suelo mediante el uso de relleno fluido en distintos porcentajes (6 %, 9 %, 12 %) en el P.J. Primero de Mayo, distrito de Nuevo Chimbote, 2023.
- Formular el diseño de cimentación superficial apropiado según la capacidad portante del suelo optimizado con relleno fluido en el P.J. Primero de Mayo, distrito de Nuevo Chimbote, 2023.

1.4. Formulación de la hipótesis

El uso de relleno fluido en cimentaciones superficiales optimiza la capacidad portante del suelo en el P.J. Primero de Mayo, 2023.

1.5. Justificación e Importancia

La investigación resultó relevante por la necesidad de hallar una solución efectiva a la problemática de la baja capacidad portante del suelo en el P.J. Primero de Mayo, distrito de Nuevo Chimbote, ya que esta situación afectó directamente la estabilidad, seguridad y durabilidad de las edificaciones en la zona. El desarrollo de este estudio fue conveniente, porque los resultados permitieron identificar y validar alternativas técnicas, como el uso de relleno fluido; de esta forma, se contribuyó a optimizar la capacidad portante de los suelos y se posibilitaron construcciones más seguras y eficientes. Así, la investigación sirvió como referencia técnica para futuras obras civiles en contextos similares y aportó conocimientos aplicables tanto en el ámbito local como en otras regiones con características geotécnicas semejantes.

En cuanto a su relevancia social, los principales beneficiados fueron los habitantes del P.J. Primero de Mayo y la comunidad de Nuevo Chimbote, quienes contaron con edificaciones más seguras, resistentes y adaptadas a las condiciones reales del terreno. Los resultados del estudio también resultaron útiles para ingenieros civiles, constructores y autoridades locales encargadas de la planificación y supervisión urbana; por lo tanto, se facilitó la toma de decisiones informadas sobre el diseño y la ejecución de cimentaciones superficiales, reduciendo riesgos estructurales y mejorando la calidad de vida de la población.

Desde la perspectiva de las implicaciones prácticas, la investigación ayudó a resolver un problema real y concreto relacionado con el desarrollo urbano y la seguridad estructural en zonas de suelos deficientes, ya que la validación de técnicas de mejoramiento como el relleno fluido permitió reducir la incidencia de asentamientos diferenciales, fisuras y fallas en edificaciones, así como minimizar los costos de reparación y refuerzo. Además, el estudio tuvo

el potencial de ser replicado en otras zonas con condiciones geotécnicas similares, por lo que se amplió su impacto práctico.

En cuanto a su valor teórico, el estudio contribuyó a llenar un vacío de conocimiento respecto al comportamiento de suelos tratados con relleno fluido en el contexto peruano, ya que permitió conocer la influencia de diferentes porcentajes de adición en la capacidad portante y en el diseño de cimentaciones. Los resultados obtenidos se generalizaron a principios más amplios del mejoramiento de suelos y sirvieron como base para futuras investigaciones, revisiones normativas o propuestas de innovación técnica en la construcción civil.

Finalmente, en relación con la utilidad metodológica, la investigación permitió estandarizar y documentar un procedimiento experimental para la optimización de la capacidad portante del suelo con relleno fluido, ya que aportó información clave sobre el proceso de muestreo, caracterización física y mecánica, evaluación económica y validación de resultados. Este aporte facilitó la reproducción del método y su adaptación a nuevos contextos, por lo que contribuyó al avance de la investigación aplicada en ingeniería geotécnica y cimentaciones superficiales.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

En el ámbito internacional: Xu et al. (2024), en el estudio: Experimental Study and Application of Controlled Low-Strength Materials in Trench Backfilling in Suqian City, China, realizaron una investigación aplicada, experimental y cuantitativa. Su diseño incluyó pruebas de laboratorio y validación en campo para optimizar la mezcla de materiales de baja resistencia controlada (CLSM) usando suelos excavados y cemento. Se recolectaron muestras de suelo limoso con alta humedad, con un 29,76 % de arena y 57,23 % de limo, y se prepararon 81 probetas de 27 combinaciones de mezcla, cada una con tres repeticiones. Se evaluaron la resistencia a compresión y la fluidez en distintas proporciones de agua (40 %, 45 %, 50 %) y cemento (6 %, 9 %, 12 %). Las probetas fueron sometidas a ensayos de fluidez (slump) y resistencia a compresión simple a los 3, 7 y 28 días. Como innovación, se optimizó la relación agua-cemento para lograr la resistencia y fluidez requeridas, aplicando la mezcla óptima en el relleno de zanjas de la avenida Yanghe, usando sistemas automáticos de mezclado y transporte. Los resultados mostraron que la mejor mezcla usó 9 % de cemento y 40–43 % de agua, alcanzando una resistencia a compresión superior a 800 kPa a 28 días y una fluidez de 150–200 mm, cumpliendo los requisitos de tránsito y excavabilidad. En conclusión, el CLSM elaborado con suelo local permitió un relleno de zanjas eficiente y uniforme, garantizando calidad controlada y cumplimiento de los estándares de resistencia y trabajabilidad, validando la aplicabilidad del método en otros proyectos urbanos con suelos similares.

Asimismo, Bhardwaj y Sharma (2023), en su investigación titulada: Bearing Capacity Evaluation of Shallow Foundations on Stabilized Layered Soil using ABAQUS, desarrollaron un estudio de tipo aplicado, con enfoque cuantitativo y diseño experimental basado en modelado numérico, utilizando el método de elementos finitos en el software ABAQUS para

analizar la capacidad portante de cimentaciones superficiales en suelos estratificados bajo distintas configuraciones y con materiales estabilizantes. La muestra consistió en el análisis de dos tipos de zapatas superficiales (con relaciones L/B de 1 y 2) sobre ocho combinaciones diferentes de suelos dispuestos en capas, simulando tanto condiciones de suelo homogéneo (arena) como estratificado (arcilla blanda o estabilizada sobre arena) en un modelo de 250 mm × 250 mm × 350 mm. El procedimiento metodológico incluyó la aplicación del modelo elasto-plástico de Mohr–Coulomb, y como innovación, se evaluó la estabilización de la capa superior de arcilla mediante el uso de melaza, arena de fundición residual y cal, empleándolos tanto de manera individual como combinada, y variando tanto la proporción de estabilizante como el espesor de la capa tratada. Los resultados evidenciaron que la capacidad portante de las zapatas disminuyó entre 5% y 39% al incrementarse el espesor de la capa de arcilla no estabilizada sobre la arena; no obstante, al estabilizar la arcilla con melaza, arena de fundición residual y cal, la capacidad portante aumentó entre 31% y 79% en comparación con la arena sola. Finalmente, se concluyó que la estabilización de la arcilla superior con residuos industriales y cal incrementó notablemente la capacidad portante de los suelos estratificados, remarcando que la resistencia de la capa superior fue determinante en la capacidad portante total a partir de una relación de espesores crítica, mientras que el tamaño de la zapata tuvo poca influencia una vez superado cierto umbral.

De igual modo, Dalal et al. (2022), en su estudio: A Soil-Structure Interaction Study using Sustainable Structural Fill below Foundations, realizaron una investigación aplicada, cuantitativa y con diseño experimental-analítico, con el objetivo de determinar el potencial de la fracción fina de residuos sólidos urbanos (MSW-FF) como relleno estructural sostenible bajo cimentaciones superficiales. El estudio se llevó a cabo en Ahmedabad, India, utilizando

muestras tomadas de vertederos urbanos y procesadas en laboratorio, analizando tres tipos de muestras. Se evaluaron distintos tipos y tamaños de cimentaciones (cintas, cuadradas y losas de fundación), tanto sobre suelos naturales (arcilla blanda y arcilla limosa medianamente firme) como mejorados con capas de 1 m y 2 m de MSW-FF. Se aplicaron ensayos de corte directo para determinar la resistencia al corte del MSW-FF y se utilizó modelado numérico con el software STAAD Pro. para analizar la interacción suelo-estructura, considerando presión de base, asentamiento, módulo de reacción y esfuerzos internos. Como innovación, el estudio evaluó residuos urbanos envejecidos (MSW-FF) con composición similar a arena bien graduada con grava, baja plasticidad y un 9,71% de contenido orgánico. Los resultados mostraron que la capacidad portante aumentó entre 4,16% y 825,8% al usar MSW-FF, con mayores beneficios en cimentaciones cuadradas y mejoras más moderadas en losas grandes; además, el módulo de reacción creció hasta 91,5% en las cuadradas. Sin embargo, el incremento de la presión admisible por asentamiento fue menor, variando entre 17,9% y 92,3%. En conclusión, el uso de MSW-FF bajo cimentaciones mejoró considerablemente la capacidad de carga y el módulo de reacción, especialmente en cimentaciones más pequeñas, recomendando investigar a futuro el efecto del contenido orgánico para validar su uso sostenible en obras civiles.

Finalmente, Consoli et al. (2021), en su estudio “Enhancing Bearing Capacity of Shallow Foundations through Cement-Stabilised Sand Layer over Weakly Bonded Residual Soil”, realizaron una investigación experimental, cuantitativa y aplicada de campo, cuyo objetivo fue evaluar la mejora de la capacidad portante de cimentaciones superficiales en suelos residuales de baja cohesión mediante una capa de arena estabilizada con cemento. Se ejecutaron nueve ensayos de placa de carga: tres sobre suelo residual natural y seis sobre capas de arena-cemento,

usando placas de acero de 300 mm de diámetro y capas mejoradas con diámetros entre 375 y 1200 mm, y espesores de 300 y 450 mm. Tanto el suelo como las capas mejoradas se caracterizaron con pruebas de laboratorio y campo. El método consistió en mezclar arena de cuarzo con 5 % de cemento Portland y 10 % de agua, compactar manualmente y curar durante 28 días; luego se realizaron ensayos triaxiales, pruebas de carga estática y análisis numéricos por elementos finitos para predecir esfuerzo de tracción y modos de falla, desarrollando ecuaciones para cada caso. Los resultados mostraron que el refuerzo con arena-cemento incrementó la capacidad portante y redujo asentamientos en comparación con el suelo natural; se identificaron dos modos de ruptura: punzonamiento del suelo residual y fractura de la capa mejorada, según la geometría. Como conclusión, el uso de arena-cemento resultó ser una alternativa eficiente y rentable para reforzar cimentaciones superficiales en suelos débiles, siendo clave analizar el modo de falla en el diseño; además, las soluciones analíticas y numéricas propuestas permitieron predecir con precisión el comportamiento y la capacidad última de la cimentación, facilitando la aplicación práctica de la técnica.

En el ámbito nacional: Paitán (2024), en su tesis titulada: Relleno fluido como sustitución del relleno estructural compactado en la Central Hidroeléctrica Zaña, realizó una investigación aplicada con enfoque cuantitativo y diseño experimental, orientada a comparar el desempeño estructural y el impacto económico de mezclas de relleno fluido frente al relleno estructural compactado tradicional en la mencionada central hidroeléctrica. El estudio consideró dos mezclas diferentes de relleno fluido, elaboradas a partir de cemento, arena y agua en proporciones variables, y las comparó contra el relleno estructural compactado mediante ensayos en probetas cilíndricas y pruebas de campo para determinar la resistencia y el asentamiento. El procedimiento experimental incluyó la medición de la fluidez (slump) y la

resistencia a la compresión a los 3 y 7 días, aplicando procedimientos normalizados tanto en la preparación de las mezclas como en la evaluación comparativa de los costos. La innovación del estudio radicó en el análisis técnico y económico de la factibilidad del uso de relleno fluido como alternativa real en una obra civil. Los resultados mostraron que el relleno fluido presentó una alta trabajabilidad, con un valor de slump de 9,25 pulgadas, y alcanzó una resistencia promedio de 6,0 kg/cm² a los 3 días y 10,4 kg/cm² a los 7 días, superando la resistencia de diseño especificada de 8 kg/cm², lo que evidenció una rápida ganancia de resistencia. Finalmente, se concluyó que, aunque el relleno fluido no resultó adecuado como elemento estructural principal debido a su baja resistencia final, sí constituyó una opción eficiente y viable para rellenos en obras civiles, permitiendo optimizar recursos y reducir los tiempos de ejecución.

Asimismo, Mauricio (2024), en la tesis: Mejora de las propiedades mecánicas del suelo con el uso del relleno fluido de resistencia controlada como sustituto del relleno estructural convencional, Pasco 2022”, realizó una investigación experimental, cuantitativa y de nivel explicativo, comparando las propiedades mecánicas del relleno fluido de resistencia controlada (RFRC) con el relleno estructural convencional en suelos de Cerro de Pasco. La muestra incluyó suelos de la ciudad universitaria de Pucayacu, en Yanacancha, usando mezclas de RFRC con 2 %, 2,5 % y 3 % de cemento. Se elaboraron probetas cilíndricas para ensayos de resistencia a compresión a los 3, 7, 14 y 28 días, evaluando además fluidez y densidad. El procedimiento experimental consistió en diseñar mezclas con cemento y agua sobre suelo local, aplicando ensayos ASTM para resistencia, slump y densidad, comparando estos resultados con los del relleno estructural convencional. Como innovación, se adaptaron los diseños internacionales (ACI y ASTM) a las condiciones de altitud y clima de Cerro de Pasco. Los

resultados mostraron que la mezcla de RFRC con 3 % de cemento alcanzó 8,04 kg/cm² de resistencia a 28 días, superando el mínimo para reemplazar el relleno convencional; también se registró alta trabajabilidad y densidades adecuadas, facilitando la colocación sin compactación y agilizando la ejecución. En conclusión, el uso de RFRC fue técnica y económicamente viable como sustituto del relleno estructural convencional en Pasco, mejorando notablemente las propiedades mecánicas del suelo, optimizando recursos y adaptándose a las condiciones locales de construcción.

De igual modo, Soto y Soto (2022), en el estudio: Representación del método para empleo del relleno fluido suelo-cemento en perfeccionamiento de suelos de disminuida capacidad portante en obras viales-2022, realizaron una investigación aplicada, cuantitativa y de diseño descriptivo-comparativo, enfocada en analizar y comparar el método del relleno fluido suelo-cemento (RFSC) frente al relleno compactado convencional para mejorar suelos de baja capacidad portante en obras viales. La muestra incluyó datos técnicos, geotécnicos y económicos del expediente técnico de una obra vial en Huánuco y modelos matemáticos que simularon el comportamiento del suelo con y sin RFSC, usando parámetros reales de obra y laboratorio. Se aplicó un método comparativo para evaluar las propiedades físicas y mecánicas de ambos sistemas, y se utilizó el software PLAXIS 2D para modelar deformaciones y asentamientos bajo cada método. Como innovación, el estudio propuso un procedimiento estandarizado para el uso del RFSC, resaltando ventajas como autocompactación, autonivelación y el uso de suelos naturales como agregados. Los resultados mostraron que el RFSC generó asentamientos ligeramente menores en comparación con el método tradicional, cumpliendo ambos con los factores de seguridad y límites normativos, y evidenciando el RFSC mayor rapidez de ejecución y menor uso de maquinaria. En conclusión, el uso del relleno fluido suelo-cemento es una alternativa viable y eficiente frente al método tradicional compactado

para mejorar suelos de baja capacidad portante en obras viales, por su facilidad de aplicación, optimización de tiempos y aprovechamiento de materiales locales, siempre que se verifiquen los parámetros de diseño y control normativo.

Finalmente, Paucar (2021), en su tesis: Propuesta de rellenos fluidos de baja resistencia controlada para obras de saneamiento en la Región Ica, realizó una investigación aplicada, cuantitativa y de diseño experimental comparativo, con el objetivo de analizar y comparar mezclas de relleno fluido de baja resistencia controlada (CLSM) frente al relleno compactado tradicional, evaluando sus propiedades físico-mecánicas y la factibilidad técnica y económica en un caso real de saneamiento en Ica. La muestra incluyó 12 mezclas iniciales de CLSM y tres mezclas optimizadas, preparadas con agregados locales y cemento Portland tipo I, usando probetas cilíndricas para ensayos de fluidez, resistencia y control de calidad, y comparando los resultados con datos reales de obra. Se elaboraron mezclas con 60 a 90 kg/m³ de cemento, agregados de la cantera Tinguiña y aditivo espumante, evaluando fluidez (slump), masa unitaria, contenido de aire, tiempo de fraguado y resistencia a la compresión a 28 días, siguiendo normas ASTM y protocolos internacionales. Como innovación, se propuso usar CLSM en relleno de zanjas y cimentaciones, optimizando recursos y mano de obra, y facilitando el distanciamiento social en pandemia. Los resultados indicaron fluidez de 9½" a 10½" y resistencias de 5 a 24 kg/cm² a 28 días, superando los requisitos de excavabilidad y tránsito, con una pérdida de fluidez promedio de 2" por hora. El análisis costo-beneficio mostró reducción de tiempo de ejecución y ahorro económico frente al método convencional. En conclusión, el uso de CLSM fue viable técnica y económicamente para obras de saneamiento en Ica, optimizando tiempos, recursos y calidad, disminuyendo mano de obra y mejorando la productividad bajo restricciones sanitarias.

2.2. Marco Conceptual

2.2.1. *Relleno fluido*

Estos rellenos son materiales autonivelantes y autocompactantes utilizados para mejorar las propiedades mecánicas del suelo, ya que sustituyen al terraplén compactado y resultan esenciales para optimizar la capacidad portante del suelo tratado (Rodas y Morales, 2023); además, los rellenos fluidos, también conocidos como concretos hidráulicos fluidos, se emplean para estabilizar suelos de cimentación, por lo tanto, proporcionan una base firme y estable para estructuras pesadas (Hernández y Vega, 2023).

Según Catunta (2023), los rellenos fluidos son mezclas de materiales cementantes, agua y agregados finos que, al ser autonivelantes y autocompactantes, se utilizan para mejorar la estabilidad del suelo y proporcionar una base sólida para construcciones sin requerir compactación mecánica; además, los rellenos fluidos, también conocidos como materiales de baja resistencia controlada (MBRC), son materiales a base de cemento autonivelantes y autocompactantes, por lo tanto, su principal aplicación es el relleno, que sustituye a los terraplenes compactados (Mauricio, 2024).

Los materiales de baja resistencia controlada (MBRC) son fluidos autonivelantes y autocompactantes que están compuestos esencialmente de cemento, ya que están destinados específicamente a ser utilizados para relleno en lugar de material de terraplén compactado; se consideran términos como relleno fluido, control de la densidad sobre el terreno y control del relleno fluido, entre otros (Eche, 2021).

a) Características de los materiales del Relleno Fluido.

- Cemento: Confiere a los rellenos fluidos resistencia y adherencia. Solemos emplear cemento Portland de tipo I en la mayoría de nuestras adaptaciones, de conformidad con los criterios técnicos (ASTM C150/C150M, 2022) (NTP 334.009, 2020) que es utilizado para estos casos.
- Los Agregados: los áridos que cumplen esta normativa, se suelen encontrar en los puntos de venta de suministros de materiales, se aconseja utilizarlos con material de relleno fluido. Para completar el diseño de la mezcla para el relleno fluido, la fracción de árido fino no es constante. A continuación, se estiman las cantidades de agua, capacidad de aire, cemento y cenizas volantes. A continuación, se estiman las cantidades de cenizas volantes, cemento, agua y capacidad de aire. Estas cifras suelen situarse entre 1500 y 1800 kg/m³ (Eche, 2021).
- Agua: El agua debe cumplir lo establecido en la siguiente normativa (NTP 339.088, 2019). En comparación con las mezclas de hormigón tradicionales, el hormigón fluido requiere un mayor contenido de agua. El agua consigue la consolidación de los ingredientes y ofrece una excelente fluidez. Las concentraciones de agua de la mayoría de las mezclas que incorporan áridos oscilan entre 193 y 344 lt/ (Eche, 2021).

b) Aplicaciones del Relleno Fluido.

En su mayor parte, se utilizan rellenos estructurales y rellenos de excavación. En última instancia, los rellenos fluidos no requieren compactación porque llegan a lugares de difícil acceso al ser más fluidos (Eche, 2021).

- Los Rellenos estructurales: La aceptación de la disposición da lugar a la adquisición de resistencias muy elevadas. Debido a esto, el rango permisible para la resistencia a la compresión aumenta de 7 kg/cm² a 85 kg/cm², lo que puede ser utilizado para una variedad de propósitos, incluyendo excavaciones de pilotes, cimentaciones de pilotes, sub-bases para pisos, sub-bases para pilotes, bases para pavimentos, sub-bases para pisos, bases para cimentaciones, y más (Eche, 2021).
- Backfills (Relleno simple): Entre ellos se incluyen los rellenos en pequeñas excavaciones, el revestimiento de conductos, las zanjas, los pozos de sondeo, los estribos de puentes, los muros de contención y otros lugares donde se realiza la compactación manual, pero prometemos una pronta resistencia a la carga. Debemos disponer de un alto control de calidad en el relleno finalizado. Además, hay situaciones en las que el espacio que hay que compactar es demasiado pequeño, lo que hace imposible encajar el equipo de compactación (Eche, 2021).
- Camas para tuberías: Para las tuberías utilizadas en los sectores del agua, la electricidad, la telefonía y otros, las masillas fluidas son un material de relleno ideal. La calidad fluida del material le permite llenar los espacios bajo las tuberías y ofrecer un soporte consistente. Bordear toda la tubería también la protege de posibles daños. La presencia de tuberías quedaría demostrada si se excavara la región que rodea la tubería, como lo demuestra el notable cambio de material de relleno convencional a relleno fluido. También se puede colorear para que el relleno fluido sea más fácil de ver (Eche, 2021).

- Otras aplicaciones: Además, estos rellenos se han empleado en la estabilidad de taludes, terraplenes, estribos de puentes, rellenos de muros, alcantarillas de túneles, cimentaciones, construcciones subterráneas, control de la erosión y aislamiento térmico. (Eche, 2021)

-Taludes: Pueden ser extremadamente complejos, especialmente cuando el suelo es propenso a la erosión y es flexible. En estos casos, los rellenos líquidos se utilizan como técnicas efectivas para mejorar la estabilidad y evitar deslizamientos. Estas técnicas no solo proporcionan soporte adicional, sino que también ayudan a prevenir la erosión, asegurando la integridad de las estructuras adyacentes y protegiendo el medio ambiente (Eche, 2021).

-Rellenos de muros: Según la hipótesis de Rankine, la fuerza del empuje activo del suelo sobre la estructura hace que aumente la dimensión del muro. Este hecho encarece el coste del muro. Como los rellenos fluidos tienen huecos en su estructura, pueden tener un peso de relleno menor. Como consecuencia, la resistencia activa del perímetro vertical disminuye. Esto se traduce a menores secciones de muros, en comparación a los muros de tierra compactada (Eche, 2021).

-Estribos de puentes: Con respecto a los estribos de puentes, el uso de andamios es crítico. Al recuperar peso del andamio estructurado, se concede acceso al sistema de manera más controlada y las estructuras con magnitudes de carga más bajas son accesibles de forma segura. Esto es similar al concepto empleado para muros de contención donde la contra infiltración no solo redistribuye cargas, sino que también alivia la presión sobre la estructura principal, mejorando así su estabilidad y durabilidad (Eche, 2021).

-Terraplenes

La reducción de peso al utilizar relleno fluido en terraplenes es de aproximadamente el 20%. Este método de usar material de relleno fluido no solo ayuda a reducir el peso total

del terraplén, sino que también mejora significativamente su estabilidad estructural. Además, el peso reducido mitiga la presión vertical sobre las capas de suelo subyacentes, minimizando, por lo tanto, las posibilidades de asentamiento y gradual. Esta técnica presenta grandes ventajas en regiones que son propensas a la erosión, así como donde la estabilidad del terreno es crítica para la seguridad de la infraestructura (Mauricio, 2024).

c) Porcentaje.

Representa la proporción de este material añadido al suelo, expresado en términos porcentuales. Este valor es crucial para mejorar la capacidad portante del suelo (Rodas y Morales, 2023). Según Hernández y Vega (2023), el porcentaje de relleno fluido es la proporción de concreto hidráulico añadido al suelo de cimentación con problemas geotécnicos para mejorar su estabilidad y capacidad de carga.

El porcentaje de relleno fluido se refiere a la proporción de material cementante añadido al suelo, expresado como un porcentaje del volumen total del suelo tratado. Este valor es crucial para determinar la cantidad óptima necesaria para mejorar las propiedades del suelo (Catunta, 2023).

d) Capacidad portante del suelo y relleno fluido.

Es la máxima carga que el suelo tratado puede soportar sin fallar. La adición de relleno fluido mejora significativamente esta capacidad (Rodas y Morales, 2023). Hernández y Vega (2023), definen la capacidad portante del suelo como la máxima presión que el suelo puede soportar antes de fallar, crucial para el diseño seguro de cimentaciones y fundamental para asegurar la estabilidad de estructuras sobre el suelo. Catunta (2023) menciona que la capacidad portante del suelo y relleno fluido es la máxima carga que el suelo tratado con materiales cementantes puede soportar sin fallos estructurales, incrementando significativamente la capacidad de soporte del suelo y asegurando la estabilidad de las construcciones.

2.2.2. *Capacidad portante del suelo*

Según el MTC (2016), la capacidad portante del suelo corresponde a la máxima carga por unidad de área que un suelo puede soportar sin experimentar un asentamiento significativo o falla de corte, ya que esta característica resulta fundamental para el diseño de cimentaciones, por lo tanto, determina la seguridad y estabilidad de las estructuras que se construirán sobre dicho suelo; para determinar la capacidad portante del suelo utilizando el método de corte directo (consolidado drenado) según la norma NTP 339.171 (2017), se sigue el siguiente procedimiento: Primero, se selecciona una muestra representativa de suelo y se prepara adecuadamente. La muestra debe ser homogeneizada y almacenada en condiciones que eviten la pérdida de humedad.

- En el siguiente paso, la muestra se coloca en un dispositivo de corte directo. La muestra se confina en una caja de corte que aplica una carga normal y una carga de corte a la muestra.
- Se aplica una carga normal constante a la muestra utilizando el sistema de carga del dispositivo de corte. Esta carga simula la presión que se aplica al suelo en condiciones reales del sitio.
- La muestra se deja consolidar bajo la carga normal hasta que se alcanza la consolidación completa. Dependiendo del tipo de suelo y su grado inicial de consolidación, este proceso puede tardar varias horas.
- Después de que la consolidación haya alcanzado el nivel prescrito, se aplica una tasa constante de corte a la muestra. Esto aumenta gradualmente hasta que se produce la falla en la muestra. Durante este procedimiento, se registrará la carga de corte junto con los desplazamientos correspondientes.

- Todos los datos experimentales se registran, incluyendo la carga normal, la carga de corte y los desplazamientos. Estos puntos de datos se utilizan para trazar la curva de tensión-deformación del suelo.
- A partir de la curva de tensión-deformación se define la resistencia al corte del suelo, de manera que la capacidad portante se determina utilizando la fórmula correspondiente, la cual considera tanto la resistencia al corte como la presión de confinamiento.

a) Características físicas del suelo de la zona de estudio.

Las características físicas del suelo comprenden la granulometría, el tipo de suelo, la densidad, la consistencia y la humedad, de modo que estas propiedades determinan el comportamiento mecánico y la capacidad portante del suelo (Rodas y Morales, 2023).

- **Granulometría:** La granulometría analiza la distribución de tamaños de partículas en una muestra de suelo, de modo que afecta su comportamiento mecánico y resulta crucial para comprender la estabilidad del terreno (Rodas y Morales, 2023); en este sentido, Hernández y Vega (2023) describen la granulometría como el análisis de la distribución de tamaños de partículas, lo que influye en el comportamiento y la capacidad portante del suelo, por consiguiente, este análisis es fundamental para entender tanto la estabilidad como las propiedades de soporte del suelo.

Según el NTP 339.128 (2019), la granulometría corresponde al estudio de la distribución del tamaño de las partículas de un suelo, de manera que este análisis se realiza para determinar las proporciones relativas de los diferentes tamaños de partículas presentes en una muestra; en consecuencia, la granulometría proporciona información crítica sobre las características físicas del suelo, tales como la

permeabilidad, la densidad y la resistencia, las cuales resultan fundamentales para la ingeniería y la construcción.

Tabla 1

Clasificación del suelo según el tamaño de sus partículas

Tipo	Tamaño	Característica
Grava	Entre 8.10 cm y 2mm	Espacios enormes, sin agua y gránulos visibles.
Arenas	Entre 2 y 0.060mm	Son visibles a simple vista y, al combinarse con el agua, crean un medio continuo.
Limos	Entre 0.00 y 0.002mm	Se adhiere al agua para crear una pasta.
Arcillas	< a 0.002mm	Formado por minerales y tiene una gran capacidad de retención de agua.

Nota. Adaptado de Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos (Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC], 2014), considerando la NTP 339.128 (2019) y la ASTM D2487 (2017).

Para realizar el ensayo de granulometría de suelos según la norma MTC (2016), se sigue el siguiente procedimiento:

- Primero, se seca una cantidad suficiente de muestra de suelo en un horno a 110 ± 5 °C hasta alcanzar un peso constante. Este paso asegura que toda la humedad se elimine, garantizando la precisión del ensayo.
- Una vez seca la muestra, se pesa y se registra el peso inicial. Luego, la muestra se pasa a través de una serie de tamices de diferentes tamaños, desde tamices gruesos hasta tamices finos, agitándola durante un período específico para separar las partículas según su tamaño.
- Después del tamizado, se pesa el suelo retenido en cada tamiz y se registra el peso de los materiales retenidos en cada uno. Estos datos se utilizan para calcular el porcentaje de material que pasa por cada tamiz en relación con el peso total de la muestra inicial.

- A continuación, se elabora una curva granulométrica que representa la distribución del tamaño de las partículas del suelo, de modo que esta curva y los datos obtenidos se analizan para determinar las características del suelo, tales como el coeficiente de uniformidad y el coeficiente de curvatura, por lo tanto, estos parámetros permiten clasificar el suelo según su granulometría.
- **Tipo de suelo:** El tipo de suelo se clasifica según su textura y composición, como arena, limo o arcilla, de modo que esta clasificación resulta esencial para determinar el tratamiento adecuado (Rodas y Morales, 2023); en este sentido, Hernández y Vega (2023) señalan que el tipo de suelo, definido por su textura y composición, determina tanto la capacidad de soporte como el comportamiento bajo cargas, por lo tanto, clasificar correctamente el suelo es fundamental para seleccionar el tratamiento adecuado y asegurar la estabilidad estructural.
- **Densidad:** La densidad del suelo se define como la relación entre su masa y su volumen, por lo que este parámetro, generalmente medido en g/cm³, resulta crucial para determinar la capacidad portante del suelo (Rodas y Morales, 2023); en este sentido, Hernández y Vega (2023) indican que el peso específico del suelo corresponde a su densidad, de modo que su correcta evaluación es fundamental tanto para calcular la capacidad portante como para analizar la estabilidad del suelo en proyectos de ingeniería civil.

La densidad y el peso unitario del suelo se refieren a la masa de partículas de suelo contenida en un volumen unitario, considerando o excluyendo los poros, de modo que este análisis resulta fundamental para comprender la compacidad del suelo y su capacidad para soportar estructuras; en este sentido, la densidad se expresa en términos

de masa por unidad de volumen, mientras que el peso unitario corresponde al peso del suelo por unidad de volumen (MTC, 2016).

Según la NTP 339.131 (2019), para determinar la densidad y el peso unitario del suelo *in situ* mediante el método del cono de arena, siga estos pasos:

- Primero, prepare el equipo necesario, que incluye un recipiente de arena calibrada, un cono metálico, una base y herramientas de excavación.
- Luego, seleccione y prepare el sitio de ensayo, eliminando cualquier material superficial suelto y colocando la base del cono sobre la superficie del suelo.
- A continuación, excave un hoyo a través del orificio en la base del cono, recogiendo y guardando el material excavado para pesarlo más tarde.
- Llene el hoyo con arena calibrada usando el equipo de cono de arena, permitiendo que la arena fluya desde el recipiente a través del cono hasta llenar completamente el hoyo.
- Mida el volumen de arena utilizada para llenar el hoyo pesando el recipiente de arena antes y después del ensayo, y calcule el volumen usando la densidad conocida de la arena.
- Pese el material excavado del hoyo para determinar su masa.
- Finalmente, calcule la densidad del suelo dividiendo la masa del material excavado por el volumen del hoyo, que corresponde al volumen de arena utilizada.
- Registre y analice todos los datos obtenidos a fin de asegurar la precisión del ensayo, ya que este método proporciona una manera precisa de determinar la densidad y el peso unitario del suelo *in situ*; en consecuencia, estos parámetros resultan cruciales para evaluar tanto su capacidad de carga como su idoneidad para soportar construcciones.

- **Consistencia:** La consistencia del suelo mide su resistencia a la deformación bajo diferentes cargas, de modo que esta propiedad influye significativamente en la capacidad portante y en la estabilidad del terreno (Rodas y Morales, 2023); en este sentido, Hernández y Vega (2023) afirman que la consistencia del suelo determina su resistencia ante cargas aplicadas, por lo que resulta fundamental tanto para evaluar la idoneidad del suelo en el soporte de estructuras como para garantizar la seguridad estructural.

Además, el límite líquido (LL) corresponde al contenido de agua en el cual el suelo pasa del estado plástico al estado líquido, de modo que este valor se determina mediante el ensayo de límite líquido, evaluando la capacidad del suelo para fluir bajo condiciones específicas (MTC, 2016).

El límite plástico (LP) es el contenido de agua a partir del cual el suelo pasa de un estado semisólido a un estado plástico, de manera que este parámetro se determina mediante el ensayo de límite plástico, evaluando la capacidad del suelo para ser moldeado sin romperse (MTC, 2016).

- **Índice de Plasticidad (IP):** Es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico ($IP = LL - LP$). Indica la gama de contenidos de agua en los que el suelo exhibe propiedades plásticas, reflejando así su comportamiento en diferentes condiciones de humedad (MTC, 2016).

El procedimiento para determinar el límite líquido según la NTP 339.129 (2019):

- Primero, para determinar el límite líquido, es necesario preparar la muestra de suelo adecuadamente. Se toma una muestra representativa del suelo que pase por el tamiz N° 40 (0.425 mm) y se mezcla con agua destilada hasta obtener una pasta homogénea. Este paso asegura que la muestra esté bien preparada para el ensayo.
- A continuación, se coloca la pasta en el dispositivo de Casagrande. Con una espátula, se nivela la superficie superior de la muestra. Luego, utilizando el surcador estándar, se crea una ranura en el centro de la muestra. Este proceso es crucial para configurar la muestra para el ensayo.
- Luego, se realiza el ensayo girando la manivela del dispositivo de Casagrande a una velocidad constante de dos golpes por segundo. Se cuenta el número de golpes necesarios para cerrar una longitud específica de la ranura. Este paso se repite con diferentes contenidos de agua para obtener al menos tres puntos de datos, asegurando así la precisión del ensayo.
- Una vez obtenidos los datos, se registra el número de golpes y el contenido de agua correspondiente. Posteriormente, se traza una gráfica del número de golpes frente al contenido de agua en papel logarítmico. El contenido de agua correspondiente a 25 golpes se determina a partir de esta gráfica, lo que constituye el límite líquido del suelo.

El procedimiento para determinar el límite plástico:

- Para determinar el límite plástico, se sigue un procedimiento similar de preparación de la muestra. Se toma una muestra representativa de suelo que pase por el tamiz N° 40 (0.425 mm) y se añade agua destilada. La muestra

se amasa hasta que sea homogénea y plástica, garantizando una buena preparación para el ensayo.

- A continuación, se rueda una porción de la muestra en una superficie no porosa para formar un hilo de aproximadamente 3 mm de diámetro. Este proceso se repite amasando y rodando hasta que el hilo se rompa al alcanzar el diámetro de 3 mm. Este paso es esencial para medir la plasticidad del suelo.
 - Luego, se recuperan los fragmentos de hilo y se determina su contenido de agua. Este procedimiento se repite varias veces para obtener valores consistentes y fiables del contenido de agua.
 - El contenido de agua promedio de las pruebas repetidas se toma como el límite plástico del suelo. Este valor indica el punto en el cual el suelo pasa de un estado semisólido a un estado plástico.
- **Humedad:** La humedad del suelo corresponde al contenido de agua presente en el suelo, expresado como porcentaje de su peso seco, de modo que esta propiedad influye tanto en la plasticidad como en la capacidad portante del terreno (Rodas y Morales, 2023); en este sentido, Hernández y Vega (2023) señalan que la humedad afecta directamente el comportamiento mecánico del suelo, por lo tanto, resulta fundamental en estudios geotécnicos y se considera un parámetro clave para evaluar su desempeño estructural.

Según el MTC (2016), la humedad del suelo es la cantidad de agua presente en una muestra, expresada como un porcentaje de la masa seca del suelo, de modo que este parámetro resulta fundamental para evaluar propiedades físicas como la plasticidad, la cohesión y la capacidad de carga; en consecuencia, la determinación precisa del

contenido de humedad es crucial para aplicaciones en ingeniería y construcción, ya que asegura que el suelo cumpla con los requisitos específicos del proyecto.

Procedimiento para Determinar la Humedad del Suelo según NTP 339.127 (2019):

- Para determinar la humedad del suelo de acuerdo, se sigue un procedimiento meticuloso que garantiza la precisión y confiabilidad de los resultados.
- Primero, se selecciona una muestra representativa del suelo que se va a ensayar. Es fundamental que esta muestra sea homogénea y se conserve en un contenedor hermético hasta el momento del ensayo para evitar la pérdida de humedad.
- A continuación, se pesa la muestra húmeda utilizando una balanza de precisión. Este peso se registra cuidadosamente como el peso húmedo de la muestra. Este paso inicial es crucial, ya que cualquier error en el pesaje puede afectar la precisión del resultado final.
- Seguidamente, la muestra se coloca en un horno a una temperatura constante de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$. La muestra debe secarse hasta alcanzar un peso constante, un proceso que generalmente requiere alrededor de 24 horas. Este paso asegura que toda el agua presente en la muestra se haya evaporado, permitiendo una medición precisa del contenido de humedad.
- Una vez que la muestra se ha secado completamente, se retira del horno y se deja enfriar en un desecador. Posteriormente, se pesa la muestra seca utilizando la misma balanza de precisión. Este peso se registra como el peso seco de la muestra. El enfriamiento en el desecador es importante para evitar que la muestra vuelva a absorber humedad del ambiente antes de ser pesada.

b) Costo.

El costo analiza los gastos asociados con la implementación del relleno fluido, incluyendo materiales, mano de obra y equipo, de manera que este análisis resulta crucial para evaluar la viabilidad económica del proyecto (Rodas y Morales, 2023); en este sentido, Hernández y Vega (2023) señalan que el costo comprende todos los gastos vinculados a la aplicación del relleno fluido, por lo que dicho análisis es fundamental para valorar la viabilidad económica y la sostenibilidad a largo plazo del proyecto, asegurando así una inversión eficiente.

c) Optimización de la capacidad portante con el uso de relleno fluido.

Este proceso implica mejorar la resistencia y estabilidad del suelo mediante la adición de relleno fluido en diferentes proporciones, de modo que se obtiene un terreno más robusto y estable (Rodas y Morales, 2023); en este sentido, la capacidad portante del suelo se incrementa con el uso de relleno fluido, ya que la resistencia y estabilidad mejoran mediante la incorporación de concreto hidráulico en proporciones adecuadas, por lo tanto, este procedimiento genera una base más sólida y con mayor capacidad de soporte (Hernández y Vega, 2023).

d) Diseño de una cimentación superficial.

Este diseño implica planificar y construir una base que se apoya directamente sobre el suelo tratado, de modo que se optimiza la capacidad portante y se asegura la estabilidad estructural (Rodas y Morales, 2023); en este contexto, se proyecta una cimentación superficial considerando la capacidad portante obtenida de la combinación de relleno fluido y suelo, por lo tanto, se logra optimizar la capacidad portante y garantizar la estabilidad estructural de la construcción (Hernández y Vega, 2023).

CAPITULO III: METODOLOGÍA

3.1. Enfoque de la investigación

El enfoque cuantitativo se caracteriza por la recolección y el análisis de datos numéricos con el propósito de describir, explicar y predecir fenómenos, empleando procedimientos estadísticos y técnicas objetivas para garantizar la validez y confiabilidad de los resultados (Arias y Covinos, 2021).

En esta investigación se adoptó un enfoque cuantitativo, ya que se trabajó con datos medibles, tales como las características físicas y mecánicas del suelo, la capacidad portante obtenida mediante ensayos y los resultados económicos del uso de relleno fluido; de este modo, este enfoque permitió analizar los efectos del mejoramiento del suelo a través de métodos estadísticos, facilitando la comparación objetiva entre el estado natural y el suelo tratado, además de permitir la elaboración de conclusiones respaldadas por evidencia numérica y verificable.

3.2. Método de la investigación

La investigación aplicada utiliza conocimientos científicos previos para resolver problemas específicos y prácticos, orientando sus resultados a la mejora de procesos o soluciones concretas en contextos reales (Arias y Covinos, 2021).

La presente investigación se consideró de tipo aplicada, debido a que empleó conocimientos teóricos y resultados de investigaciones previas para solucionar una problemática concreta relacionada con la capacidad portante del suelo en el P.J. Primero de Mayo; se buscó, mediante la aplicación de métodos y técnicas específicas, optimizar las propiedades del suelo mediante el uso de relleno fluido, con el propósito de mejorar el diseño de cimentaciones superficiales;

de este modo, se logró trasladar los conocimientos científicos al ámbito práctico, contribuyendo a resolver una necesidad real en la zona de estudio.

La investigación explicativa es aquella que busca identificar las causas y consecuencias de los fenómenos, estableciendo relaciones de causalidad entre variables; este nivel permite comprender el porqué y el cómo de los hechos observados, brindando explicaciones fundamentadas y sistemáticas (Arias y Covinos, 2021).

La investigación se clasificó como de nivel explicativo porque permitió analizar y comprender las causas que determinaron la optimización de la capacidad portante del suelo mediante relleno fluido, así como los efectos que generó esta intervención en las características del terreno estudiado.

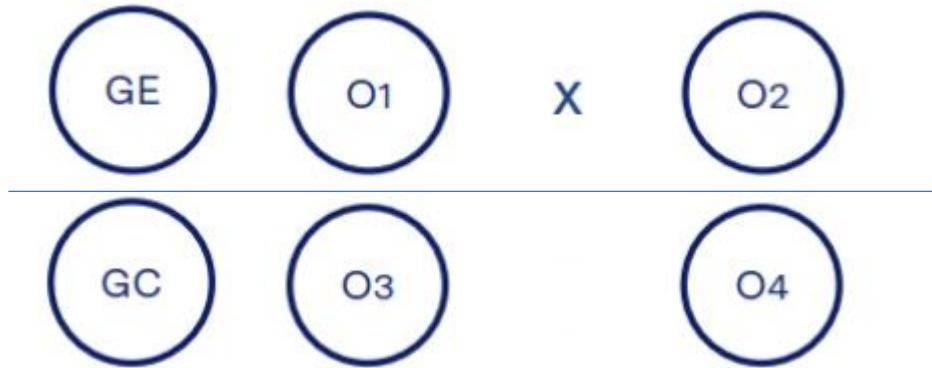
3.3. Diseño de investigación

El diseño cuasiexperimental es un enfoque de investigación en el que se manipula deliberadamente una variable independiente para observar su efecto sobre una variable dependiente, pero sin asignación aleatoria estricta de los sujetos o unidades experimentales a los grupos de estudio, lo que permite analizar relaciones causales en contextos donde el control total no es posible (Arias y Covinos, 2021).

En este estudio se empleó un diseño cuasiexperimental, ya que se modificaron las condiciones del suelo mediante la adición de diferentes porcentajes de relleno fluido (6 %, 9 %, 12 %) y se evaluó su influencia en la capacidad portante, sin realizar una asignación aleatoria estricta de los sectores intervenidos; por lo tanto, las pruebas se aplicaron sobre muestras representativas tomadas del P.J.. Primero de Mayo, comparando el comportamiento del suelo natural frente al suelo tratado, de modo que se pudo analizar objetivamente el efecto de la intervención en condiciones reales y controladas.

Figura 1

Esquema del diseño de investigación – Cuasi experimental



Donde:

GE: grupo experimental (Suelo con relleno fluido en 6 %, 9 % y 12 %)

GC: grupo control (Suelo sin relleno fluido)

X: estímulo (Relleno fluido)

O1 y O3: observaciones de la variable dependiente pre estímulo

O2 y O4: observaciones de la variable dependiente post estímulo

3.4. Población y muestra

En investigación, la población se define como el conjunto total de elementos, individuos, eventos o unidades que comparten una o más características específicas y sobre los cuales se pretende generalizar los resultados del estudio (Hadi et al. 2023).

La población de la investigación se definió como el conjunto del suelo que conformó el terreno del P.J.. Primero de Mayo, delimitado específicamente en un área finita de 10 m x 28 m, de modo que esta delimitación geográfica permitió enfocar el estudio en un sector concreto, facilitando la recolección y el análisis de datos pertinentes para la evaluación de la capacidad portante y el efecto del mejoramiento con relleno fluido; por consiguiente, al considerar la totalidad del terreno dentro de estos límites, se aseguró que los resultados fueran

representativos de las condiciones reales del área intervenida, lo que garantizó la relevancia y aplicabilidad de los hallazgos obtenidos.

La muestra, en términos de investigación, se definió como el subconjunto representativo de la población sobre el que se aplicaron las técnicas de observación, experimentación o medición, seleccionado bajo criterios específicos para garantizar la validez y generalización de los resultados (Arias y Covinos, 2021).

La muestra en esta investigación se definió como el subconjunto representativo del suelo del P.J.. Primero de Mayo, seleccionado específicamente del área delimitada de 10 m x 28 m, por lo tanto, esta delimitación geográfica permitió centrar el estudio en una zona concreta, facilitando la recolección y el análisis riguroso de datos conforme a la realidad del terreno; de acuerdo con la norma E.050 (2020) Suelos y Cimentaciones, se realizaron dos calicatas en el terreno, a partir de las cuales se obtuvieron muestras representativas destinadas a la caracterización física y mecánica del suelo.

La muestra específica consistió en ocho unidades de suelo, de las cuales dos correspondieron al suelo patrón (sin relleno fluido) y seis al suelo tratado con distintos porcentajes de relleno fluido (6 %, 9 % y 12 %), de modo que estas últimas se distribuyeron de la siguiente manera: dos muestras con 6 % de relleno fluido, dos con 9 % y dos con 12 %; por consiguiente, este enfoque metodológico permitió evaluar cómo diferentes proporciones de relleno fluido influyeron en la capacidad portante del suelo, asegurando que los resultados fueran relevantes y aplicables a la totalidad del terreno analizado.

El muestreo no probabilístico por conveniencia es una técnica que consiste en seleccionar las unidades de análisis que se encuentran disponibles y accesibles para el investigador, basándose

en criterios prácticos como facilidad de acceso, tiempo, costo y representatividad directa del fenómeno de estudio (Hadi et al. 2023).

La selección de la muestra se basó en un enfoque de muestreo no probabilístico por conveniencia, sustentado en el criterio conjunto del investigador y del ingeniero asesor de la investigación, de modo que este enfoque consideró la accesibilidad y representatividad de los puntos dentro del área delimitada de 10 m x 28 m en el P.J.. Primero de Mayo, lo que facilitó la obtención de muestras que reflejaron las condiciones reales del terreno.

Asimismo, el proceso de muestreo se respaldó en las directrices establecidas por la norma E.050 Suelos y Cimentaciones, de modo que se garantizó que la selección y el número de muestras fueran acordes con los estándares técnicos y profesionales vigentes en el país; por consiguiente, el número de puntos de muestreo se determinó conforme a lo recomendado en la tabla N.º 2.3.2 de la norma E.050 (2020), en función del tipo de edificación, estableciéndose para este caso dos puntos de muestreo en el área de estudio, por lo tanto, la combinación del criterio técnico y la normativa vigente permitió asegurar la solidez metodológica y la validez de los datos recolectados para el análisis de la capacidad portante y el efecto del relleno fluido en el suelo investigado.

Tabla 2

Muestra de suelo según la norma E .050

Tipo de edificación	Número de puntos a investigar
A	1 cada 225 m ²
B	1 cada 450 m ²
C	1 cada 800 m ²
Urbanizaciones	3 por cada Ha. De terreno habilitado

Nota. Extraída de la tabla 06 de “Suelos y Cimentaciones” por Norma E.050 (2020, p. 14).

3.5. Operacionalización de Variables

3.5.1. Variable independiente: Relleno fluido.

Definición conceptual:

El relleno fluido es un material autocompactante compuesto generalmente por una mezcla de agua, cemento, agregados finos y, en ocasiones, aditivos o cenizas volantes, de modo que se emplea como sustituto del suelo compactado convencional para rellenos estructurales, nivelación de zanjas y estabilización de terrenos; su principal característica radica en que puede colocarse y nivelarse sin necesidad de equipos de compactación, ya que fluye fácilmente y adquiere resistencia suficiente para soportar cargas estructurales una vez fraguado (Huang et al., 2023).

Definición operacional:

Se midieron las propiedades físicas y mecánicas del compuesto formado por suelo y relleno fluido tanto en laboratorio como en campo, aplicando porcentajes de 6 %, 9 % y 12 % de relleno fluido respecto al peso seco del suelo; para cada porcentaje, se evaluó la propiedad mecánica mediante ensayos de capacidad portante, de modo que fue posible determinar cómo la variación del porcentaje de relleno fluido influye en la mejora de la capacidad portante del suelo del Pueblo Joven Primero de Mayo, ciudad de Nuevo Chimbote.

3.5.2. Variable dependiente: Capacidad portante del suelo.

Definición conceptual:

La capacidad portante del suelo se define como la máxima presión que puede soportar el suelo debajo de una cimentación sin experimentar fallas por corte o asentamientos excesivos, de modo que se garantiza la estabilidad y funcionalidad de la estructura soportada; además, esta propiedad depende de las características físicas y mecánicas del suelo, el tipo de cimentación y las condiciones de carga aplicadas (Rodas y Morales, 2023).

Definición operacional:

La capacidad portante del suelo se determinó mediante ensayos físicos y mecánicos en muestras tratadas (6%, 9%, 12%) y no tratadas con relleno fluido, evaluando el costo y la optimización alcanzada con diferentes porcentajes de adición, y utilizando estos resultados para el diseño de la cimentación superficial correspondiente en el P.J. Primero de Mayo.

3.6. Técnica e Instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnica

Observación

La observación es una técnica que consiste en registrar de manera sistemática, válida y confiable los datos y comportamientos relevantes del objeto de estudio, utilizando los sentidos o herramientas auxiliares (Arias y Covinos, 2021); en consecuencia, en esta investigación se aplicó la observación para recolectar información objetiva sobre las características físicas y mecánicas del suelo, además de los resultados obtenidos en los ensayos realizados tanto en laboratorio como en campo.

3.6.2. Instrumento

Ficha de observación

La ficha de observación es un instrumento estructurado que permite registrar de manera organizada y sistemática los datos recogidos mediante la técnica de observación, de manera que se asegura la integridad y validez de la información (Arias y Covinos, 2021); por otra parte, en este estudio se utilizó la ficha de observación para anotar los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio y campo, incorporando tanto los valores físicos y mecánicos del suelo como las observaciones técnicas relevantes.

Para asegurar la confiabilidad y validez de los instrumentos empleados en la investigación, se siguieron estrictamente los procedimientos y directrices establecidas en la normativa ASTM y NTP de manera que se proporcionó una base técnica y profesional sólida para la ejecución de los ensayos y la recolección de datos; asimismo, cada uno de los ensayos realizados en laboratorio fue supervisado y certificado mediante la firma del ingeniero especialista

responsable del área, lo que avaló la revisión y aprobación técnica en todas las etapas del proceso, por consiguiente, este procedimiento garantizó la integridad y calidad de los resultados obtenidos.

Los equipos utilizados en la ejecución de los ensayos contaron con certificados de calibración vigentes, dado que fueron sometidos a procesos periódicos de verificación y ajuste para asegurar su exactitud y precisión; además, la documentación de la confiabilidad se reforzó mediante un panel fotográfico de cada etapa del trabajo experimental, por lo que se proporcionó una evidencia visual y transparente de la correcta ejecución de los ensayos.

Las fichas de observación, estructuradas según las normas técnicas y la normativa nacional vigente, constituyeron los instrumentos principales para la recopilación de datos. Estas fichas se adaptaron a los siguientes estándares internacionales:

1. Análisis granulométrico por tamizado: ASTM D421- NTP 339.128
2. Clasificación de suelos (SUCS): ASTM D2487- NTP 339.134
3. Peso específico de los sólidos: ASTM D854 - NTP 339.131
4. Límites de consistencia: ASTM D4318- NTP 339.129
5. Contenido de humedad: ASTM D2216- NTP 339.127
6. Ensayo de corte directo: ASTM D3080 - NTP 339.171
7. Ensayo de penetración dinámica ligera: ASTM D-3441 - NTP 339.159

La validación de los instrumentos se realizó mediante juicio de expertos, para lo cual ingenieros especialistas en mecánica de suelos y ensayos de laboratorio revisaron la pertinencia, estructura y coherencia de cada ficha utilizada, garantizando su capacidad para registrar datos precisos y relevantes para los objetivos de la investigación.

PROCEDIMIENTO

Fase 1: Excavación y preparación de calicatas

- Se identificó el área de intervención, priorizando los puntos críticos para la mejora de la capacidad portante, conforme a los criterios de Díaz (2021) y lo dispuesto por la Norma E.050 (Art. 9.1).
- Se delimitó y señalizó el área de excavación para garantizar la seguridad y los accesos adecuados, siguiendo la E.050 (Art. 10.2.a).
- Se ejecutaron dos calicatas cuadradas de 1 m x 1 m y 1.5 m de profundidad, empleando herramientas manuales o maquinaria ligera, conforme a Díaz (2021), Mauricio (2024) y la E.050 (Art. 10.2.a, Art. 11.2.c).
- Se retiró y almacenó el material excavado en una zona próxima, respetando buenas prácticas ambientales (Xu et al., 2024; E.050 Art. 10.2.a).
- Se verificaron las dimensiones y el fondo de las calicatas, asegurando la exposición del estrato portante y la ausencia de material suelto o agua, según Consoli et al. (2021) y la E.050 (Art. 12.1.f).
- Se documentaron las condiciones iniciales en bitácora técnica, el tipo de suelo y observaciones relevantes, cumpliendo lo indicado por Díaz (2021) y la E.050 (Art. 12.1.e, 12.1.f).
- Se adoptaron todas las precauciones necesarias para evitar accidentes, conforme exige la E.050 (Art. 10.2.a).

Fase 2: Perforaciones en el fondo de las calicatas

- Se procedió a limpiar el terreno realizando tres huecos en distintas partes del área, excavando entre 40 y 50 cm de profundidad con el objetivo de eliminar las partículas de relleno no controlado presentes en la zona y asegurar que las inyecciones fueran uniformes a lo largo del diámetro, garantizando una superficie estable y libre de residuos, conforme a lo establecido en la E.050 (Art. 12.1.f).
- Se marcaron los puntos de perforación, distribuyendo homogéneamente siete huecos, conforme a criterios de uniformidad y simetría sugeridos por Consoli et al. (2021) y Xu et al. (2024).
- Se ejecutaron perforaciones perpendiculares al plano del suelo, con una profundidad de 1 m y un diámetro de 2 pulgadas, empleando una varilla adecuada para este fin, en concordancia con los procedimientos descritos por Mauricio Herhuay (2024), Xu et al. (2024) y Bhardwaj y Sharma (2023).
- Se verificaron alineación, profundidad y diámetro de las perforaciones, según Consoli et al. (2021) y Xu et al. (2024).

Fase 3: Preparación y dosificación del relleno fluido suelo-cemento

- Se seleccionaron y acopieron los materiales: suelo natural del sitio, cemento Portland tipo I y agua potable, asegurando su calidad según CE.020 (Art. 6.1.1.2).
- Se determinó el porcentaje de cemento respecto al peso seco del suelo, eligiendo valores entre 6 %, 9% y 12 %, conforme a la CE.020 (Art. 6.1.1.2) y García (2019): "...se adicionan diferentes porcentajes de cemento que varían desde el 0% hasta el 12% de peso en masa."
- Se calculó la cantidad de agua siguiendo Xu et al. (2024), quien recomienda controlar el contenido entre 40 % y 43 % del peso seco del suelo para garantizar suficiente fluidez:

“The water content should be controlled between 40% and 43% of the dry soil mass to ensure sufficient flowability and strength...”, y García (2019), quien reporta relaciones agua/suelo entre 0.35 y 0.42.

- Se mezclaron en seco el suelo y el cemento hasta obtener una coloración uniforme, luego se añadió el agua gradualmente y se agitó hasta lograr una mezcla homogénea y fluida, en línea con Paucar (2021) y García (2019).
- Se verificó la fluidez de la mezcla con el ensayo de asentamiento (slump), buscando un rango de 160 mm a 250 mm (Paucar, 2021).
- Se aseguró que la mezcla presentara la fluidez necesaria para penetrar y compenetrarse con los poros del suelo natural en las perforaciones, logrando así la densificación localizada del área intervenida y permitiendo evaluar la variación en la capacidad portante obtenida, conforme a lo reportado por Xu et al. (2024): “CLSM was poured into the test pits and penetrated into the adjacent soil pores...” y Paucar (2021).
- Se documentó toda la dosificación, pruebas y observaciones en bitácora de campo.

Fase 4: Inyección localizada del relleno fluido en perforaciones

- Se verificó la limpieza y estabilidad de las perforaciones antes de la colocación del relleno.
- Se vertió cuidadosamente el relleno fluido suelo-cemento únicamente en el interior de cada perforación (de 100 cm de profundidad y 2 pulgadas de diámetro), asegurando el llenado completo desde el fondo hasta el nivel superficial de la calicata, tal como recomiendan Xu et al. (2024) y Paucar (2021).
- Se utilizó una varilla manual que penetró hasta 30 cm dentro de la perforación para garantizar la compenetración, eliminar burbujas de aire y lograr un contacto íntimo entre el relleno y el suelo natural, conforme a García (2019).

- Se verificó visualmente que la mezcla emergiera a nivel superficial de cada perforación, confirmando el llenado total del espacio confinado, en concordancia con Xu et al. (2024) y CE.020.
- Se realizó un curado inicial durante 24 horas, protegiendo las perforaciones rellenas contra evaporación y contaminación externa, según la experiencia de García (2019).
- Se registraron todos los detalles de ubicación, número, profundidad, diámetro y condiciones de cada perforación rellenada, así como el comportamiento del relleno durante el vaciado y el curado, en la bitácora de campo.

Fase 5: Evaluación de la capacidad portante del suelo mejorado

- Se realizó el ensayo de penetración dinámica ligera (DPL) sobre el suelo mejorado, conforme a García (2019) y Díaz Bravo (2021).
- Se registraron los valores de golpeo y profundidad y se realizó la conversión de los resultados del DPL a valores equivalentes de SPT, empleando correlaciones validadas por Vilcas Carrasco (2022): “La conversión de los valores obtenidos con el DPL a valores equivalentes de SPT se realizó utilizando la ecuación propuesta por J. A. Jiménez Salas”.
- Se determinó el ángulo de fricción interna y la capacidad portante usando métodos tradicionales, conforme a Díaz (2021) y la E.050 (Art. 15.1).
- Se documentaron los resultados y cálculos en la bitácora técnica, incluyendo todas las conversiones y valores finales, según la práctica académica y profesional

3.7. Técnica de análisis de datos

Estadística descriptiva

La estadística descriptiva comprende el conjunto de procedimientos que permite organizar, resumir y presentar de forma gráfica o numérica la información obtenida en un estudio, de modo que facilita la interpretación inicial de los datos recolectados (Arias y Covinos, 2021); en este sentido, en esta investigación se aplicó la estadística descriptiva para organizar y resumir los resultados de los ensayos físicos y mecánicos del suelo, además de presentar tablas y gráficos de las capacidades portantes obtenidas, lo que permitió identificar tendencias y características predominantes en los datos.

Estadística inferencial

La estadística inferencial comprende un conjunto de procedimientos orientados a analizar, comparar y extraer conclusiones sobre una población, a partir de los resultados obtenidos en una muestra mediante métodos probabilísticos y pruebas estadísticas (Hadi et al., 2023); en la presente investigación, se aplicó la estadística inferencial mediante el análisis de varianza (ANOVA), lo que permitió establecer la significancia estadística de las diferencias observadas en la capacidad portante entre el suelo natural y el suelo tratado con diversos porcentajes de relleno fluido; este enfoque posibilitó la verificación de la hipótesis, que planteó que la utilización de relleno fluido en cimentaciones superficiales optimiza la capacidad portante del suelo en el P.J. Primero de Mayo, 2023.

Análisis económico

El análisis económico en proyectos de ingeniería consiste en el uso sistemático de métodos para formular, estimar y evaluar los resultados económicos de alternativas en diseño y ejecución, considerando flujos de caja, comparaciones costo–beneficio y viabilidad financiera (Elmardi y Muki, 2021); en este sentido, en esta investigación se aplicó el análisis económico para comparar los costos asociados con el uso de relleno fluido en distintos porcentajes (6 %, 9 %, 12 %), dado que se recopilaron datos actuales de precios de materiales, procesos constructivos y mano de obra, por consiguiente, este procedimiento permitió identificar la alternativa más rentable para optimizar la capacidad portante del suelo, lo que respaldó la toma de decisiones técnicas y económicas orientadas a garantizar la sostenibilidad y eficiencia del proyecto en el P.J.. Primero de Mayo.

Análisis técnico-estructural

El análisis técnico-estructural es un proceso sistemático que implica la estimación precisa de parámetros geotécnicos, la combinación de cargas estructurales y la aplicación de factores de seguridad para calcular y dimensionar la cimentación más adecuada, de modo que se garantice la estabilidad de la edificación (Parmar, 2022); en este contexto, en esta investigación se aplicó el análisis técnico-estructural utilizando los resultados cuantitativos de la capacidad portante optimizada para calcular, dimensionar y validar el diseño de la cimentación superficial, por lo que se aseguró el cumplimiento de los requisitos técnicos y normativos vigentes para la edificación proyectada en el P.J.. Primero de Mayo.

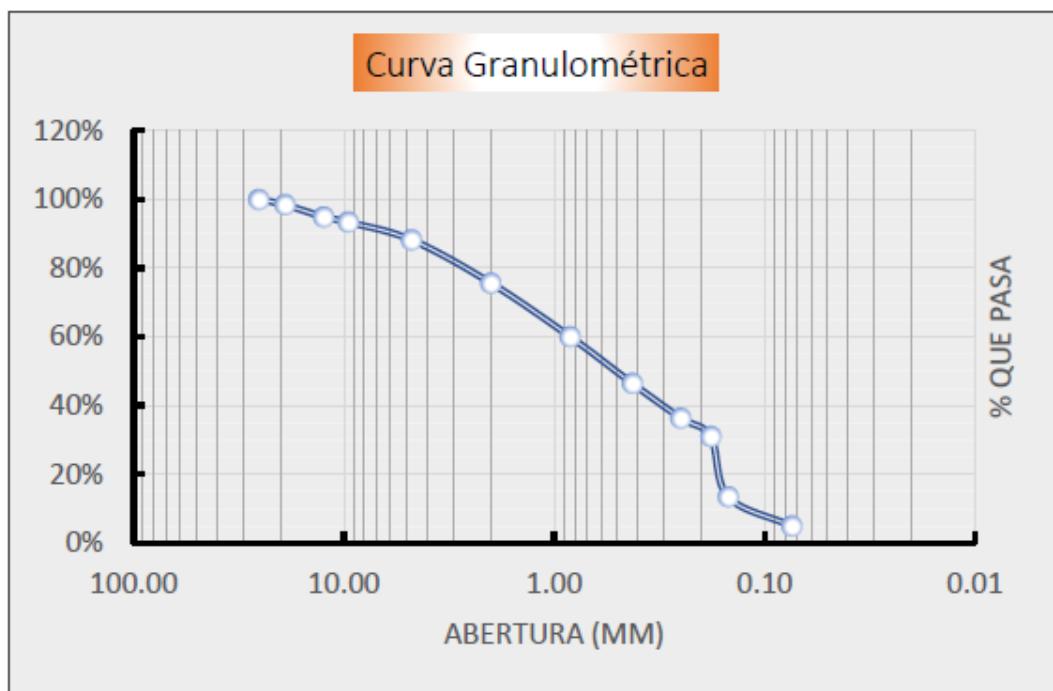
CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Características físicas y mecánicas del suelo en estado natural del P.J. Primero de Mayo, distrito de Nuevo Chimbote, 2023.

La figura 2 presentó la curva granulométrica obtenida del análisis de la muestra de suelo 01 de la calicata 01 la cual ilustró la distribución de los tamaños de partículas del suelo, mostrando el porcentaje acumulado de material que pasó a través de una serie de tamices con aberturas específicas.

Figura 2

Granulometría de la calicata 01 – Muestra 01



La calicata 01 reveló que el suelo era una arena mal graduada (SP) con baja plasticidad. La curva granulométrica, presentada en la figura 3, mostró que un 88.22% del material pasó por el tamiz N°4, mientras que un 4.97% pasó por el tamiz N°200. Esto indicó que el suelo contenía principalmente partículas gruesas con pocos finos.

La tabla 3 mostró los resultados obtenidos para la consistencia y el contenido de humedad del de la muestra de suelo 01 de la calicata 01.

Tabla 3

Consistencia y humedad del suelo de la calicata 01 – Muestra 01

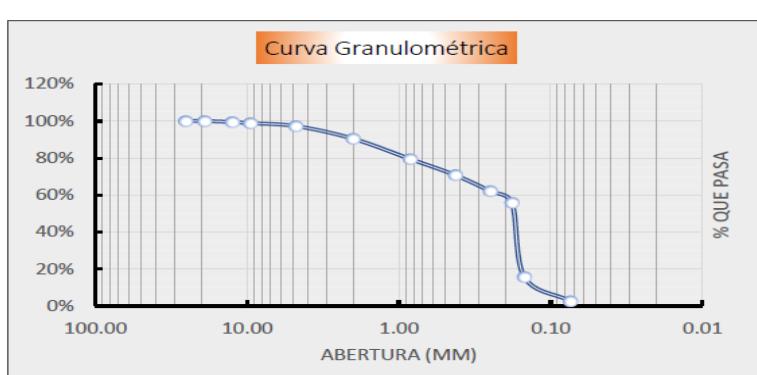
Consistencia del suelo	
Límite líquido	NP
Límite plástico	NP
Índice de plasticidad	NP
Contenido de humedad	
Porcentaje	9.16

En cuanto a la consistencia, el suelo se clasificó como no plástico (NP), ya que no se determinaron valores para el límite líquido, el límite plástico ni el índice de plasticidad. El contenido de humedad del suelo fue de 9.16%, indicando un nivel moderado de humedad en la muestra analizada. Estos datos fueron fundamentales para evaluar las propiedades físicas del suelo y su idoneidad para aplicaciones de ingeniería y construcción.

La figura 3 presentó la curva granulométrica obtenida del análisis de la muestra de suelo de la muestra 02 de la calicata 01 la cual ilustró la distribución de los tamaños de partículas del suelo, mostrando el porcentaje acumulado de material que pasó a través de una serie de tamices con aberturas específicas.

Figura 3

Granulometría de la calicata 01– Muestra 02.



Se realizó el análisis granulométrico de la calicata 02, el cual reveló que el suelo consistía en una arena mal graduada (SP). Según los datos obtenidos, el 97.27% del material pasó por el tamiz N°4, mientras que el 2.63% pasó por el tamiz N°200. Esto indicó que la mayor parte del suelo estaba compuesta por partículas gruesas, con una cantidad muy reducida de finos. El coeficiente de uniformidad (C_u) fue de 1.90 y el coeficiente de curvatura (C_c) fue de 1.20, lo cual confirmó que se trataba de una arena mal graduada. La tabla 4 mostró los resultados obtenidos para la consistencia y el contenido de humedad del suelo de la muestra 02 de la calicata 01.

Tabla 4

Consistencia y humedad del suelo de la calicata 01 — Muestra 02

Consistencia del suelo	
Límite líquido	NP
Límite plástico	NP
Índice de plasticidad	NP
Contenido de humedad	
Porcentaje	16.51

En cuanto a los límites de consistencia, no se registraron valores, ya que el suelo se clasificó como no plástico (NP). Esto significó que el suelo no tenía una fase plástica significativa y se comportaba principalmente como un material granular. El contenido de humedad promedio del suelo se determinó en 16.51%, lo cual reflejó un nivel de humedad relativamente alto. Este valor es importante para evaluar la compactación y la estabilidad del suelo en condiciones naturales. La tabla 5 mostró los resultados obtenidos para la consistencia y el contenido de humedad de la muestra de suelo 01 de la calicata 01.

Tabla 5

Peso específico y peso unitario del suelo de la calicata 01 — Muestra 01

Propiedad	Valor	
Peso Específico	1.228	gr/cm ³
Peso unitario Suelto	1481.83	Kg/m ³
Peso Unitario compactado	1658.43	Kg/m ³

Los resultados de la Tabla 5 indicaron que el suelo de la calicata 01 presentó un peso específico de 1.228 gr/cm³. El peso unitario suelto fue de 1381.83 Kg/m³, lo que señaló un suelo menos poroso en comparación con los valores anteriores. El peso unitario compactado fue de 1658.43 Kg/m³, lo que mostró una diferencia menor entre los valores sueltos y compactados, sugiriendo una compactación moderada del suelo, pero aún adecuado para proyectos que requirieran estabilidad.

La tabla 6 mostró los resultados obtenidos para la consistencia y el contenido de humedad de la muestra de suelo 02 de la calicata 01.

Tabla 6

Peso específico y peso unitario del suelo de la calicata 01 — Muestra 02

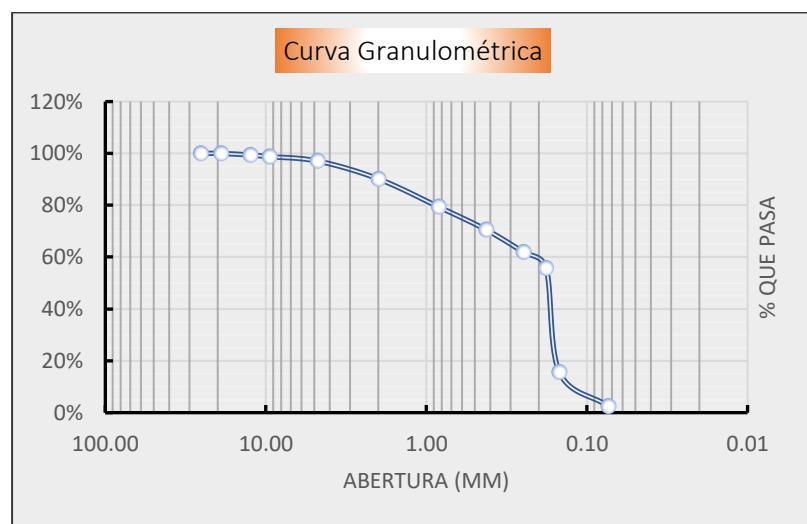
Propiedad	Valor
Peso Específico	1.278 gr/cm ³
Peso unitario Suelto	1526.08 Kg/m ³
Peso Unitario compactado	1727.35 Kg/m ³

Los resultados de la Tabla 6 mostraron que el suelo de la calicata 01 presentó un peso específico de 1.278 gr/cm³, lo que reflejó una alta densidad mineral. El peso unitario suelto fue de 1526.08 Kg/m³, lo que sugirió que el suelo tenía una porosidad relativamente alta en su estado natural. Tras la compactación, el peso unitario aumentó a 1727.35 Kg/m³, evidenciando una buena capacidad de compactación, lo que lo hizo adecuado para proyectos de construcción que requirieran estabilidad y resistencia del terreno.

La figura 4 presentó la curva granulométrica obtenida del análisis de la muestra de suelo 01 de la calicata 01 la cual ilustró la distribución de los tamaños de partículas del suelo, mostrando el porcentaje acumulado de material que pasó a través de una serie de tamices con aberturas específicas.

Figura 4

Granulometría de la calicata 02– Muestra 01



La calicata 02 reveló que el suelo era una arena mal graduada (SP). La curva granulométrica, presentada en la figura , mostró que un 97.06% del material pasó por el tamiz N°4, mientras que un 2.55% pasó por el tamiz N°200. Esto indicó que el suelo contenía principalmente partículas gruesas con pocos finos.

La tabla 7 mostró los resultados obtenidos para la consistencia y el contenido de humedad del de la muestra de suelo 01 de la calicata 01.

Tabla 7

Consistencia y humedad del suelo de la calicata 02 – Muestra 01

Consistencia del suelo	
Límite líquido	NP
Límite plástico	NP
Índice de plasticidad	NP
Contenido de humedad	
Porcentaje	8.85

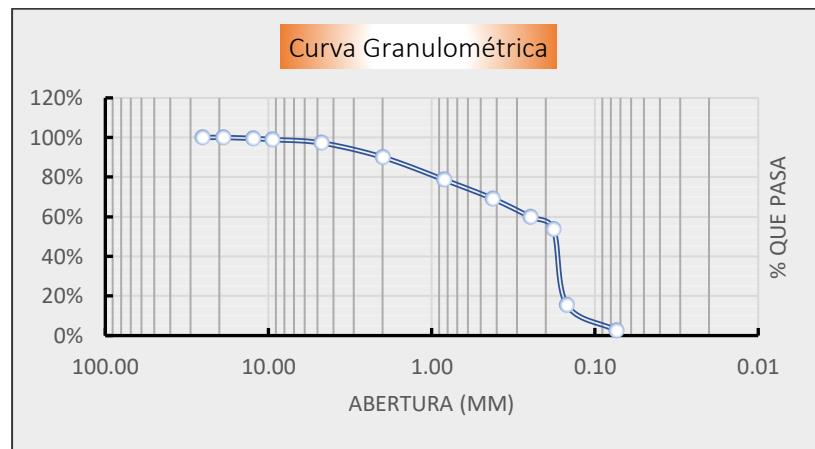
En cuanto a la consistencia, el suelo se clasificó como no plástico (NP), ya que no se determinaron valores para el límite líquido, el límite plástico ni el índice de plasticidad. El

contenido de humedad del suelo fue de 8.85%, indicando un nivel moderado de humedad en la muestra analizada.

La figura 5 presentó la curva granulométrica obtenida del análisis de la muestra de suelo de la muestra 02 de la calicata 02 la cual ilustró la distribución de los tamaños de partículas del suelo, mostrando el porcentaje acumulado de material que pasó a través de una serie de tamices con aberturas específicas.

Figura 5

Granulometría de la calicata 02– Muestra 02.



Se realizó el análisis granulométrico de la calicata 02, el cual reveló que el suelo consistía en una arena mal graduada (SP). Según los datos obtenidos, el 97.29% del material pasó por el tamiz N°4, mientras que el 2.61% pasó por el tamiz N°200. Esto indicó que la mayor parte del suelo estaba compuesta por partículas gruesas, con una cantidad muy reducida de finos. El coeficiente de uniformidad (C_u) fue de 1.92 y el coeficiente de curvatura (C_c) fue de 1.20, lo cual confirmó que se trataba de una arena mal graduada. La tabla 8 mostró los resultados obtenidos para la consistencia y el contenido de humedad del suelo de la muestra 02 de la calicata 02.

Tabla 8

Consistencia y humedad del suelo de la calicata 02 -- Muestra 02

Consistencia del suelo	
Límite líquido	NP
Límite plástico	NP
Índice de plasticidad	NP
Contenido de humedad	
Porcentaje	13.67

En cuanto a los límites de consistencia, no se registraron valores, ya que el suelo se clasificó como no plástico (NP). Esto significó que el suelo no tenía una fase plástica significativa y se comportaba principalmente como un material granular. El contenido de humedad promedio del suelo se determinó en 13.67%, lo cual reflejó un nivel de humedad relativamente alto. La tabla 9 mostró los resultados obtenidos para la consistencia y el contenido de humedad de la muestra de suelo 01 de la calicata 02.

Tabla 9

Peso específico y peso unitario del suelo de la calicata 02 -- Muestra 01

Propiedad	Valor
Peso Específico	1.269 gr/cm ³
Peso unitario Suelto	1482.28 Kg/m ³
Peso Unitario compactado	1659.49 Kg/m ³

Los resultados de la Tabla 9 indicaron que el suelo de la calicata 02 presentó un peso específico de 1.269 gr/cm³, lo que evidenció una ligera densidad superior respecto a la Tabla 10. El peso unitario suelto fue de 1482.28 Kg/m³, lo que señaló un suelo menos poroso en comparación con los valores anteriores. El peso unitario compactado fue de 1659.49 Kg/m³, lo que mostró una diferencia menor entre los valores sueltos y compactados, sugiriendo una compactación moderada del suelo, pero aún adecuado para proyectos que requirieran estabilidad.

La tabla 10 mostró los resultados obtenidos para la consistencia y el contenido de humedad de la muestra de suelo 02 de la calicata 02.

Tabla 10

Peso específico y peso unitario del suelo de la calicata 02 — Muestra 02

Propiedad	Valor	
Peso Específico	1.350	gr/cm ³
Peso unitario Suelto	1527.73	Kg/m ³
Peso Unitario compactado	1728.53	Kg/m ³

Los resultados de la Tabla 10 mostraron que el suelo de la calicata 02 presentó un peso específico de 1.350 gr/cm³, lo que reflejó una alta densidad mineral. El peso unitario suelto fue de 1527.73 Kg/m³, lo que sugirió que el suelo tenía una porosidad relativamente alta en su estado natural. Tras la compactación, el peso unitario aumentó a 1728.53 Kg/m³, evidenciando una buena capacidad de compactación, lo que lo hizo adecuado para proyectos de construcción que requirieran estabilidad y resistencia del terreno.

La Tabla 11 presentó los resultados obtenidos del ensayo de corte directo, los cuales permitieron determinar la capacidad portante del suelo de la calicata 01.

Tabla 11

Capacidad portante del suelo de la calicata 01

Capacidad portante del suelo -Norma E.050	
Profundidad de desplante, Df;(mts):	1.5
Peso Volumétrico del suelo; Gm (Ton/m ³):	1.3
Cohesión del suelo, c; (Ton/m ²):	0
Ángulo de fricción interna del suelo, Fi (grados):	27.5
Ancho o Radio del cimiento; B ó R (mts):	1.5
Tipo de suelo:1-Arcilloso firme / 2-Arcilloso blando / 3-Arenoso	3
Factor de seguridad, F.S.: (3.5 / 3.0 / 2.5)	3
qa, (Ton/m ²) =	11.5
qa, (Kg/cm ²) =	1.17

El análisis de la Tabla 11 permitió interpretar que la capacidad portante del suelo de la calicata 01, determinada mediante la Norma E.050 y utilizando los parámetros obtenidos del ensayo de corte directo, resultó adecuada para cimentaciones superficiales en suelos arenosos. La profundidad de desplante y el radio del cimiento se establecieron en 1.5 metros, mientras que el peso volumétrico del

suelo fue de 1.3 ton/m³ y la cohesión resultó nula, características propias de un suelo arenoso. El ángulo de fricción interna, de 27.5 grados, reforzó la clasificación del suelo como granular. El factor de seguridad adoptado fue de 3, garantizando un nivel apropiado de confiabilidad para el diseño. Finalmente, el cálculo de la capacidad portante admisible arrojó un valor de 1.17 kg/cm², equivalente a 11.5 ton/m², lo que indicó que el suelo evaluado podía soportar adecuadamente las cargas transmitidas por una cimentación superficial convencional.

La Tabla 12 presentó los resultados obtenidos del ensayo de corte directo, los cuales permitieron determinar la capacidad portante del suelo de la calicata 02

Tabla 12

Capacidad portante del suelo de la calicata 02

Capacidad portante del suelo -Norma E.050	
Profundidad de desplante, Df;(mts):	1.5
Peso Volumétrico del suelo; Gm (Ton/m3):	1.35
Cohesión del suelo, c; (Ton/m2):	0
Ángulo de fricción interna del suelo, Fi (grados):	28.1
Ancho o Radio del cimiento; B ó R (mts):	1.5
Tipo de suelo:1-Arcilloso firme / 2-Arcilloso blando / 3-Arenoso	3
Factor de seguridad, F.S.: (3.5 / 3.0 / 2.5)	3
qa, (Ton/m2) =	13.1
qa, (Kg/cm2) =	1.33

El análisis de la Tabla 12 permitió interpretar que la capacidad portante del suelo de la calicata 02, calculada mediante la Norma E.050 y los parámetros obtenidos del ensayo de corte directo, resultó favorable para el diseño de cimentaciones superficiales en suelos arenosos. Al igual que en la calicata anterior, la profundidad de desplante y el radio del cimiento fueron de 1.5 metros, el peso volumétrico del suelo fue de 1.35 ton/m³ y la cohesión fue nula, características propias de suelos granulares. El ángulo de fricción interna registrado fue de 28.1 grados, confirmando la clasificación arenosa del material. El factor de seguridad adoptado fue de 3, lo que garantizó la confiabilidad del diseño. El valor obtenido de capacidad portante admisible fue de 1.33 kg/cm², equivalente a 13.1 ton/m², superando ligeramente el valor de la calicata 01 y

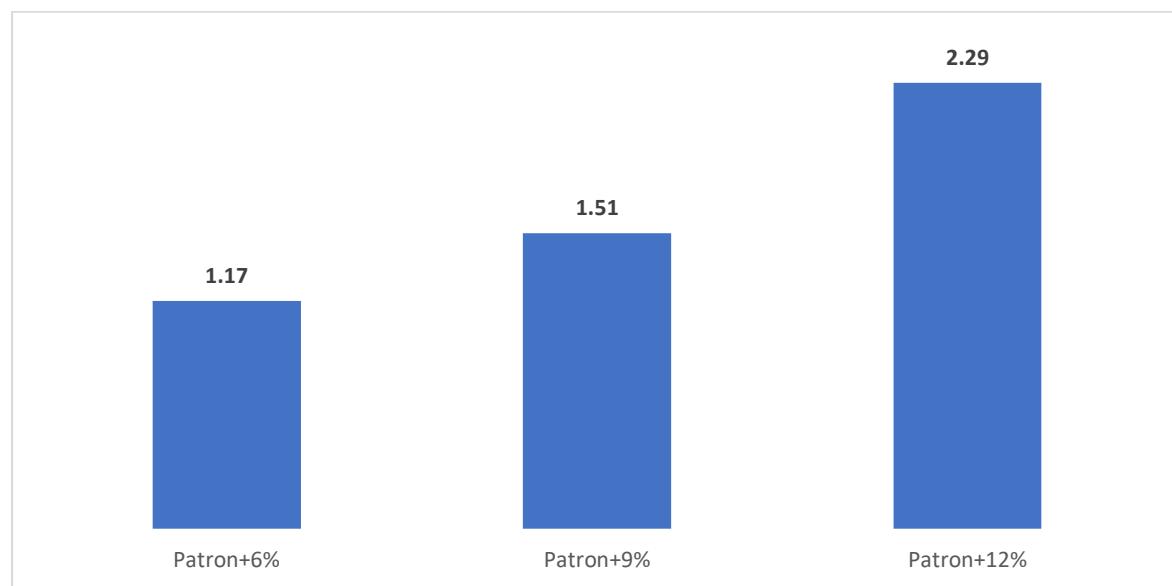
evidenciando que el suelo evaluado ofreció una mayor resistencia al soporte de cargas transmitidas por cimentaciones superficiales convencionales.

4.2. Capacidad portante del suelo optimizado con relleno fluido a diferentes porcentajes (6 %, 9 %, 12 %) en el P.J. Primero de Mayo, distrito de Nuevo Chimbote, 2023.

La Figura 6 mostró los resultados obtenidos sobre la capacidad portante de la muestra experimental evaluada a una profundidad de 1.5 metros en la calicata 01.

Figura 6

Capacidad portante de la muestra experimental a 1.5 m de profundidad de la calicata 01



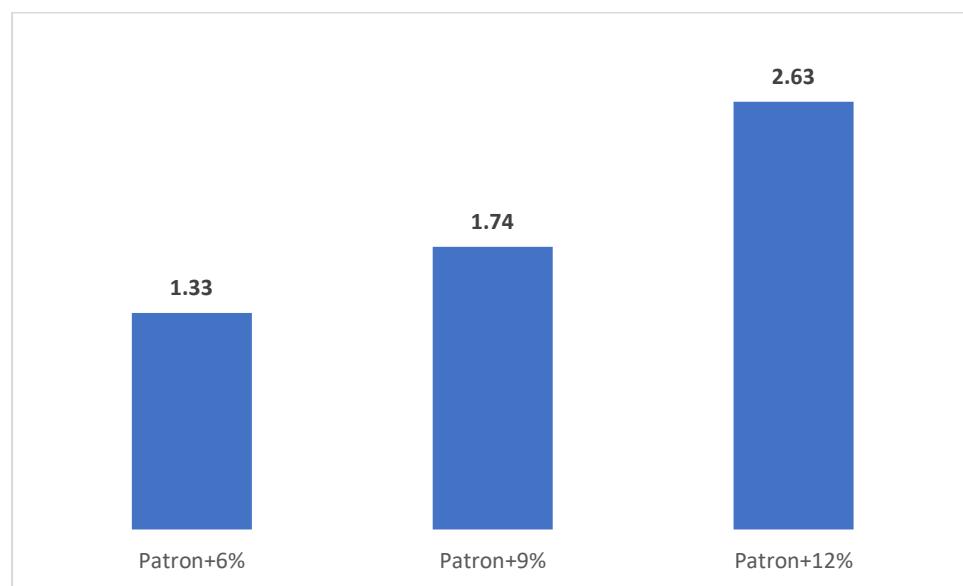
El análisis de la Figura 6 permitió corroborar que la capacidad portante de la muestra experimental de la calicata 01 aumentó progresivamente a medida que se incrementó el porcentaje de adición respecto al patrón. Se identificó que la muestra con 6 % alcanzó un valor de 1.17, la de 9 % llegó a 1.51 y la de 12 % alcanzó un máximo de 2.29. Este comportamiento evidenció que la incorporación de mayores porcentajes de adición contribuyó significativamente a mejorar la resistencia del suelo ante cargas aplicadas. Por tanto, estos resultados validaron la eficacia de la adición en el refuerzo del suelo para cimentaciones

superficiales, resaltando la importancia de ajustar el contenido de aditivo en función de los requerimientos estructurales del proyecto.

La Figura 7 mostró los resultados correspondientes a la capacidad portante de la muestra experimental evaluada a una profundidad de 1.5 metros en la calicata 02.

Figura 7

Capacidad portante de la muestra experimental a 1.5 m de profundidad de la calicata 02



El análisis de la Figura 7 permitió constatar que la capacidad portante de la muestra experimental en la calicata 02 incrementó de manera progresiva conforme se aumentó el porcentaje de adición respecto al patrón. Específicamente, la muestra con 6 % alcanzó un valor de 1.33, la de 9 % llegó a 1.74 y la de 12 % registró un máximo de 2.63. Este comportamiento reflejó que la adición progresiva no solo mejoró la resistencia del suelo ante cargas, sino que también evidenció un desempeño superior en comparación con la calicata 01. En consecuencia, los resultados confirmaron la efectividad del refuerzo para incrementar la capacidad portante del suelo, recomendando la utilización de porcentajes de adición más elevados cuando se requiera optimizar la estabilidad de cimentaciones superficiales.

4.3. Valoración económica de la optimización de la capacidad portante del suelo mediante el uso de relleno fluido en distintos porcentajes (6 %, 9 %, 12 %) en el P.J. Primero de Mayo, distrito de Nuevo Chimbote, 2023.

La Tabla 13 presentó la comparación de metrados entre la cimentación superficial sobre suelo en estado natural y sobre suelo con relleno fluido.

Tabla 13

Comparación de metrados

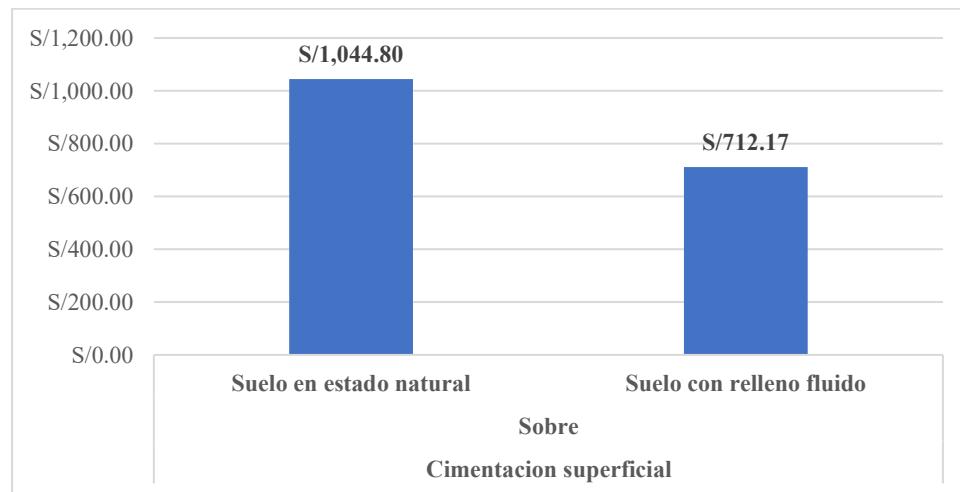
Ítem	Descripción	Unidad	Cimentacion superficial Sobre		Porcentaje
			Suelo en estado natural	Suelo con relleno fluido	
1.01	Trazo, niveles y replanteo preliminar	M2	2.250	1.44	36%
2.01	Excavación masiva con máquina	M3	3.600	2.304	36%
2.02	Relleno con material propio	M3	1.975	1.14912	42%
2.03	Eliminación de material excedente	M3	2.025	1.296	36%
3.01	Solado para zapatas E=4" fc 100 kg/cm ²	M2	0.225	0.144	36%
4.01	Relleno compactado del suelo natural	M3	0.338	0.216	36%
5.01	Zapatas: concreto fc=210 kg/cm ²	M3	1.350	0.864	36%
5.02	Acero de refuerzo				
5.02	FY=4200 kg/cm ² (barras 5/8")	KG	24.336	15.444	37%

El análisis de la Tabla 13 permitió evidenciar diferencias importantes en los metrados requeridos para la cimentación superficial sobre suelo en estado natural y sobre suelo con relleno fluido. Se observó que, en todas las partidas analizadas, los volúmenes y cantidades fueron menores cuando se empleó relleno fluido. Por ejemplo, la excavación masiva con máquina se redujo de 3.600 m³ a 2.304 m³, mientras que el relleno con material propio disminuyó de 1.975 m³ a 1.149 m³, representando reducciones del 36 % y 42 %, respectivamente. Del mismo modo, el consumo de concreto para zapatas y de acero de refuerzo se redujo en torno al 36 % y 37 %. Estos resultados reflejaron que el uso de relleno fluido optimizó el proceso constructivo, disminuyendo el volumen de obra y materiales empleados, lo cual puede traducirse en menores costos y una ejecución más eficiente del proyecto de cimentación.

La Figura 8 presentó la comparación de los costos de la cimentación superficial ejecutada sobre suelo en estado natural y sobre suelo tratado con relleno fluido en el proyecto ubicado en el P.J. Primero de Mayo, distrito de Nuevo Chimbote.

Figura 8

Costo de la cimentacion superficial sobre suelo en estado natural y sobre suelo con relleno fluido.



El análisis de la Figura 8 permitió evidenciar que la capacidad portante de la muestra experimental fue considerablemente mayor cuando se utilizó suelo en estado natural, alcanzando un valor de S/1,044.80, en comparación con el suelo tratado con relleno fluido, que registró S/712.17. Esta diferencia significativa indicó que el suelo en su estado original presentó mejores condiciones para soportar cargas bajo cimentación superficial, mientras que el uso de relleno fluido redujo la capacidad portante disponible. El análisis evidenció que la cimentación superficial sobre suelo con relleno fluido permitió obtener un ahorro del 31.8 % respecto al costo registrado en el suelo en estado natural, lo que reflejó una reducción significativa en el presupuesto de obra.

4.4. Diseño de una cimentación superficial de acuerdo con la capacidad admisible del suelo optimizado con relleno fluido en el P.J. Primero de Mayo, distrito de Nuevo Chimbote, 2023.

Tabla 14

Características de la cimentacion superficial

Características	Caso 1: Zapata 1.50 m × 1.50 m	Caso 2: Zapata 1.20 m × 1.20 m	Observación/Relevancia
Área de zapata (m ²)	2.25	1.44	Menor área en suelo mejorado
Carga transmitida (kg)	26,325	26,325	Igual en ambos casos
Capacidad portante (kg/cm ²)	1.17	2.29	Mejor capacidad portante = menor área
Espesor (H _n) (cm)	60	60	Igual, para control de punzonamiento
Peralte útil (d) (cm)	51.9	51.9	Igual (por control de flexión y punzonamiento)
Barras de 5/8" por sentido	8	6	Lo mismo, pero menos barras
Conclusión estructural	Cumple	Cumple	Ambos cumplen, pero el caso 2 es más eficiente

El análisis de la Tabla 14 permitió comparar las principales características estructurales de dos alternativas de zapata superficial. Se observó que el Caso 2 (zapata de 1.20 m × 1.20 m, sobre suelo mejorado) requirió un área significativamente menor (1.44 m²) respecto al Caso 1 (zapata de 1.50 m × 1.50 m, sobre suelo en estado natural, con 2.25 m²), manteniendo la misma carga transmitida en ambos casos. La capacidad portante fue considerablemente superior en el suelo mejorado (2.29 kg/cm² frente a 1.17 kg/cm²), lo que explicó la reducción en el área de zapata necesaria. Los espesores y peraltes útiles se mantuvieron iguales, garantizando el control adecuado de flexión y punzonamiento en ambas soluciones. Además, el número de barras de refuerzo requerido disminuyó en el caso de la zapata sobre suelo mejorado. Ambos diseños cumplieron con las exigencias estructurales, aunque el Caso 2 demostró ser más eficiente por optimizar el uso de materiales y reducir el área de cimentación requerida, sin comprometer la seguridad estructural.

4.5. Comprobación de la hipótesis

A continuación, se presentan los resultados de la prueba de normalidad aplicada a la variable capacidad portante, utilizando el estadístico de Shapiro-Wilk; dicha prueba fue seleccionada debido a que resulta especialmente adecuada para muestras de tamaño menor a 50, lo que garantiza una evaluación precisa de la adecuación de los datos a una distribución normal.

Tabla 15

Prueba de normalidad

Propiedad	Estadístico	gl	p
Capacidad Portante	0.830	8	0.06

Interpretación de la Prueba de Normalidad

Hipótesis:

- H_0 : Los datos tienen una distribución normal.
- H_a : Los datos no tienen una distribución normal.

Criterio de decisión:

- Si $p < 0.05$, se rechaza H_0 y se acepta H_a .
- Si $p \geq 0.05$, se acepta H_0 y se rechaza H_a .

Resultado:

La prueba de Shapiro-Wilk arroja un valor $p = 0.06$ que es mayor a 0.05.

Conclusión:

Dado que el valor de p fue mayor o igual a 0.05, no se rechazó la hipótesis nula, en consecuencia, se concluyó que los datos de capacidad portante presentaron una distribución

normal; de este modo, fue posible continuar con pruebas estadísticas paramétricas para el análisis de los resultados.

Con base en los resultados obtenidos de la prueba de normalidad, se verificó que los datos presentaron una distribución normal, por lo tanto, se procedió a aplicar el análisis de varianza (ANOVA), ya que este método estadístico requiere que los datos cumplan con el supuesto de normalidad, de modo que se garantice la validez de los resultados.

Hipótesis general:

H0: El uso de relleno fluido en cimentaciones superficiales no optimiza la capacidad portante del suelo en el P.J. Primero de Mayo, 2023.

H1: El uso de relleno fluido en cimentaciones superficiales optimiza la capacidad portante del suelo en el P.J. Primero de Mayo, 2023.

Tabla 16

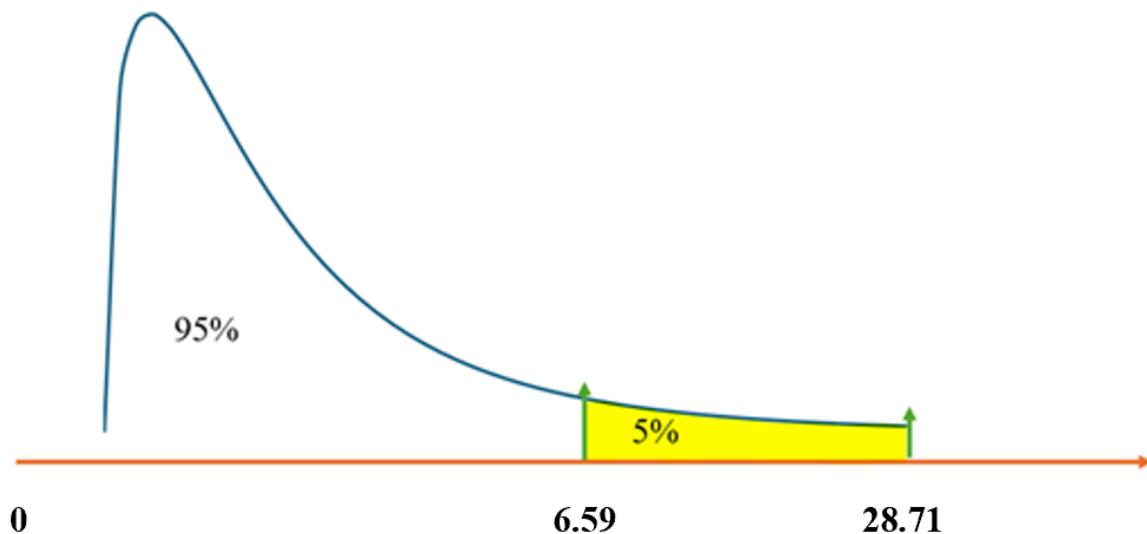
Análisis ANOVA

Grupos	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	2,090	3	,697	28,710	,004
Intra-grupos	,097	4	,024		
Total	2,187	7			

El análisis de varianza (ANOVA) mostró que el valor de significancia fue 0.004, es decir, un valor inferior al nivel de significancia de 0.05, por este motivo se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alternativa; en consecuencia, se concluyó que el uso de relleno fluido en el suelo del P.J.. Primero de Mayo optimizó la capacidad portante para su utilización en cimentaciones superficiales, dado que se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos analizados.

Figura 9

Distribución F para la capacidad portante del suelo con relleno fluido (0%, 6 %, 9 %, 12 %)



Además, en la figura 9, se evidenció que el valor estadístico F (28.71) fue mayor al valor crítico de F (6.59), lo que llevó a rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa, confirmando así que el relleno fluido mejoró significativamente la capacidad portante del suelo.

4.6. Discusión

En base a los resultados obtenidos y a la prueba de hipótesis presentada en la Tabla 16 y la Figura 09, se observó que el valor p resultó menor al nivel de significancia del 5%. Por ello, se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis de investigación, concluyéndose que el uso de relleno fluido en cimentaciones superficiales optimiza la capacidad portante del suelo en el P.J. Primero de Mayo, 2023.

Discusión 01: Al determinar las características físicas y mecánicas del suelo en estado natural del P.J. Primero de Mayo, distrito de Nuevo Chimbote, se identificó que el material corresponde a una arena mal graduada (SP), de baja plasticidad y predominantemente granular. Las curvas granulométricas muestran que más del 88 % de las partículas pasan por el tamiz N°4 y menos del 5 % por el tamiz N°200, lo cual confirma la ausencia significativa de finos. Los contenidos de humedad, entre 8.85 % y 16.51 %, así como los valores de peso específico y peso unitario compactado, reflejan una densidad y compactación adecuadas para aplicaciones de ingeniería civil. La capacidad portante determinada mediante la Norma E.050, con valores de 1.17 kg/cm² y 1.33 kg/cm², valida que el suelo en estado natural resulta apto para cimentaciones superficiales convencionales, aunque permanece por debajo del umbral de 2 kg/cm², como se estableció en la hipótesis inicial.

De acuerdo con Bhardwaj y Sharma (2023), los suelos arenosos mal graduados presentan baja plasticidad y limitada capacidad portante, por lo que frecuentemente requieren mejoras para garantizar estabilidad estructural. De igual forma, Dalal et al. (2022) y Xu et al. (2024) señalan que la presencia de arenas poco cohesivas en áreas urbanas demanda la evaluación de intervenciones adicionales para evitar asentamientos diferenciales, recomendando siempre caracterizar previamente el suelo antes de cualquier solución de mejora. Por su parte, Consoli et al. (2021) destacan que los suelos granulares sin cohesión suficiente pueden asegurar

estabilidad solo si se refuerzan mediante técnicas apropiadas, como la estabilización con suelo-cemento. En el contexto nacional, los hallazgos de Paitán (2024), Mauricio (2024), Soto y Soto (2022) y Paucar (2021) refuerzan la importancia de caracterizar el estado natural del suelo antes de definir el tipo de cimentación y la necesidad de soluciones alternativas para mejorar el comportamiento estructural.

Se coincide plenamente con los autores internacionales y nacionales, pues los resultados técnicos muestran que el suelo, a pesar de su adecuada densidad y comportamiento granular, presenta una capacidad portante limitada que restringe su uso seguro para cargas elevadas. En consecuencia, es imprescindible que en futuras edificaciones de mayor magnitud se contemple la estabilización del terreno mediante rellenos fluidos, suelo-cemento o tecnologías afines, con ensayos previos de validación en campo. Además, se recomienda realizar campañas de muestreo más extensas para verificar la homogeneidad del subsuelo y monitorear las variaciones estacionales del contenido de humedad, factores que pueden afectar de manera crítica la respuesta estructural del terreno. Estos criterios asegurarán el diseño eficiente y seguro de cimentaciones en la zona, evitando fallas por asentamiento o pérdida de capacidad de soporte. Finalmente, futuras investigaciones deberían comparar *in situ* la mejora efectiva obtenida con diversas tecnologías de estabilización, considerando tanto el desempeño estructural como la optimización de costos.

Discusión 02: Al medir la capacidad portante del suelo optimizado con relleno fluido a diferentes porcentajes (6 %, 9 %, 12 %) en el P.J. Primero de Mayo, distrito de Nuevo Chimbote, se observó un incremento progresivo de la resistencia, pasando de 1.17 a 2.29 kg/cm² en la calicata 01 y de 1.33 a 2.63 kg/cm² en la calicata 02. Esto demuestra que la adición de relleno fluido genera una mejora efectiva sobre la muestra patrón (arena mal

graduada), permitiendo incluso superar el umbral de 2 kg/cm^2 a partir del 12 % de dosificación, lo que no era posible con el suelo natural.

Bhardwaj y Sharma (2023) aplicaron el método de elementos finitos (ABAQUS) y ensayos comparativos para cimentaciones sobre arena estabilizada con melaza, arena con cal y arena con residuos de fundición. Encontraron que la capacidad portante aumentó hasta un 50 % respecto al suelo patrón, dependiendo del aditivo, y que la mejora fue más notoria en suelos originalmente arenosos con baja cohesión. Dalal et al. (2022) emplearon una mezcla de fracciones finas de residuos sólidos municipales en arenas y, mediante análisis de interacción suelo-estructura, reportaron incrementos del 40 % al 60 % en la capacidad portante frente a la condición natural, utilizando ensayos de carga directa. Xu et al. (2024), mediante aplicación de Controlled Low-Strength Materials (CLSM) en arenas y limos de Suqian, China, reportaron un aumento de la capacidad portante de 391.6 kPa a 987.6 kPa (151% de incremento) tras optimizar el contenido de cemento al 12 %, y emplearon ensayos de carga a escala real para su validación. Consoli et al. (2021) llevaron a cabo pruebas de carga de placa sobre suelos arenosos reforzados con suelo-cemento, observando incrementos de la capacidad portante de 120 kPa hasta 260 kPa (más del 100 %), con mejoras dependientes de la relación cemento/suelo y el espesor de la capa tratada.

En el contexto nacional, Paitán (2024) evaluó el uso de relleno fluido como sustituto en suelos arenosos y registró un incremento de la capacidad portante de 1.5 a 2.5 kg/cm^2 al utilizar una mezcla cemento-suelo al 12 %, aplicando ensayos de carga directa. Mauricio (2024) obtuvo mejoras del 30 % al 60 % en la capacidad portante de suelos arenosos mediante dosificaciones de 8 % y 12 % de cemento, utilizando ensayos estándar de corte y compresión. Por su parte, Soto y Soto (2022) y Paucar (2021) corroboraron resultados similares en arenas de baja plasticidad al aplicar metodologías peruanas y ensayos normalizados para cada caso.

Se está de acuerdo con Bhardwaj y Sharma (2023), Dalal et al. (2022) y Consoli et al. (2021), quienes sostienen que la mejora de la capacidad portante debe validarse con una combinación de ensayos de carga en campo y simulaciones numéricas FEM, ya que este enfoque permite anticipar el desempeño real del suelo optimizado bajo distintas condiciones estructurales y de carga. Igualmente, los hallazgos de Paitán Benito (2024), Mauricio (2024), Soto Ventura (2022) y Paucar (2021) en el contexto peruano respaldan la eficacia de integrar ambos métodos, pues resaltan la importancia de verificar resultados *in situ* y adaptar la metodología a cada tipo de suelo. No obstante, se discrepa parcialmente con Xu et al. (2024), quien prioriza los ensayos experimentales a escala real sin destacar el valor predictivo de las simulaciones, lo que puede limitar la evaluación integral en proyectos de mayor complejidad. Por ello, se recomienda adoptar un enfoque combinado de validación, empleando tanto pruebas de carga en campo como simulaciones numéricas avanzadas, para garantizar un diseño de cimentaciones seguro, eficiente y alineado a las mejores prácticas internacionales.

Discusión 03: Al valorar económicamente la optimización de la capacidad portante del suelo mediante el uso de relleno fluido en porcentajes de 6 %, 9 % y 12 % en el P.J. Primero de Mayo, distrito de Nuevo Chimbote, se evidenció que la incorporación del aditivo generó una reducción significativa en metrados y costos directos de obra. Las partidas como excavación masiva, relleno, concreto para zapatas y acero de refuerzo disminuyeron entre 36 % y 42 % respecto a la solución convencional sobre suelo en estado natural. Asimismo, el costo total de la cimentación superficial sobre suelo tratado con relleno fluido fue de S/712.17, frente a S/1,044.80 registrado en el suelo natural, lo que representa un ahorro del 31.8 % en el presupuesto de obra. Estos resultados demuestran que el empleo de relleno fluido optimiza el proceso constructivo, reduce la cantidad de materiales empleados y permite alcanzar una capacidad portante adecuada para cimentaciones superficiales, generando además un impacto

favorable en la economía del proyecto. Los resultados validan la hipótesis planteada, pues el uso de relleno fluido al 12 % permite obtener no solo la mayor capacidad portante respecto a los porcentajes evaluados, sino también un ahorro económico superior al 20 % comparado con la alternativa convencional, como se comprobó en el análisis de costos directos y metrados de obra.

En la literatura internacional, Bhardwaj y Sharma (2023) demostraron que la estabilización de suelos con aditivos puede reducir los costos de cimentación hasta en un 35 % al disminuir el volumen de excavaciones y concreto, además de aumentar la capacidad portante, empleando análisis económico sobre resultados simulados y experimentales. Dalal et al. (2022) reportaron ahorros cercanos al 30 % en proyectos viales y de fundaciones, combinando el uso de materiales residuales y técnicas de compactación optimizada. Xu et al. (2024) confirmaron que el empleo de materiales de baja resistencia controlada no solo mejora la capacidad portante sino que reduce los costos de ejecución y el tiempo de obra hasta en un 25 %, validando los beneficios económicos a partir de ensayos a escala real. Consoli et al. (2021) señalaron que el uso de suelo-cemento en capas de fundación genera una reducción significativa en el uso de materiales tradicionales y costos, sin sacrificar la capacidad de soporte, aunque destacan la importancia de un diseño ajustado y la dosificación óptima para cada caso.

En el contexto peruano, Paitán (2024) y Mauricio (2024) identificaron que la aplicación de relleno fluido en suelos arenosos puede reducir los costos de cimentación superficial entre 25 % y 38 %, además de mejorar la resistencia mecánica del terreno. Soto y Soto (2022) y Paucar (2021) respaldan estas cifras, destacando la necesidad de ajustar la dosificación y el tipo de aditivo en función de los requerimientos estructurales y el análisis económico del proyecto.

Se está de acuerdo con Bhardwaj y Sharma (2023), Dalal et al. (2022), Consoli et al. (2021) y la mayoría de autores nacionales, en que la integración del análisis técnico y económico es

esencial para la optimización de cimentaciones. No obstante, se discrepa parcialmente con Xu et al. (2024), ya que priorizar únicamente ensayos a escala real puede no reflejar el potencial de ahorro cuando no se complementa con análisis de simulación o ajuste de diseño. Se recomienda, por tanto, que toda evaluación económica de mejoramiento de suelos incluya tanto la verificación en campo (con ensayos y metrados reales) como simulaciones de costos y desempeño mediante herramientas digitales o modelos predictivos. Esta estrategia permite tomar decisiones más informadas y alineadas a las condiciones específicas del proyecto y a las mejores prácticas internacionales.

Discusión 04: Al formular el diseño de cimentación superficial apropiado según la capacidad portante del suelo optimizado con relleno fluido en el P.J. Primero de Mayo, distrito de Nuevo Chimbote, se evidenció que la mejora de la capacidad portante permitió reducir significativamente el área mínima de la zapata requerida. El análisis estructural comparó dos alternativas: la tradicional (zapata de 1.50 m × 1.50 m sobre suelo natural, 2.25 m² de área y 1.17 kg/cm² de capacidad portante) y la optimizada (zapata de 1.20 m × 1.20 m sobre suelo mejorado, 1.44 m² de área y 2.29 kg/cm² de capacidad portante). Ambos diseños soportan la misma carga y cumplen los requisitos normativos, pero la optimización reduce el uso de concreto y acero de refuerzo, así como la superficie de cimentación, sin comprometer la seguridad estructural.

Este resultado confirma la hipótesis planteada: el diseño basado en la capacidad portante del suelo mejorado permite una reducción efectiva de dimensiones y materiales, cumpliendo los parámetros de seguridad y servicio de la Norma Técnica Peruana E.050.

Comparando con autores internacionales, Bhardwaj y Sharma (2023) demostraron que la mejora de suelos mediante estabilización permite reducir hasta en 30 % las dimensiones de zapatas, utilizando simulaciones FEM y ensayos de carga, siempre garantizando la seguridad

estructural. Dalal et al. (2022) y Xu et al. (2024) reportaron que el uso de materiales alternativos o rellenos controlados permite disminuir el área de cimentación y optimizar el diseño, destacando el beneficio en obras de infraestructuras urbanas. Consoli et al. (2021) encontraron que la aplicación de suelo-cemento en capas de fundación permite reducir espesores y peralte sin afectar el desempeño estructural, apoyándose en pruebas experimentales y modelación teórica.

En el contexto nacional, Paitán (2024) y Mauricio (2024) evidenciaron que, tras optimizar la capacidad portante con relleno fluido, la superficie mínima de cimentación puede disminuir en más de un 30 %, lo que se traduce en menos materiales y menores costos sin sacrificar seguridad. Soto (2022) y Paucar (2021) respaldan esta mejora, recomendando siempre validar los diseños mediante cálculos estructurales y ensayos específicos para cada contexto.

Se coincide con Bhardwaj y Sharma (2023), Dalal et al. (2022), Consoli et al. (2021) y los autores nacionales en que la optimización del diseño de cimentaciones sobre suelos mejorados resulta eficaz y económicamente conveniente, siempre que se sigan procedimientos estructurales rigurosos y adaptados a cada contexto. Sin embargo, se observa que Xu et al. (2024) tiende a generalizar resultados sin considerar suficientemente la variabilidad de condiciones locales y los requisitos normativos específicos de cada país, lo que puede limitar la aplicabilidad de sus recomendaciones fuera del entorno evaluado. Por ello, se recomienda que los diseños de cimentaciones optimizadas con relleno fluido siempre sean ajustados a la normativa nacional (como la E.050 peruana) y a un estudio detallado de las características geotécnicas de cada sitio, empleando tanto verificación experimental como simulación estructural avanzada para asegurar resultados fiables y transferibles.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Al determinar las características físicas y mecánicas del suelo en estado natural del P.J.

Primero de Mayo, se concluye lo siguiente:

Propiedad / Ensayo	Calicata 1 -	Calicata 1 -	Calicata 2 -	Calicata 2 -
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 1	Muestra 2
Clasificación SUCS			SP	
% material Tamiz N°4	88.22	97.27	97.06	97.29
% material Tamiz N°200	4.97	2.63	2.55	2.61
Límite Líquido (LL)			NP	
Límite Plástico (LP)			NP	
Índice de Plasticidad (IP)			NP	
Contenido de Humedad (%)	9.16	16.51	8.85	13.67
Peso específico (gr/cm ³)		1.278		1.35
Peso unitario suelto (kg/m ³)	1526.08	1481.83	1527.73	1482.28
Peso unitario compactado (kg/m ³)	1727.35	1658.43	1728.53	1659.49
Cohesión, c (ton/m ²)			0	
Ángulo de fricción, φ (°)		27.5		28.1
Peso volumétrico (ton/m ³)			1.4	
Prof. de desplante, Df (m)			1.5	
Ancho cimiento, B (m)			1.5	
Factor de seguridad, FS			3	
Capacidad portante, qa (ton/m ²)	11.5		13.1	
Capacidad portante, qa (kg/cm ²)	1.17		1.33	

El material predominante corresponde a una arena mal graduada (SP), con bajo contenido de finos, ausencia de plasticidad y comportamiento netamente granular. Los valores de contenido de humedad oscilaron entre 8.85 % y 16.51 %, mientras que el peso específico promedio fue de aproximadamente 1.4 gr/cm³ en todas las muestras analizadas. Las pruebas de corte directo mostraron cohesión nula y un ángulo de fricción interna de 27.5 ° y 28.1 °, lo cual confirma la resistencia del suelo por fricción más que por cohesión. Finalmente, la capacidad portante admisible, varió entre 1.17 kg/cm² y 1.33 kg/cm², indicando que el terreno en su estado natural ofrece condiciones favorables de soporte y estabilidad para el diseño y construcción de cimentaciones superficiales convencionales.

- Al medir la capacidad portante del suelo optimizado con relleno fluido a diferentes porcentajes (6 %, 9 %, 12 %) en el P.J. Primero de Mayo, se concluye lo siguiente:

Porcentaje de adición (%)	Calicata 01 (kg/cm²)	Calicata 02 (kg/cm²)
6%	1.17	1.33
9%	1.51	1.74
12%	2.29	2.63

El incremento progresivo del porcentaje de aditivo permitió mejorar significativamente la resistencia del terreno en ambas calicatas evaluadas. En la calicata 01, la capacidad portante aumentó de 1.17 kg/cm² con 6 % de adición a 2.29 kg/cm² con 12 %, mientras que en la calicata 02 se incrementó de 1.33 kg/cm² a 2.63 kg/cm² en el mismo intervalo de adición, por lo tanto, estos resultados evidenciaron que la incorporación de mayores porcentajes de relleno fluido optimiza la capacidad portante del suelo, favoreciendo el diseño de cimentaciones superficiales más eficientes y seguras en la zona de estudio.

- Al valorar económicamente la optimización de la capacidad portante del suelo mediante el uso de relleno fluido en distintos porcentajes (6 %, 9 %, 12 %) en el P.J. Primero de Mayo, se concluye lo siguiente:

Condición del terreno	Costo total (S.)
Suelo en estado natural	S/ 1,044.80
Relleno fluido	S/ 712.17

Esta alternativa permitió reducir el costo total de la cimentación superficial de S/ 1,044.80 a S/ 712.17, lo que representa un ahorro del 32 %. Este resultado evidencia que el uso de relleno fluido no solo incrementa la capacidad portante del suelo, sino que también optimiza los costos del proyecto, haciendo más eficiente la solución estructural.

- Al formular el diseño de cimentación superficial apropiado según la capacidad portante del suelo optimizado con relleno fluido en el P.J. Primero de Mayo, se concluye lo siguiente:

Característica	Caso 1: Zapata 1.50 m × 1.50 m	Caso 2: Zapata 1.20 m × 1.20 m
Longitud de lado (m)	1.50	1.20
Área de zapata (m²)	2.25	1.44
Barras de 5/8" por sentido	8	6
Peralte útil (cm)	51.9	51.9

Las dimensiones de la zapata y la cantidad de acero requerido se redujeron de manera significativa, manteniéndose constante el peralte útil. En suelo natural, se empleó una zapata de 1.50 m × 1.50 m y ocho barras de 5/8" por sentido, mientras que en el suelo mejorado se utilizó una zapata de 1.20 m × 1.20 m y seis barras de 5/8" por sentido, con un peralte útil de 51.9 cm en ambos casos. Esta optimización estructural demuestra que el mejoramiento del suelo con relleno fluido permite disminuir el área de cimentación y el consumo de materiales, generando una solución más eficiente en términos técnicos y económicos para el proyecto.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda a los especialistas en geotecnia tener en cuenta que la zona del pueblo joven Primero de Mayo presenta un suelo clasificado como arena mal graduada (SP), con una capacidad portante entre 1.17 y 1.33 kg/cm². Para garantizar la estabilidad y resistencia de las futuras estructuras, se recomienda mejorar el suelo antes de ejecutar cualquier cimentación en la zona.
- Se recomienda a los ingenieros geotécnicos del P.J. Primero de Mayo considerar como alternativa técnica la incorporación de relleno fluido hasta un 12 % en suelos clasificados como arena mal graduada (SP), dado que este procedimiento, según los resultados obtenidos, incrementa de manera significativa la capacidad portante del terreno.
- Se recomienda a los ingenieros residentes y responsables de la ejecución de cimentaciones superficiales en el P.J. Primero de Mayo priorizar el uso de relleno fluido como alternativa técnica, ya que permite reducir los metrados de excavación, relleno, concreto y acero en hasta un 42 % respecto al suelo natural. Además, este procedimiento genera un ahorro del 32 % en el costo total de la cimentación, optimizando los recursos y favoreciendo la eficiencia y rentabilidad del proyecto.
- Se recomienda a los proyectistas del P.J. Primero de Mayo emplear el mejoramiento del suelo con relleno fluido como alternativa técnica y considerar la utilización de zapatas de 1.20 m × 1.20 m en el diseño de cimentaciones superficiales para la zona. Esta solución, sustentada en los resultados de esta investigación, permite optimizar el uso de materiales, reducir costos y asegurar la eficiencia y estabilidad estructural de los proyectos en el área de estudio.

-
- Se recomienda priorizar la mejora de suelos mediante relleno fluido en proyectos de cimentaciones superficiales en arenas. Es fundamental validar los resultados mediante ensayos de carga directa en campo y complementarlos con simulaciones numéricas avanzadas, como análisis FEM, para garantizar un diseño seguro y eficiente.

CAPITULO VI:

REFERENCIAS

BIBLIOGRÁFICAS

Aguirre, V. (2022). *Mejoramiento de la capacidad portante del suelo en la construcción de viviendas multifamiliares del proyecto nuevo nogales - etapa 5 y 6, distrito el Agustino, Lima 2022* [Tesis de Pregrado, Universidad Privada del Norte, Perú].

Alvarado Fernandez, C. N., & Felipa Gonzales, M. A. (2024). *Optimización del espesor de una platea de una edificación con el uso de columnas de grava para el mejoramiento del suelo en la Universidad Tecnológica del Perú – Chiclayo* [Trabajo de suficiencia profesional para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Facultad de Ingeniería, Programa Académico de Ingeniería Civil].
<http://hdl.handle.net/10757/683069>

Arias González, J. L., & Covinos Gallardo, M. (2021). *Diseño y metodología de la investigación* (1.^a ed.). Enfoques Consulting EIRL. <https://www.tesisconjosearias.com/>

Bayanca, C. (2019). *Análisis Comparativo entre Suelo Cemento y Hormigón Pobre, como Material de Sustento para diferentes tipos de Cimentación Superficial, que requieren estas alternativas* [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Ecuador].

BBC Mundo (2017). ¿Por qué algunos edificios se derrumbaron y otros no en el terremoto de México? Recuperado de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-41342143>

Bhardwaj, A., & Sharma, R. K. (2023). Bearing capacity evaluation of shallow foundations on stabilized layered soil using ABAQUS. *Studia Geotechnica et Mechanica*, 45(1), 55–71. <https://doi.org/10.2478/sgem-2022-0026>

Cabana, E. (2021). *Suelo Arenoso Mejorado con Cemento empleado como Relleno Controlado para Cimentaciones Superficiales y Determinación de los Parámetros de Diseño, Parcona - Ica, 2021*[Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo, Perú].

Canchis Gutarra, J. J., & Velásquez Ruiz, C. M. (2021). *Análisis comparativo entre geotextil y relleno fluido para una cimentación superficial de un edificio multifamiliar de 5 pisos en Surco* [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Ricardo Palma, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Civil].

Catunta Flores, C. A. (2023). *Influencia de cal y concreto reciclado en propiedades físicas y mecánicas de suelos blandos remoldeados para cimentaciones, San Miguel, Puno, 2023* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ingeniería, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil].

Cerna, J. (2020). *Potencial de expansión y capacidad portante del suelo de la carretera del Colcap en la subrasante al adicionar ceniza de cascara de arroz, Colcap, Cáceres del Perú, Ancash-2020* [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo, Perú].

Coduto, D. P., Kitch, W. A., & Yeung, M. R. (2016). *Foundation design: Principles and practices* (3ra ed.). Pearson Education, Inc.

Consoli, N. C., Moreira, E. B., Festugato, L., Caballero, R. D., Foppa, D., & Ruver, C. A. (2021). Enhancing bearing capacity of shallow foundations through cement-stabilised sand layer over weakly bonded residual soil. *Géotechnique*, [Accepted manuscript].
<https://doi.org/10.1680/jgeot.21.00050>

Dafrimon, D., Sukarman, S., Harijadi, S., Mutiara Sari, N., Tubagus Aldio, A., Abdullah, A. F., & Primadira Putri, M. (2024). Analysis of bearing capacity of shallow foundation on soft soil using depth variation PVC pipe 4x4 grid pattern. En N. L. Husni et al. (Eds.),

Proceedings of the 7th FIRST 2023 International Conference on Global Innovations (FIRST-ESCSI 2023), Advances in Engineering Research (Vol. 232, pp. 485–498). Atlantis Press. https://doi.org/10.2991/978-94-6463-386-3_50

Dalal, P. H., Patil, M., Dave, T. N., & Iyer, K. K. R. (2022). A soil-structure interaction study using sustainable structural fill below foundations. En *Proceedings of the 12th Structural Engineering Convention (SEC 2022), ASPS Conference Proceedings* (Vol. 1, pp. 1555–1562). Alwaha Scientific Publishing Services. <https://doi.org/10.38208/acp.v1.688>

Delgado, F., Jiménez, J., Neira, O. (2008). Asentamientos secundarios en los suelos blandos de la zona el Campín y su correlación con algunos parámetros de los suelos de la zona lacustre en la ciudad de Bogotá D.C. Recuperado de https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_civil/20

Duque Escobar, G., & Escobar Potes, C. E. (2023). *Mecánica de los suelos* (Actualización 2023, 1.^a ed.). Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/3375>

Gallardo, M. y Pescoran, M. (2019). *Análisis comparativo del diseño estructural del pavimento flexible y pavimento rígido para la avenida Larco tramo avenida Huamán y avenida Fátima de la ciudad de Trujillo* [Tesis de pregrado, Universidad Privada Antenor Orrego-Trujillo, Perú].

Guevara Lopez, I. J., y Canaza Rojas, F. (2023). Estimación de la densidad seca de un relleno granular utilizando el penetrómetro dinámico de cono. *Gaceta Técnica*, 24(2), 77-91. <https://doi.org/10.51372/gacetatecnica242.6>

Gutiérrez, A. y Valenzuela, M. (2019). *Mejoramiento De Suelo “Parque Humedal Los Batros”*

[Tesis de pregrado, Universidad Técnica Federico Santa María, Chile].

Hernández Aguilar, M. A., y Vega López, R. S. (2023). Solución geotécnica para el suelo de cimentación de las 7 torres de la villa panamericana. *Perfiles de Ingeniería*, 19(19), 91-108. <https://doi.org/10.31381/perfilesingenieria.v19i19.5792>

Huang, Z., Tong, T., Liu, H., & Qi, W. (2023). Properties of soil-based flowable fill under drying-wetting and freeze-thaw actions. *Sustainability*, 15(3), Article 2390. <https://doi.org/10.3390/su15032390>

Huertas, N. (2021). *Diseño de mezcla de un concreto celular de baja densidad utilizando residuos de cantera* [Tesis de pregrado, Universidad Piloto de Colombia, Colombia].

Leal Flores, D., & Tello Collantes, N. (2024). *Diseño de cimentación superficial para edificaciones tipo C en el sector Linderos, Jaén – 2024* [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Jaén, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Civil].

Manual de Carreteras (2013), *Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección: Suelos y Pavimentos*, Lima – Perú.

Mauricio Herhuay, H. R. (2024). *Mejora de las propiedades mecánicas del suelo con el uso del relleno fluido de resistencia controlada como sustituto del relleno estructural convencional, Pasco 2022* [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Facultad de Ingeniería, Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil].

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2020). *Plan vial departamental participativo.*

La Libertad.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2020). *Norma técnica E.050: Suelos y cimentaciones* (R.M. N.º 247-2018-VIVIENDA).

<https://www.gob.pe/institucion/sencico/informes-publicaciones/887225-normas-del-reglamento-nacional-de-edificaciones-rne>

Hadi, M. M., Martel Carranza, C. P., Huayta Meza, F. T., Rojas León, C. R., & Arias González, J. L. (2023). *Metodología de la investigación: Guía para el proyecto de tesis* (1.^a ed.). Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú S.A.C. <https://doi.org/10.35622/inudi.b.073>

Paitán Benito, W. (2024). *Relleno fluido como sustitución del relleno estructural compactado en la Central Hidroeléctrica Zaña* [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Peruana Los Andes, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Civil].

Paitán Benito, W. (2024). *Relleno fluido como sustitución del relleno estructural compactado en la Central Hidroeléctrica Zaña* [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Peruana Los Andes, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Civil].

Parmar, S. P. (2022). A comprehensive analysis of foundation design approaches. *Journal of Geotechnical Studies*, 7(3), 28–37. https://www.researchgate.net/publication/367561355_A_Comprehensive_Analysis_of_Foundation_Design_Approaches

Paucar Gutierrez, E. I. B. (2021). *Propuesta de rellenos fluidos de baja resistencia controlada*

para obras de saneamiento en la Región Ica [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Facultad de Ingeniería, Programa Académico de Ingeniería Civil]. <http://hdl.handle.net/10757/659065>

Quipuzcoa Horna, M. del C. (2022). *Análisis de la capacidad portante mediante el ensayo de SPT de la zona Totorales de Huanchaco, Trujillo 2021* [Tesis para optar el título profesional de Ingeniera Civil, Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera de Ingeniería Civil].

Robledo, J. (noviembre del 2004). Población de estudio y muestreo en la investigación epidemiológica. *Nure Investigación*, nº 10

Rodas Cando, D. F., y Morales Bravo, B. R. (2023). Estudio comparativo de los diferentes tipos de resinas compuestas y sus usos de acuerdo a su composición. *Anatomía Digital*, 6(3.2), 103-122. <https://doi.org/10.33262/anatomiadigital.v6i3.2.2679>

Soto Ventura, G. P., & Soto Ventura, G. B. (2022). *Representación del método para empleo del relleno fluido suelo-cemento en perfeccionamiento de suelos de disminuida capacidad portante en obras viales – 2022* [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil].

Tavera, H. (2014). *Zonificación sísmica – geotécnica de la ciudad de Chimbote: Comportamiento dinámico del suelo* [Informe técnico]. Instituto Geofísico del Perú.

Villar, E. y Oblitas, J. (2020). *Mejoramiento de la superficie de rodadura afirmada con la aplicación de cloruro de calcio en la avenida Pradera, Urbanización La Pradera -*

Pimentel - Chiclayo – Lambayeque (Tesis de Pregrado). Universidad Peruana de los Andes, Perú.

Xu, J., Luo, Q., Tang, Y., Zeng, Z., & Liao, J. (2024). Experimental study and application of controlled low-strength materials in trench backfilling in Suqian City, China. *Materials*, 17(4), Article 775. <https://doi.org/10.3390/ma17040775>

CAPÍTULO VII:

ANEXOS

Anexo 01- Matriz de operacionalización de variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Escala de medición	
Variable Independiente:	Relleno fluido	<p>Los rellenos fluidos son fluidos, autonivelantes y autocompactantes a base de cemento, usando principalmente para llenar en lugar de terraplén compactado (Huang et al., 2023).</p> <p>La capacidad portante se refiere a la máxima presión que existe entre el suelo y la cimentación de la estructura, También se entiende como la capacidad que posee el terreno para poder tolerar la aplicación de cargas sobre el (Rodas y Morales, 2023).</p>	<p>Se midieron las propiedades físicas y mecánicas del compuesto formado por suelo y relleno fluido en el laboratorio y en campo, aplicando porcentajes de 6 %, 9 % y 12 % de relleno fluido respecto al peso seco del suelo. Para cada porcentaje, se evaluó la propiedad mecánica mediante ensayos de capacidad portante, permitiendo determinar cómo la variación del porcentaje de relleno fluido influye en la mejora de la capacidad portante del suelo del Pueblo Joven Primero de Mayo, ciudad de Nuevo Chimbote.</p> <p>La capacidad portante del suelo se determinó mediante ensayos físicos y mecánicos en muestras tratadas(6%,9%,12%) y no tratadas con relleno fluido, evaluando el costo y la optimización alcanzada con diferentes porcentajes de adición, y utilizando estos resultados para el diseño de la cimentación superficial correspondiente en el P.J. Primero de Mayo.</p>	<p>Porcentaje</p> <p>Propiedad mecánica del suelo y relleno fluido.</p> <p>Características físicas del suelo de la zona de estudio.</p> <p>Costo</p> <p>Optimización de la capacidad portante con el uso de relleno fluido</p> <p>Diseño de Cimentación superficial</p>	<p>(0%,6%,9%,12%)</p> <p>Capacidad portante</p> <p>Granulometría</p> <p>Tipo de suelo</p> <p>Densidad</p> <p>Consistencia</p> <p>Humedad</p> <p>Precio unitario</p> <p>Incremente de la capacidad portante</p> <p>Cohesión</p> <p>Angulo de fricción</p> <p>Nivel Freático</p> <p>Profundidad de la cimentación</p> <p>Factor de seguridad</p>	<p>Fichas de observación</p> <p>Fichas de observación- ASTM-D 3080</p> <p>Fichas de observación- MTC E 107</p> <p>Fichas de observación- ASTM-D 2487</p> <p>Fichas de observación- MTC E 117</p> <p>Fichas de observación- MTC E 110-111</p> <p>Fichas de observación- MTC E 108</p> <p>Ficha de observación</p> <p>Fichas de observación</p> <p>Fichas de observación- ASTM-D 3080</p> <p>Fichas de observación- ASTM-D 3080</p> <p>Fichas de observación</p> <p>Fichas de observación</p> <p>Fichas de observación</p>	<p>Razón</p>
Variable Dependiente:	Capacidad portante del suelo						

Anexo 02- Matriz de consistencia

TITULO	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	HIPÓTESIS	OBJETIVOS	VARIABLES
Problema General:				Objetivo General:
				Evaluar la optimización de la capacidad portante del suelo mediante relleno fluido en cimentaciones superficiales del P.J. Primero de Mayo, 2023
Optimización de la capacidad portante del suelo mediante relleno fluido en cimentaciones superficiales del P.J. Primero de Mayo 2023	<p>Problemas Específicos:</p> <p>¿Cuáles son las características físicas y mecánicas del suelo en estado natural en el P.J. Primero de Mayo, distrito de Nuevo Chimbote, 2023?</p> <p>¿Cuál es la capacidad portante del suelo con relleno fluido en porcentajes de 6 %, 9 % y 12 % en el P.J. Primero de Mayo, distrito de Nuevo Chimbote, 2023?</p> <p>¿Cuál es el impacto económico de optimizar la capacidad portante del suelo mediante el uso de relleno fluido en distintos porcentajes (6 %, 9 %, 12 %) en el P.J. Primero de Mayo, distrito de Nuevo Chimbote, durante el año 2023?</p> <p>¿Cuál es el diseño de cimentación superficial más adecuado según la capacidad portante del suelo optimizado con relleno fluido en el P.J. Primero de Mayo, distrito de Nuevo Chimbote, 2023?</p>	<p>El uso de relleno fluido en cimentaciones superficiales optimiza la capacidad portante del suelo en el P.J. Primero de Mayo, 2023</p>	<p>Determinar las características físicas y mecánicas del suelo en estado natural del P.J. Primero de Mayo, distrito de Nuevo Chimbote, 2023</p> <p>Medir la capacidad portante del suelo optimizado con relleno fluido a diferentes porcentajes (6 %, 9 %, 12 %) en el P.J. Primero de Mayo, distrito de Nuevo Chimbote, 2023</p> <p>Valorar económicamente la optimización de la capacidad portante del suelo mediante el uso de relleno fluido en distintos porcentajes (6 %, 9 %, 12 %) en el P.J. Primero de Mayo, distrito de Nuevo Chimbote, 2023</p> <p>Formular el diseño de cimentación superficial apropiado según la capacidad portante del suelo optimizado con relleno fluido en el P.J. Primero de Mayo, distrito de Nuevo Chimbote, 2023</p>	INDEPENDIENTE Relleno Fluido
				DEPENDIENTE Capacidad portante del suelo

**Anexo 03- Ensayos realizados a la muestra de suelo de P.J. Primero de Mayo del distrito
de Nuevo Chimbote en estado natural.**

CALICATA 01

1. Análisis granulométrico por tamizado: ASTM D421

Estrato 01

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



Proyecto: "Optimización de la capacidad portante del suelo mediante relleno fluido en cimentaciones superficiales del P.J.. Primero de mayo 2023"

Localización:

Muestra:

Fecha:

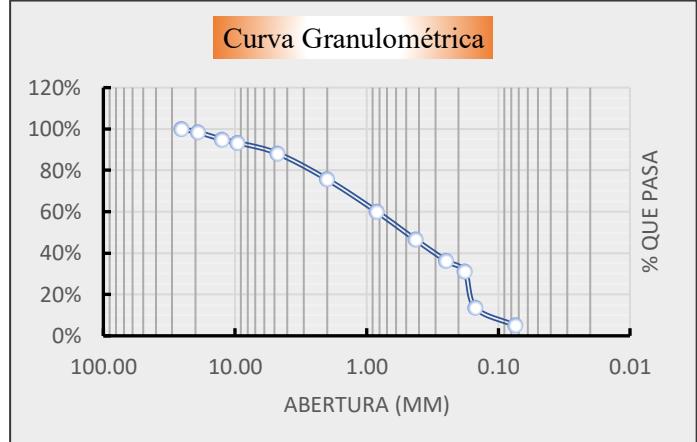
Calicata N° 01 Estrato 01

Profundidad: -
Coordenadas: -

I. ANALISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO (NTP 339.128)

Peso total de la muestra (g)	996.30
Peso final de la muestra (g)	996.30

MALLAS	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (gr)	% Pasa
1"	25.400	0.000	100.00%
3/4"	19.050	15.900	98.40%
1/2"	12.500	34.700	94.92%
3/8"	9.525	15.800	93.34%
Nº4	4.760	51.000	88.22%
Nº10	2.000	125.000	75.67%
Nº20	0.840	155.500	60.06%
Nº40	0.425	135.400	46.47%
Nº60	0.250	100.400	36.39%
Nº80	0.180	53.600	31.01%
Nº100	0.149	174.600	13.49%
Nº200	0.074	84.900	4.97%
> Nº200		49.500	0.00%



Cu: 6.63 Cc: 0.50

2. LIMITES DE CONSISTENCIA MTC (NTP 339.129)

PARÁMETRO	Tara N°			
	1	2	3	4
1. Numero de golpes	0.000	0.000	0.000	0.000
2. Peso de la tara (gr)	0.000	0.000	0.000	0.000
3. Peso tara + Suelo húmedo (gr)	0.000	0.000	0.000	0.000
4. Peso tara + Suelo seco (gr)	0.000	0.000	0.000	0.000
5. Peso agua (gr)	0.000	0.000	0.000	0.000
6. Peso Suelo seco (gr)	0.000	0.000	0.000	0.000
7. Contenido Humedad (%)	NP	NP	NP	NP

Estrato 02

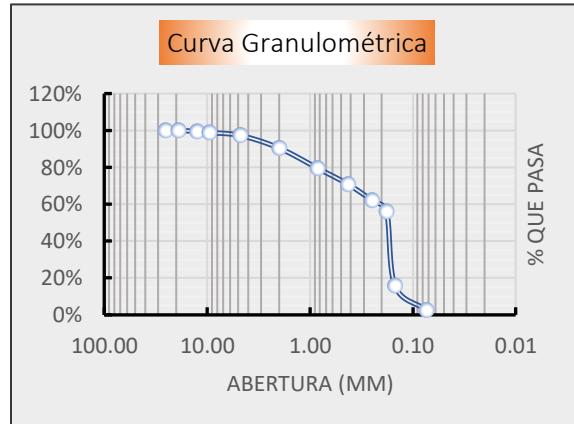
**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**



Proyecto:	"Optimización de la capacidad portante del suelo mediante relleno fluido en cimentaciones superficiales del P.J.. Primero de mayo 2023"		
Localización:			
Muestra:	Calicata Nº 01	Estrat o 02	Profundidad: - Coordenadas: -
Fecha:	Junio del 2024		

1. ANALISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO (NTP 339.128)

Peso total de la muestra (g)	1395.30		
Peso final de la muestra (g)	1395.30		
MALLAS	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (gr)	% Pasa
1"	25.400	0.000	100.00 %
3/4"	19.050	0.000	100.00 %
1/2"	12.500	7.100	99.49%
3/8"	9.525	9.300	98.82%
N°4	4.760	21.700	97.27%
N°10	2.000	94.700	90.48%
N°20	0.840	153.500	79.48%
N°40	0.425	121.500	70.77%
N°60	0.250	120.800	62.12%
N°80	0.180	86.700	55.90%
N°100	0.149	560.900	15.70%
N°200	0.074	182.400	2.63%
> N°200		36.700	0.00%



Cu: **1.90**

Cc: **1.20**

2. Límites de consistencia: ASTM D4318 y Contenido de humedad: ASTM D2216

Estrato 01

PARÁMETRO	B. LIMITE PLÁSTICO		
	1	2	3
1. Peso de la tara (gr)	0.000	0.000	0.000
2. Peso tara + Suelo húmedo (gr)	0.000	0.000	0.000
3. Peso tara + Suelo seco (gr)	0.000	0.000	0.000
4. Peso agua (gr)	0.000	0.000	0.000
5. Peso Suelo seco (gr)	0.000	0.000	0.000
6. Contenido Humedad (%)	NP	NP	NP

NP

3. CONTENIDO DE HUMEDAD (NTP 339.127)

PARÁMETROS	Tara N°		
	1	2	3
1. Peso de la tara (gr)	27.111	27.475	27.933
2. Peso tara + Suelo húmedo (gr)	92.510	98.429	111.474
3. Peso tara + Suelo seco (gr)	87.365	92.152	104.421
4. Peso agua (gr)	5.145	6.277	7.053
5. Peso Suelo seco (gr)	60.254	64.677	76.488
6. Contenido Humedad (%)	8.54%	9.71%	9.22%

9.16%

Grava %	11.78%
Arena %	83.25%
Finos %	4.97%
Limite Líquido	NP
Limite Plástico	NP
Índice de Plasticidad	NP
Contenido Humedad	9.16%
Clasificación SUCS	SP
Clasificación AAHSTO	-
Gravedad Específica	-
Índice de Grupo	-

Estrato 02

PARÁMETRO	A. LIMITE LIQUIDO			
	Tara N°			
	1	2	3	4
1. Numero de golpes	0.000	0.000	0.000	0.000
2. Peso de la tara (gr)	0.000	0.000	0.000	0.000
3. Peso tara + Suelo húmedo (gr)	0.000	0.000	0.000	0.000
4. Peso tara + Suelo seco (gr)	0.000	0.000	0.000	0.000
5. Peso agua (gr)	0.000	0.000	0.000	0.000
6. Peso Suelo seco (gr)	0.000	0.000	0.000	0.000
7. Contenido Humedad (%)	NP	NP	NP	NP

PARÁMETRO	B. LIMITE PLASTICO		
	1	2	3
1. Peso de la tara (gr)	0.000	0.000	0.000
2. Peso tara + Suelo húmedo (gr)	0.000	0.000	0.000
3. Peso tara + Suelo seco (gr)	0.000	0.000	0.000
4. Peso agua (gr)	0.000	0.000	0.000
5. Peso Suelo seco (gr)	0.000	0.000	0.000
6. Contenido Humedad (%)	NP	NP	NP

3. CONTENIDO DE HUMEDAD (NTP 339.127)			
PARÁMETROS	Tara N°		
	1	2	3
1. Peso de la tara (gr)	26.454	27.416	26.178
2. Peso tara + Suelo húmedo (gr)	113.557	136.173	122.146
3. Peso tara + Suelo seco (gr)	101.152	121.135	108.298
4. Peso agua (gr)	12.405	15.038	13.848
5. Peso Suelo seco (gr)	74.698	93.719	82.120
6. Contenido Humedad (%)	16.61%	16.05%	16.86%

Grava %	2.73%
Arena %	94.64%
Finos %	2.63%
Límite Líquido	NP
Límite Plástico	NP
Índice de Plasticidad	NP
Contenido Humedad	16.51%
Clasificación SUCS	SP
Clasificación AASHTO	-
Gravedad Específica	-
Índice de Grupo	-

3. Clasificación de suelos (SUCS): ASTM D2487

Estrato 01

1. Porcentaje que pasa la malla N°200:	4.97%	%FINOS<50%
--	-------	------------

2. Porcentaje que pasa la malla N°4:	88.22%	%ARENA>50%
--------------------------------------	--------	------------

CRITERIO PARA CLASIFICACIÓN:	%FINOS<5%
------------------------------	-----------

CRITERIO GRANULOMETRÍA

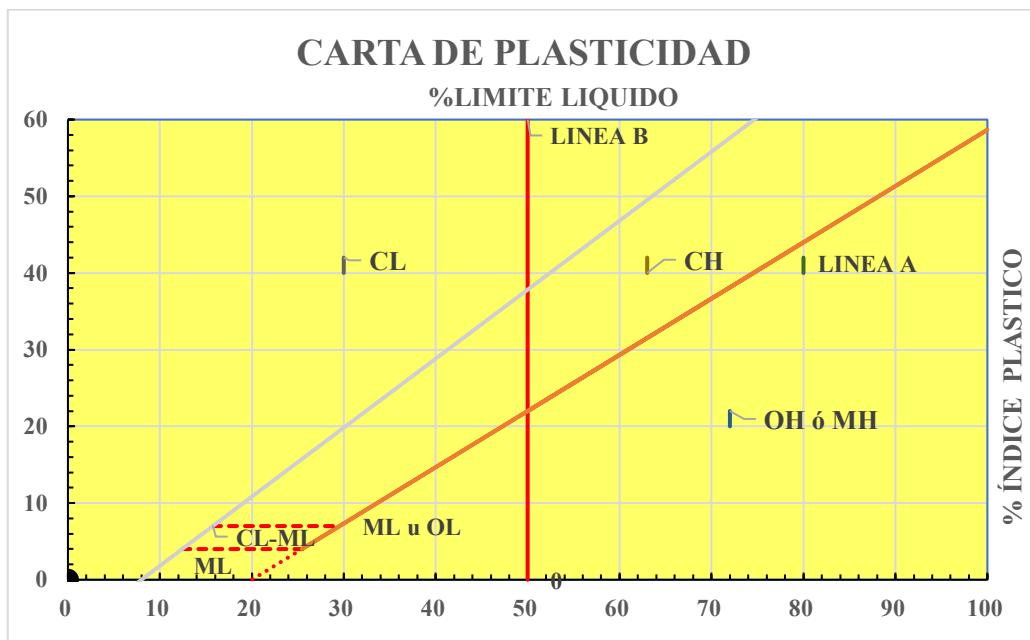
CRITERIO LIMITES ATTERBEG

CU:	6.63
-----	------

LL:	NP
-----	----

CC:	0.50
-----	------

IP:	NP
-----	----



En conclusión es un suelo:

SP

ARENA MAL GRADUADO

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA

**CS -
AASHT
O**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

CLASIFICACION DE SUELOS POR EL METODO AASHTO

Proyecto:	"Optimización de la capacidad portante del suelo mediante relleno fluido en cimentaciones superficiales del P.J.. Primero de mayo 2023"			
Localización:	Calicata			
Muestra:	Nº	01	Estrato	01
Fecha:	Junio del 2024			

1. Porcentaje que pasa la malla Nº200:	4.97%	%FINOS<=35 %
2. Porcentaje que pasa la malla Nº40:	60.06%	
3. Porcentaje que pasa la malla Nº10:	75.67%	

CRITERIO GRANULOMETRÍA

**CRITERIO LIMITES
ATTERBEG**

CU:	6.63
CC:	0.50

LL:	NP
IP:	NP

ÍNDICE DE GRUPO

**CARACTERISTICAS SEGÚN CUADRO
AASHTO**

GRUPO	TIPOLOGÍA	CALIDAD
A-3		

En conclusión es un suelo:

A-3(-)

Estrato 02

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA



**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

CS - SUCS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

CLASIFICACIÓN DE SUELOS POR EL MÉTODO SUCS

Proyecto: "Optimización de la capacidad portante del suelo mediante relleno fluido en cimentaciones superficiales del P.J.. Primero de mayo 2023"

Localización:

Muestra: Nº 01	Estrato 02	Profundidad: -
Fecha: Junio del 2024		Coordenadas: -

1. Porcentaje que pasa la malla Nº200: 2.63%

%FINOS<50%

2. Porcentaje que pasa la malla Nº4: 97.27%

%ARENA>50%

CRITERIO PARA CLASIFICACIÓN: %FINOS<5%

CRITERIO GRANULOMETRÍA

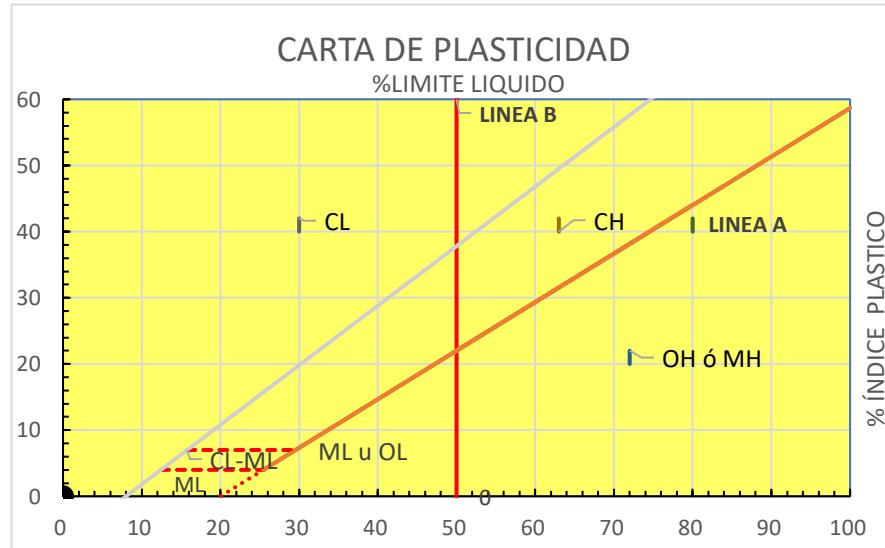
CRITERIO LÍMITES ATTERBEG

CU: 1.90

LL: NP

CC: 1.20

IP: NP



En conclusión es un suelo:

SP

ARENA MAL GRADUADO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

CS - AASHTO

Proyecto: "Optimización de la capacidad portante del suelo mediante relleno fluido en cimentaciones superficiales del P.J.. Primero de mayo 2023"
Localización:

Muestra: Calicata N° 01 Estrato 02 Profundidad: -
Muestra: Calicata N° 01 Estrato 02 Coordenadas: -

Fecha: Junio del 2024

1. Porcentaje que pasa la malla N°200:	2.63%	%FINOS<=35%
2. Porcentaje que pasa la malla N°40:	79.48 %	
3. Porcentaje que pasa la malla N°10:	90.48 %	

CRITERIO GRANULOMETRÍA	CRITERIO LIMITES ATTERBEG
CU: 1.90	LL: NP
CC: 1.20	IP: NP
ÍNDICE DE GRUPO	
-	

CARACTERÍSTICAS SEGÚN CUADRO AASHTO

GRUPO	TIPOLOGÍA	CALIDAD
A-3		

En conclusión es un suelo:

A-3(-)

PESO UNITARIO SECO Y COMPACTADO

PESO UNITARIO SECO SUELTO						
NORMA	ASTM C- 29	CALICATA	E1			
CODIGO	DESCRIPCIÓN	OPERACIÓN	UNIDAD	PESO		
				1	2	3
A	Peso del molde		gr	4524.20	4524.20	4524.20
B	Volumen del Molde		cm ³	2831.68	2831.68	2831.68
C	Peso del molde + Muestra Suelta		gr	8838.00	8850.70	8848.00
Peso Unitario Seco Suelto		((C-A)/B)x1000	kg/m ³	1523.41	1527.89	1526.94
Peso Unitario Seco Suelto			kg/m³	1526.08		

PESO UNITARIO SECO COMPACTADO						
NORMA	ASTM C- 29	CALICATA	E1			
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	OPERACIÓN	UNIDAD	PESO		
				1	2	3
A	Peso del molde		gr	4524.20	4524.20	4524.20
B	Volumen del Molde		cm ³	2831.68	2831.68	2831.68
C	Peso del molde + Muestra Compactada		gr	9411.60	9423.50	9411.40
Peso Unitario Seco Compactado		((C-A)/B)x1000	kg/m ³	1725.97	1730.17	1725.90
Peso Unitario Seco compactado			kg/m³	1727.35		

PESO UNITARIO SECO SUELTO						
NORMA	ASTM C- 29	CALICATA	E2			
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	OPERACIÓN	UNIDAD	PESO		
				1	2	3
A	Peso del molde		gr	4524.20	4524.20	4524.20
B	Volumen del Molde		cm ³	2831.68	2831.68	2831.68
C	Peso del molde + Muestra Suelta		gr	8724.50	8711.20	8725.10
Peso Unitario Seco Suelto		((C-A)/B)x1000	kg/m ³	1483.32	1478.63	1483.54
Peso Unitario Seco Suelto			kg/m³	1481.83		

PESO UNITARIO SECO COMPACTADO						
NORMA	ASTM C- 29					
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA						
CALICATA	C1					
ESTRATO	E2					
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	OPERACIÓN	UNIDAD	PESO		
				1	2	3
A	Peso del molde		gr	4524.20	4524.20	4524.20
B	Volumen del Molde		cm ³	2831.68	2831.68	2831.68
C	Peso del molde + Muestra Compactada		gr	9196.00	9226.80	9238.20
Peso Unitario Seco Compactado		((C-A)/B)x1000	kg/m ³	1649.83	1660.71	1664.74
Peso Unitario Seco compactado			kg/m³	1658.43		

4. Peso específico de los sólidos: ASTM D854

PESO ESPECIFICO NOMINAL ASTM C-128/ AASHTO T NORMA PROCEDENCIA DE LA MUESTRA CALICATA C1 ESTRATO E1					<p>UNS UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA</p>
CÓDIGO DESCRIPCIÓN OPERACIÓN UNIDAD PESO					
S	Peso de fiola		gr	172.40	
C	Peso del Fiola + Muestra +Agua		gr	671.60	
A	Peso de la Muestra		gr	125.00	
B	Peso del Fiola + Agua		gr	648.42	
Peso Específico Nominal		(A/(A+B-C))	gr/cm ³	1.228	

PESO ESPECIFICO NOMINAL ASTM C-128/ AASHTO NORMA PROCEDENCIA DE LA MUESTRA CALICATA C1 ESTRATO E2					<p>UNS UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA</p>
CÓDIGO DESCRIPCIÓN OPERACIÓN UNIDAD PESO					
S	Peso de fiola		gr	182.50	
C	Peso del Fiola + Muestra +Agua		gr	675.60	
A	Peso de la Muestra		gr	125.00	
B	Peso del Fiola + Agua		gr	648.42	
Peso Específico Nominal		(A/(A+B-C))	gr/cm ³	1.278	

5. Ensayo de corte directo: ASTM D3080

CORTE DIRECTO

RESULTADOS DE ENSAYOS ESTÁNDAR DE LABORATORIO

OPTIMIZACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO MEDIANTE RELLENO FLUIDO EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL P.J. PRIMERO DE MAYO 2023

FECHA : 9 DE JULIO DEL 2024

CALICAT

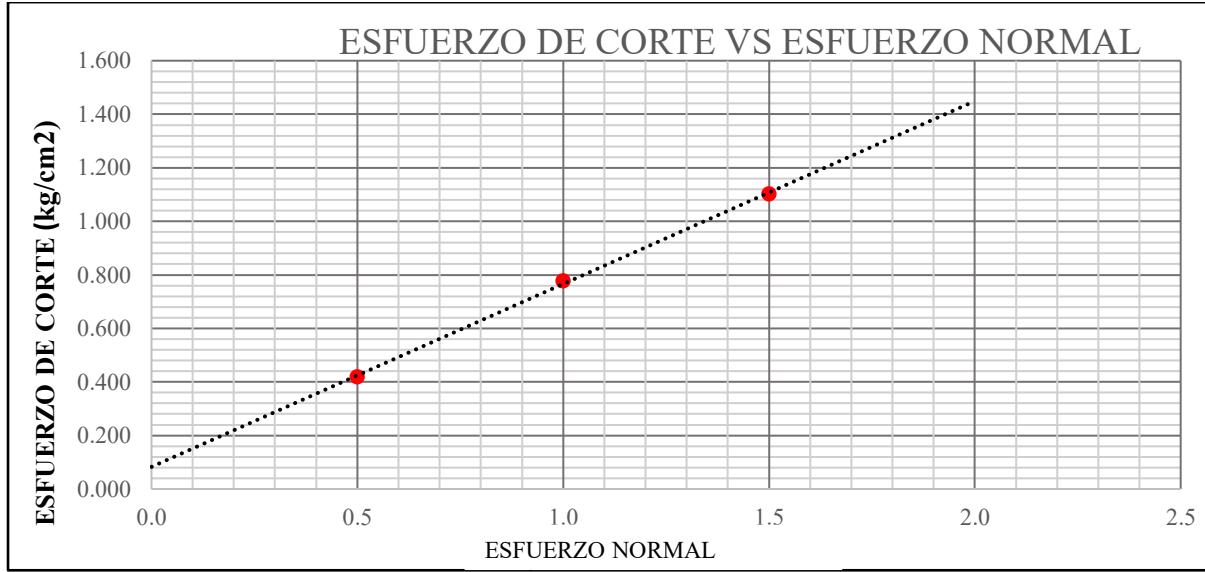
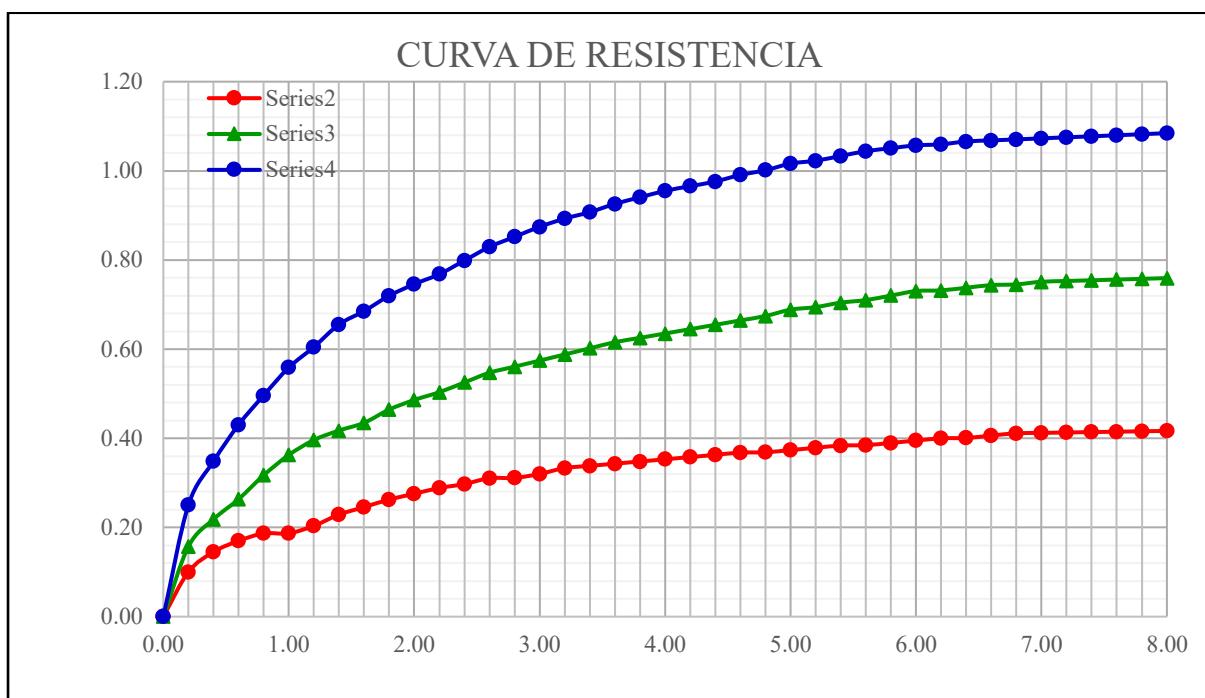
A : C-1
: E-2 / -

ESTRATO 1.60 m

ENSAZO DE CORTE DIRECTO (ASTM D-3080)

DEL ESPÉCIMEN	ESPÉCIMEN I		ESPÉCIMEN II		ESPÉCIMEN III	
	Inicio	Termino	Inicio	Termino	Inicio	Termino
ALTURA (cm)	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10
ÁREA (cm ²)	100		100		100	
DENSIDAD (gr/cm ³)	1.400	1.400	1.400	1.400	1.400	1.400
HUMEDAD (%)	9.60%	9.60%	9.60%	9.60%	9.60%	9.60%
ESFUERZO NORMAL (kg/cm ²)	0.5		1.0		1.5	
DEFORMAC IÓN TANGENCI AL (mm)	ESPÉCIMEN I		ESPÉCIMEN II		ESPÉCIMEN III	
	FUERZA CORTANTE (kg)	ESFUERZO DE CORTE (Kg/cm ²)	FUERZA CORTANTE (kg)	ESFUERZO DE CORTE (Kg/cm ²)	FUERZA CORTANTE (kg)	ESFUERZO DE CORTE (Kg/cm ²)
0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000
0.200	10.01	0.100	15.68	0.157	24.99	0.250
0.400	14.46	0.145	21.75	0.218	34.69	0.348
0.600	16.89	0.170	26.2	0.264	42.78	0.430
0.800	18.51	0.187	31.46	0.317	49.24	0.496
1.000	18.51	0.187	35.9	0.363	55.31	0.559
1.200	20.13	0.204	39.14	0.396	59.76	0.605
1.400	22.56	0.229	41.16	0.417	64.61	0.655
1.600	24.18	0.246	42.78	0.435	67.44	0.685
1.800	25.79	0.263	45.61	0.464	70.67	0.720
2.000	27.01	0.276	47.63	0.486	73.09	0.746

2.200	28.22	0.289	49.24	0.503	75.12	0.768
2.400	29.03	0.297	51.27	0.525	77.95	0.799
2.600	30.25	0.311	53.29	0.547	80.78	0.829
2.800	30.25	0.311	54.5	0.561	82.80	0.852
3.000	31.05	0.320	55.71	0.574	84.82	0.874
3.200	32.27	0.333	56.93	0.588	86.43	0.893
3.400	32.67	0.338	58.14	0.602	87.65	0.907
3.600	33.08	0.343	59.35	0.616	89.26	0.926
3.800	33.48	0.348	60.16	0.625	90.48	0.941
4.000	33.88	0.353	60.97	0.635	91.69	0.955
4.200	34.29	0.358	61.78	0.645	92.50	0.966
4.400	34.69	0.363	62.58	0.655	93.31	0.976
4.600	35.1	0.368	63.39	0.664	94.52	0.991
4.800	35.1	0.369	64.2	0.674	95.33	1.001
5.000	35.5	0.374	65.41	0.689	96.54	1.016
5.200	35.9	0.379	65.82	0.694	96.95	1.023
5.400	36.31	0.384	66.63	0.704	97.75	1.033
5.600	36.31	0.385	67.03	0.710	98.56	1.044
5.800	36.71	0.390	67.84	0.720	98.97	1.051
6.000	37.12	0.395	68.65	0.730	99.37	1.057
6.200	37.52	0.400	68.65	0.732	99.37	1.059
6.400	37.52	0.401	69.05	0.738	99.77	1.066
6.600	37.93	0.406	69.46	0.744	99.77	1.068
6.800	38.33	0.411	69.46	0.745	99.77	1.070
7.000	38.33	0.412	69.86	0.751	99.77	1.073
7.200	38.33	0.413	69.86	0.753	99.77	1.075
7.400	38.33	0.414	69.86	0.754	99.77	1.077
7.600	38.33	0.415	69.86	0.756	99.77	1.080
7.800	38.33	0.416	69.86	0.758	99.77	1.082
8.000	38.33	0.417	69.86	0.759	99.77	1.084



$$C = 0.0827 \text{ kg/cm}^2$$

$$F = 27.5^\circ$$

DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA DEL SUELO -NORMA E. 050

1. Datos de partida	
Df (profundidad de desplante) =	1.5 m
γ (peso volumétrico) =	1.3 Ton/m ³
c (cohesión) =	0
ϕ (ángulo de fricción interna) =	27.5 °
B (ancho de zapata) =	1.5 m
L (largo de zapata) =	1.5 m
FS (factor de seguridad) =	3

2. Cálculo de parámetros y coeficientes

$$N_q = e^{(\pi \tan \phi)} \cdot \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right)$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \cdot \tan(1.4\phi)$$

a) Coeficientes de capacidad portante:	Nq =	13.96
	Ny=	10.31
b) Coeficientes de forma y de inclinación (zapata cuadrada, carga vertical):	S γ =	0.8
	Iq=	1

3. Fórmula general (Norma E.050, Ítem 20.3)

$$q_d = i_q \cdot \gamma D_f N_q + 0.5 \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma \cdot \gamma B N_\gamma$$

Qult : 11.55 Tn/m²

Qult: 1.17 kg/cm²

CALICATA 02

1. Análisis granulométrico por tamizado: ASTM D421

Estrato 01

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

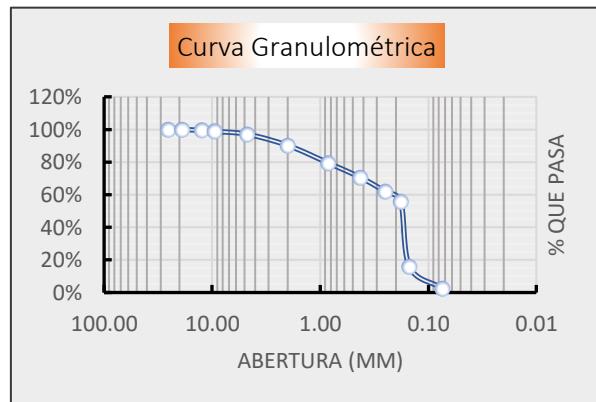


Proyecto:	"Optimización de la capacidad portante del suelo mediante relleno fluido en cimentaciones superficiales del P.J.. Primero de mayo 2023"		
Localización:	Calicata	0	Profundidad
Muestra:	Nº 02	Estrato 1	: -
Fecha:	Junio del 2024	Coordenada s:	-

1. ANALISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO (NTP 339.128)

Peso total de la muestra (g)	1398.40
Peso final de la muestra (g)	1398.40

MALLA S	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (gr)	% Pasa
1"	25.400	0.000	100.00 %
3/4"	19.050	0.000	100.00 %
1/2"	12.500	8.500	99.39%
3/8"	9.525	9.100	98.74%
Nº4	4.760	23.500	97.06%
Nº10	2.000	95.800	90.21%
Nº20	0.840	151.300	79.39%
Nº40	0.425	123.500	70.56%
Nº60	0.250	120.300	61.96%
Nº80	0.180	85.600	55.84%
Nº100	0.149	561.300	15.70%
Nº200	0.074	183.900	2.55%
> Nº200		35.600	0.00%



Cu: 1.90 Cc: 1.20

Estrato 02



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Proyecto: "Optimización de la capacidad portante del suelo mediante relleno fluido en cimentaciones superficiales del P.J.. Primero de mayo 2023"

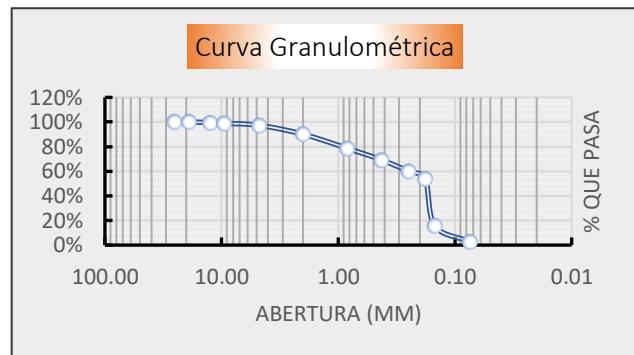
Localización: _____
Muestra: Calicata N° 02 Estrato 2 Profundidad: _____
d: _____
Coordenadas: _____

Fecha: Junio del 2024

1. ANALISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO (NTP 339.128)

Peso total de la muestra (g)	1351.50
Peso final de la muestra (g)	1353.90

MALLAS	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (gr)	% Pasa
1"	25.400	0.000	100.00%
3/4"	19.050	0.000	100.00%
1/2"	12.500	6.200	99.54%
3/8"	9.525	8.400	98.92%
Nº4	4.760	22.100	97.29%
Nº10	2.000	98.000	90.05%
Nº20	0.840	154.300	78.65%
Nº40	0.425	128.500	69.16%
Nº60	0.250	124.600	59.96%
Nº80	0.180	85.500	53.65%
Nº100	0.149	515.600	15.56%
Nº200	0.074	175.300	2.61%
> N°200		35.400	0.00%



Cu: 1.92 Cc: 1.20

2. Límites de consistencia: ASTM D4318

Estrato 01

PARÁMETRO	A. LIMITE LIQUIDO			
	Tara N°			
	1	2	3	4
1. Numero de golpes	0.000	0.000	0.000	0.000
2. Peso de la tara (gr)	0.000	0.000	0.000	0.000
3. Peso tara + Suelo húmedo (gr)	0.000	0.000	0.000	0.000
4. Peso tara + Suelo seco (gr)	0.000	0.000	0.000	0.000
5. Peso agua (gr)	0.000	0.000	0.000	0.000
6. Peso Suelo seco (gr)	0.000	0.000	0.000	0.000
7. Contenido Humedad (%)	NP	NP	NP	NP

PARÁMETRO	B. LIMITE PLASTICO		
	Tara N°		
	1	2	3
1. Peso de la tara (gr)	0.000	0.000	0.000
2. Peso tara + Suelo húmedo (gr)	0.000	0.000	0.000
3. Peso tara + Suelo seco (gr)	0.000	0.000	0.000
4. Peso agua (gr)	0.000	0.000	0.000
5. Peso Suelo seco (gr)	0.000	0.000	0.000
6. Contenido Humedad (%)	NP	NP	NP

3. CONTENIDO DE HUMEDAD (NTP 339.127)

PARÁMETROS	Tara N°		
	1	2	3
1. Peso de la tara (gr)	27.111	27.475	27.933
2. Peso tara + Suelo húmedo (gr)	93.500	97.500	110.500
3. Peso tara + Suelo seco (gr)	88.500	92.500	102.500
4. Peso agua (gr)	5.000	5.000	8.000
5. Peso Suelo seco (gr)	61.389	65.025	74.567
6. Contenido Humedad (%)	8.14%	7.69%	10.73%

Grava %	2.94%
Arena %	94.52%
Finos %	2.55%
Límite Líquido	NP
Límite Plástico	NP
Índice de Plasticidad	NP
Contenido Humedad	8.85%
Clasificación SUCS	SP
Clasificación AAHSTO	-
Gravedad Específica	-
Índice de Grupo	-

Estrato 02

PARÁMETRO	A. LIMITE LIQUIDO			
	1	2	3	4
1. Numero de golpes	0.000	0.000	0.000	0.000
2. Peso de la tara (gr)	0.000	0.000	0.000	0.000
3. Peso tara + Suelo húmedo (gr)	0.000	0.000	0.000	0.000
4. Peso tara + Suelo seco (gr)	0.000	0.000	0.000	0.000
5. Peso agua (gr)	0.000	0.000	0.000	0.000
6. Peso Suelo seco (gr)	0.000	0.000	0.000	0.000
7. Contenido Humedad (%)	NP	NP	NP	NP

PARÁMETRO	B. LIMITE PLASTICO		
	1	2	3
1. Peso de la tara (gr)	0.000	0.000	0.000
2. Peso tara + Suelo húmedo (gr)	0.000	0.000	0.000
3. Peso tara + Suelo seco (gr)	0.000	0.000	0.000
4. Peso agua (gr)	0.000	0.000	0.000
5. Peso Suelo seco (gr)	0.000	0.000	0.000
6. Contenido Humedad (%)	NP	NP	NP

PARÁMETROS	Tara N°		
	1	2	3
1. Peso de la tara (gr)	26.454	27.416	26.178
2. Peso tara + Suelo húmedo (gr)	112.125	133.074	119.450
3. Peso tara + Suelo seco (gr)	101.152	121.135	108.298
4. Peso agua (gr)	10.973	11.939	11.152
5. Peso Suelo seco (gr)	74.698	93.719	82.120
6. Contenido Humedad (%)	14.69%	12.74%	13.58%

Grava %	2.71%
Arena %	94.67%
Finos %	2.61%
Límite Líquido	NP
Límite Plástico	NP
Índice de Plasticidad	NP
Contenido Humedad	13.67%
Clasificación SUCS	SP
Clasificación AAHSTO	-
Gravedad Específica	-
Índice de Grupo	-

3. Clasificación de suelos (SUCS): ASTM D2487

Estrato 01

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL
SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

CS -
SUCS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

CLASIFICACIÓN DE SUELOS POR EL MÉTODO SUCS

Proyecto:	"Optimización de la capacidad portante del suelo mediante relleno fluido en cimentaciones superficiales del P.J.. Primero de mayo 2023"		
Localización:	<u>Calicata</u>		
Muestra:	Nº 02	Estrato	01
Fecha:	Junio del 2024		

1. Porcentaje que pasa la malla Nº200: 2.55%

%FINOS<50%

2. Porcentaje que pasa la malla Nº4: 97.06%

%ARENA>50%

CRITERIO PARA CLASIFICACIÓN: %FINOS<5%

CRITERIO GRANULOMETRÍA

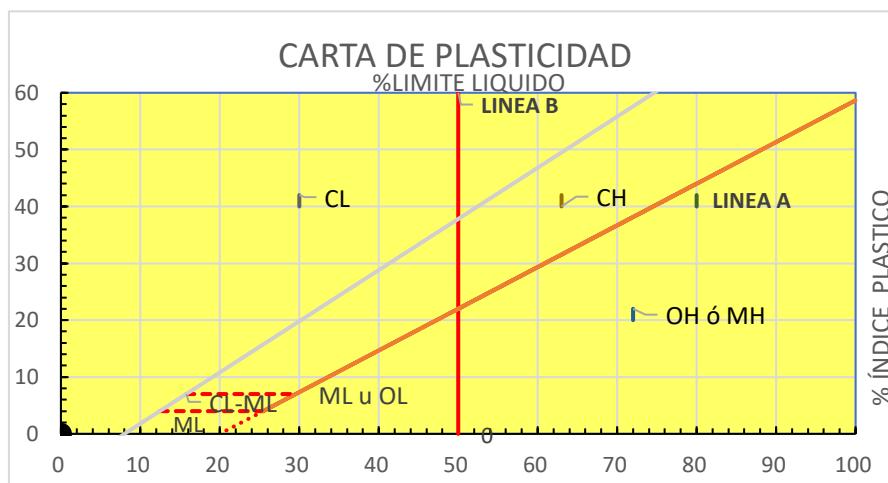
CRITERIO LIMITES ATTERBEG

CU: 1.90

LL: NP

CC: 1.20

IP: NP



En conclusión es un suelo:

SP

ARENA MAL GRADUADO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
CLASIFICACIÓN DE SUELOS POR EL MÉTODO AASHTO

**CS -
AASHTO**

Proyecto: "Optimización de la capacidad portante del suelo mediante relleno fluido en cimentaciones superficiales del P.J.. Primero de mayo 2023"
 Localización:

Muestra: Calicata N° 02 Estrato 01 Profundidad: -
 Coordenadas: -

Fecha: Junio del 2024

1. Porcentaje que pasa la malla N°200: 2.55%

%FINOS<=3
5%

2. Porcentaje que pasa la malla N°40: 79.39%

3. Porcentaje que pasa la malla N°10: 90.21%

CRITERIO GRANULOMETRÍA

CU:	1.90
-----	------

CC:	1.20
-----	------

CRITERIO LIMITES ATTERBEG

LL:	NP
-----	----

IP:	NP
-----	----

ÍNDICE DE GRUPO

-

**CARACTERÍSTICAS SEGÚN CUADRO
AASHTO**

GRUPO	TIPOLOGÍA	CALIDAD
A-3		

Estrato 02



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**CS -
SUCS**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

CLASIFICACIÓN DE SUELOS POR EL MÉTODO SUCS

Proyecto: "Optimización de la capacidad portante del suelo mediante relleno fluido en cimentaciones superficiales del P.J.. Primero de mayo 2023"

Localización:

Muestra:

Fecha:

Calicata N° 02 Estrato 2

Profundidad: -

Coordenadas: -

1. Porcentaje que pasa la malla N°200:

2.61%

%FINOS<50 %

2. Porcentaje que pasa la malla N°4:

97.29%

%ARENA>50 %

CRITERIO PARA CLASIFICACIÓN:

%FINOS<5%

CRITERIO GRANULOMETRÍA

CU:

1.92

CC:

1.20

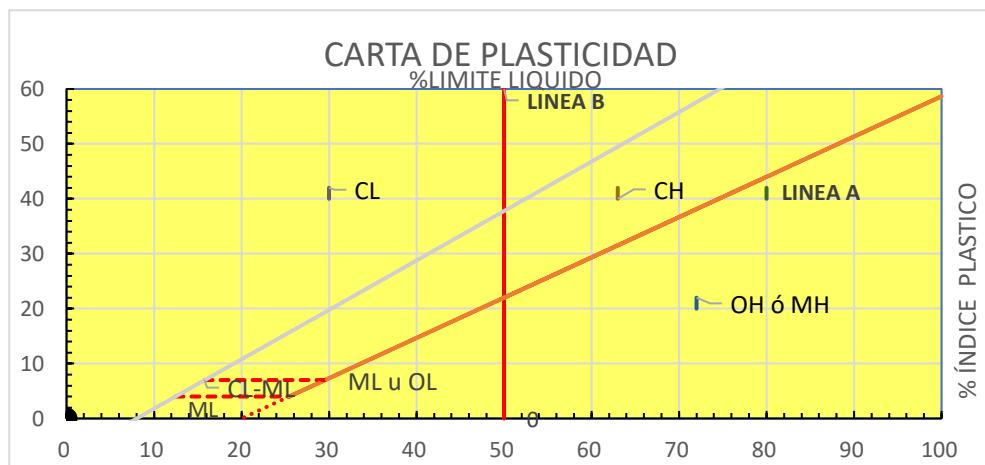
CRITERIO LIMITES ATTERBEG

LL:

NP

IP:

NP



En conclusión es un suelo:

SP

ARENA MAL GRADUADO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
CIVIL

**CS -
AASHTO**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

CLASIFICACIÓN DE SUELOS POR EL METODO AASHTO

Proyecto: "Optimización de la capacidad portante del suelo mediante relleno fluido en cimentaciones superficiales del P.J.. Primero de mayo 2023"

Localización:
n:

Muestra:	Calicata	Estrat	Profundidad:	-
Nº	02	o	Coordenadas:	-
Fecha:	Junio del 2024			

1. Porcentaje que pasa la malla Nº200:	2.61%	%FINOS<=35 %
2. Porcentaje que pasa la malla Nº40:	78.65%	
3. Porcentaje que pasa la malla Nº10:	90.05%	

**CRITERIO
GRANULOMETRÍA**

**CRITERIO LIMITES
ATTERBEG**

CU:	1.92
CC:	1.20

LL:	NP
IP:	NP

ÍNDICE DE GRUPO

**CARACTERÍSTICAS SEGÚN CUADRO
AASHTO**

GRUPO	TIPOLOGÍA	CALIDAD
A-3		

En conclusión es un suelo:

A-3(-)

PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO

PESO UNITARIO SECO SUELTO						
NORMA	ASTM C- 29					
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA						
CALICATA	C2					
ESTRATO	E1					
CODIGO	DESCRIPCIÓN	OPERACIÓN	UNIDAD	PESO		
				1	2	3
A	Peso del molde		gr	4524.20	4524.20	4524.20
B	Volumen del Molde		cm ³	2831.68	2831.68	2831.68
C	Peso del molde + Muestra Suelta		gr	8841.00	8862.70	8847.00
Peso Unitario Seco Suelto		((C-A)/B)x1000	kg/m ³	1524.47	1532.13	1526.58
Peso Unitario Seco Suelto			kg/m³	1527.73		

PESO UNITARIO SECO COMPACTADO						
NORMA	ASTM C- 29					
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA						
CALICATA	C2					
ESTRATO	E1					
CODIGO	DESCRIPCIÓN	OPERACIÓN	UNIDAD	PESO		
				1	2	3
A	Peso del molde		gr	4524.20	4524.20	4524.20
B	Volumen del Molde		cm ³	2831.68	2831.68	2831.68
C	Peso del molde + Muestra Compactada		gr	9415.60	9425.50	9415.40
Peso Unitario Seco Compactado		((C-A)/B)x1000	kg/m ³	1727.38	1730.88	1727.31
Peso Unitario Seco compactado			kg/m³	1728.53		

PESO UNITARIO SECO SUELTO						
NORMA	ASTM C- 29					
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA						
CALICATA	C2					
ESTRATO	E2					
CODIGO	DESCRIPCIÓN	OPERACIÓN	UNIDAD	PESO		
				1	2	3
A	Peso del molde		gr	4524.20	4524.20	4524.20
B	Volumen del Molde		cm ³	2831.68	2831.68	2831.68
C	Peso del molde + Muestra Suelta		gr	8724.65	8711.90	8728.10
Peso Unitario Seco Suelto		((C-A)/B)x1000	kg/m ³	1483.38	1478.87	1484.60
Peso Unitario Seco Suelto			kg/m³	1482.28		

PESO UNITARIO SECO COMPACTADO							
NORMA		ASTM C- 29					
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA							
CALICATA		C2					
ESTRATO		E2					
Código	DESCRIPCIÓN	OPERACIÓN	UNIDAD	PESO			
				1	2	3	
A	Peso del molde		gr	4524.20	4524.20	4524.20	
B	Volumen del Molde		cm ³	2831.68	2831.68	2831.68	
C	Peso del molde + Muestra Compactada		gr	9198.00	9223.80	9248.20	
Peso Unitario Seco Compactado		((C-A)/B)x1000	kg/m ³	1650.54	1659.65	1668.27	
Peso Unitario Seco compactado			kg/m³	1659.49			

4. Peso específico de los sólidos: ASTM D854

PESO ESPECIFICO NOMINAL ASTM C-128/ AASHTO T 84				
Código	DESCRIPCIÓN	OPERACIÓN	UNIDAD	PESO
S	Peso de fiola		gr	172.40
C	Peso del Fiola + Muestra +Agua		gr	674.90
A	Peso de la Muestra		gr	125.00
B	Peso del Fiola + Agua		gr	648.42
Peso Específico Nominal		(A/(A+B-C))	gr/cm³	1.269

PESO ESPECIFICO NOMINAL ASTM C-128/ AASHTO T 84				
Código	DESCRIPCIÓN	OPERACIÓN	UNIDAD	PESO
S	Peso de fiola		gr	182.50
C	Peso del Fiola + Muestra +Agua		gr	703.10
A	Peso de la Muestra		gr	125.00
B	Peso del Fiola + Agua		gr	670.71
Peso Específico Nominal		(A/(A+B-C))	gr/cm³	1.350

5. Ensayo de corte directo: ASTM D3080

CORTE DIRECTO

RESULTADOS DE ENSAYOS ESTÁNDAR DE LABORATORIO
--

OPTIMIZACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO MEDIANTE RELLENO FLUIDO EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DEL P.J. PRIMERO DE MAYO 2023

FECHA : 9 DE JULIO DEL 2024

CALICAT

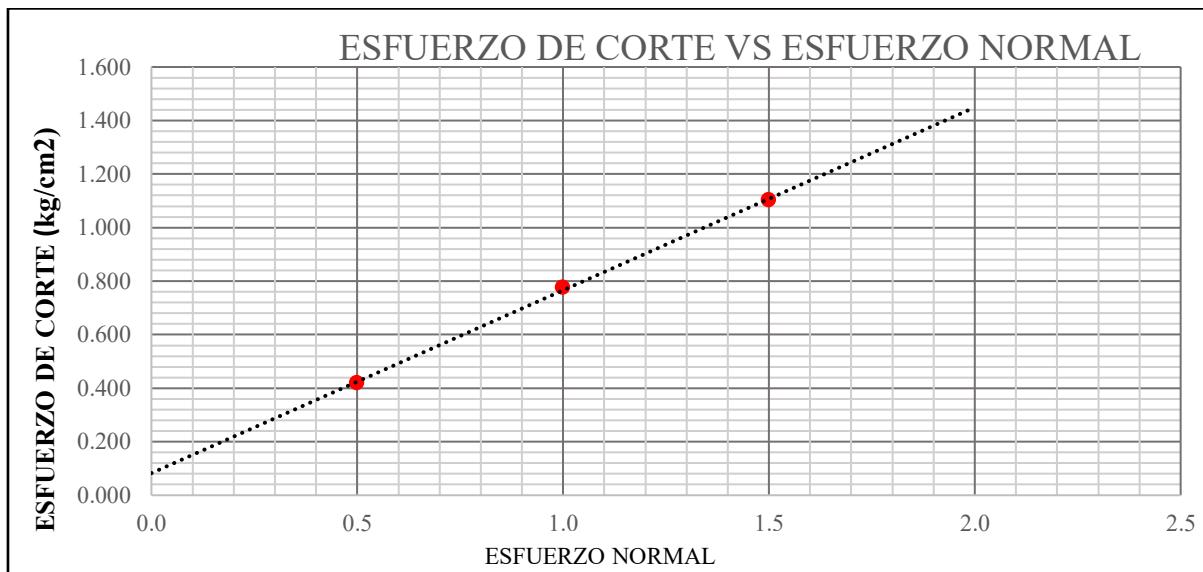
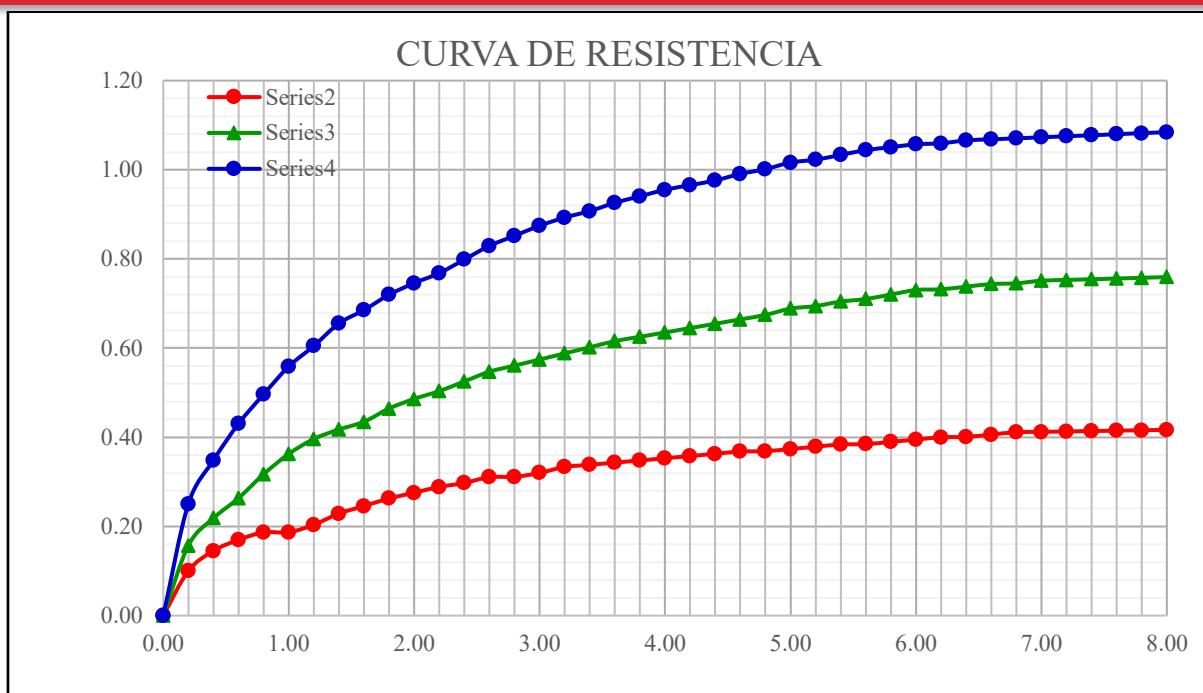
A : C-1
: E-2 / -

ESTRATO 1.60 m

ENSAZO DE CORTE DIRECTO (ASTM D-3080)
--

DEL ESPÉCIMEN	ESPÉCIMEN I		ESPÉCIMEN II		ESPÉCIMEN III	
	Inicio	Termino	Inicio	Termino	Inicio	Termino
ALTURA (cm)	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10
ÁREA (cm ²)	100	100	100	100	100	100
DENSIDAD (gr/cm ³)	1.400	1.400	1.400	1.400	1.400	1.400
HUMEDAD (%)	9.60%	9.60%	9.60%	9.60%	9.60%	9.60%
ESFUERZO NORMAL (kg/cm ²)	0.5	1.0	1.5	1.5	1.5	1.5
DEFORMAC IÓN TANGENCI AL (mm)	ESPÉCIMEN I		ESPÉCIMEN II		ESPÉCIMEN III	
	FUERZA CORTANTE (kg)	ESFUERZO DE CORTE (Kg/cm ²)	FUERZA CORTANTE (kg)	ESFUERZO DE CORTE (Kg/cm ²)	FUERZA CORTANTE (kg)	ESFUERZO DE CORTE (Kg/cm ²)
0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000
0.200	10.01	0.100	15.68	0.157	24.99	0.250
0.400	14.46	0.145	21.75	0.218	34.69	0.348
0.600	16.89	0.170	26.2	0.264	42.78	0.430
0.800	18.51	0.187	31.46	0.317	49.24	0.496
1.000	18.51	0.187	35.9	0.363	55.31	0.559
1.200	20.13	0.204	39.14	0.396	59.76	0.605
1.400	22.56	0.229	41.16	0.417	64.61	0.655
1.600	24.18	0.246	42.78	0.435	67.44	0.685
1.800	25.79	0.263	45.61	0.464	70.67	0.720
2.000	27.01	0.276	47.63	0.486	73.09	0.746

2.200	28.22	0.289	49.24	0.503	75.12	0.768
2.400	29.03	0.297	51.27	0.525	77.95	0.799
2.600	30.25	0.311	53.29	0.547	80.78	0.829
2.800	30.25	0.311	54.5	0.561	82.80	0.852
3.000	31.05	0.320	55.71	0.574	84.82	0.874
3.200	32.27	0.333	56.93	0.588	86.43	0.893
3.400	32.67	0.338	58.14	0.602	87.65	0.907
3.600	33.08	0.343	59.35	0.616	89.26	0.926
3.800	33.48	0.348	60.16	0.625	90.48	0.941
4.000	33.88	0.353	60.97	0.635	91.69	0.955
4.200	34.29	0.358	61.78	0.645	92.50	0.966
4.400	34.69	0.363	62.58	0.655	93.31	0.976
4.600	35.1	0.368	63.39	0.664	94.52	0.991
4.800	35.1	0.369	64.2	0.674	95.33	1.001
5.000	35.5	0.374	65.41	0.689	96.54	1.016
5.200	35.9	0.379	65.82	0.694	96.95	1.023
5.400	36.31	0.384	66.63	0.704	97.75	1.033
5.600	36.31	0.385	67.03	0.710	98.56	1.044
5.800	36.71	0.390	67.84	0.720	98.97	1.051
6.000	37.12	0.395	68.65	0.730	99.37	1.057
6.200	37.52	0.400	68.65	0.732	99.37	1.059
6.400	37.52	0.401	69.05	0.738	99.77	1.066
6.600	37.93	0.406	69.46	0.744	99.77	1.068
6.800	38.33	0.411	69.46	0.745	99.77	1.070
7.000	38.33	0.412	69.86	0.751	99.77	1.073
7.200	38.33	0.413	69.86	0.753	99.77	1.075
7.400	38.33	0.414	69.86	0.754	99.77	1.077
7.600	38.33	0.415	69.86	0.756	99.77	1.080
7.800	38.33	0.416	69.86	0.758	99.77	1.082
8.000	38.33	0.417	69.86	0.759	99.77	1.084



$$C = 0.0827 \text{ kg/cm}^2$$

$$F = 28.1^\circ$$

DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA DEL SUELO -NORMA E. 050

1. Datos de partida	
Df (profundidad de desplante) =	1.5 m
γ (peso volumétrico) =	1.35 Ton/m ³
c (cohesión) =	0
ϕ (ángulo de fricción interna) =	28.1 °
B (ancho de zapata) =	1.5 m
L (largo de zapata) =	1.5 m
FS (factor de seguridad) =	3

2. Cálculo de parámetros y coeficientes

$$N_q = e^{(\pi \tan \phi)} \cdot \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right)$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \cdot \tan(1.4\phi)$$

a) Coeficientes de capacidad portante:	Nq =	14.89
	Ny=	11.39
b) Coeficientes de forma y de inclinación (zapata cuadrada, carga vertical):	S γ =	0.8
	Iq=	1

3. Fórmula general (Norma E.050, Ítem 20.3)

$$q_d = i_q \cdot \gamma D_f N_q + 0.5 \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma \cdot \gamma B N_\gamma$$

Qult : 13.13 Tn/m²

Qult: 1.33 kg/cm²

Anexo 04- Ensayos realizados a la muestra de suelo de P.J. Primero de Mayo del distrito de Nuevo Chimbote con relleno fluido.

1. Peso específico de los sólidos: ASTM D854

CALICATA-01

Muestra de suelo + 6% de Relleno fluido

PESO ESPECIFICO NOMINAL				
NORMA		ASTM C-128/ AASHTO T 84		
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA				
CALICATA	C1			
ESTRATO	E2			
Código	DESCRIPCIÓN	OPERACIÓN	UNIDAD	PESO
S	Peso de fiola		gr	182.50
C	Peso del Fiola + Muestra +Agua		gr	675.60
A	Peso de la Muestra		gr	125.00
B	Peso del Fiola + Agua		gr	648.42
Peso Específico Nominal		(A/(A+B-C))	gr/cm3	1.278

Muestra de suelo + 9% de Relleno fluido

PESO ESPECIFICO NOMINAL				
NORMA		ASTM C-128/ AASHTO T 84		
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA				
CALICATA	C1			
ESTRATO	E2			
Código	DESCRIPCIÓN	OPERACIÓN	UNIDAD	PESO
S	Peso de fiola		gr	182.50
C	Peso del Fiola + Muestra +Agua		gr	675.60
A	Peso de la Muestra		gr	125.00
B	Peso del Fiola + Agua		gr	648.42
Peso Específico Nominal		(A/(A+B-C))	gr/cm3	1.278

Muestra de suelo + 12% de Relleno fluido

PESO ESPECIFICO NOMINAL NORMA ASTM C-128/ AASHTO T 84				
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA CALICATA C1 ESTRATO E2				
Código	DESCRIPCIÓN	OPERACIÓN	UNIDAD	PESO
S	Peso de fiola		183.50	183.50
C	Peso del Fiola + Muestra +Agua		704.45	704.45
A	Peso de la Muestra		125.00	125.00
B	Peso del Fiola + Agua		670.71	670.71
Peso Específico Nominal		(A/(A+B-C))	gr/cm3	1.370

CALICATA-02

Muestra de suelo + 6% de Relleno fluido

PESO ESPECIFICO NOMINAL					
NORMA	ASTM C-128/ AASHTO T 84				
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA					
CALICATA	C1				
ESTRATO	E2				
Código	DESCRIPCIÓN	OPERACIÓN	UNIDAD	PESO	
S	Peso de fiola		gr	183.50	
C	Peso del Fiola + Muestra +Agua		gr	697.90	
A	Peso de la Muestra		gr	125.00	
B	Peso del Fiola + Agua		gr	670.71	
Peso Específico Nominal		(A/(A+B-C))	gr/cm ³	1.278	

Muestra de suelo + 9% de Relleno fluido

PESO ESPECIFICO NOMINAL					
NORMA	ASTM C-128/ AASHTO T 84				
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA					
CALICATA	C1				
ESTRATO	E2				
Código	DESCRIPCIÓN	OPERACIÓN	UNIDAD	PESO	
S	Peso de fiola		gr	183.50	
C	Peso del Fiola + Muestra +Agua		gr	705.80	
A	Peso de la Muestra		gr	125.00	
B	Peso del Fiola + Agua		gr	670.71	
Peso Específico Nominal		(A/(A+B-C))	gr/cm ³	1.390	

Muestra de suelo + 12% de Relleno fluido

PESO ESPECIFICO NOMINAL					
NORMA ASTM C-128/ AASHTO T 84					
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA					
CALICATA	C1				
ESTRATO	E2				
Código	DESCRIPCIÓN	OPERACIÓN	UNIDAD	PESO	
S	Peso de fiola		gr	183.50	
C	Peso del Fiola + Muestra +Agua		gr	713.20	
A	Peso de la Muestra		gr	125.00	
B	Peso del Fiola + Agua		gr	670.71	
Peso Específico Nominal		(A/(A+B-C))	gr/cm3	1.515	

2. Ensayo de penetración dinámica ligera: ASTM D-3441

CALICATA-01

Muestra patrón

Prof	N dpl	Prof(SPT)	N SPT	N SPT Corregida	Ø	E kg/cm2
10		15	0			
20		30	0			
30		45	0			
40		60	0			
50		75	0			
60		90	0			
70		105	0			
80		120	0	0.0	0.0	0
90		135	0			
100		150	0			
110		165	0	0.0	0.0	0
120		180	0			
130		195	0			
140		210	0	1.4	28.0	100.00
150	4	225	2.762619			
160	5	240	3.4532738			
170	4	255	2.762619	4.8	28.0	100.00
180	5	270	3.4532738			
190	5	285	3.4532738			
200	6	300	4.1439285	7.3	28.9	169
210	10	315	6.9065475			
220	8	330	5.525238			
230	16	345	11.050476	14.5	31.11	296.05
240	18	360	12.431786			
250	26	375	17.957024			
260	30	390	20.719643	30.7	36.2	50921
270	33	405	22.791607			

Muestra +6%

Prof	N dpl	Prof(SPT)	N SPT	N SPT Correguida	Ø	E kg/cm ²
10		15	0			
20		30	0			
30		45	0			
40		60	0			
50		75	0			
60		90	0			
70		105	0			
80		120	0			
90		135	0			
100	3	150	2.0719643	3.8	28.00	100
110	4	165	2.762619			
120	4	180	2.762619			
130	3	195	2.0719643	4.5	28.00	100
140	5	210	3.4532738			
150	5	225	3.4532738			
160	6	240	4.1439285	6.6	28.64	148
170	6	255	4.1439285			
180	7	270	4.8345833			
190	8	285	5.525238	9.0	29.60	220
200	8	300	5.525238			
210	10	315	6.9065475			
220	11	330	7.5972023	10.7	30.00	250
230	10	345	6.9065475			
240	10	360	6.9065475			
250	10	375	6.9065475	16.6	31.77	323.68
260	18	390	12.431786			
270	20	405	13.813095			

Muestra +9%

Prof	N dpl	Prof(SPT)	N SPT	N SPT Correguida	Ø	E kg/cm ²
10		15	0			
20		30	0			
30		45	0			
40		60	0			
50		75	0			
60		90	0			
70		105	0			
80		120	0			
90		135	0			
100	6	150	4.1439285	6.9	28.76	157
110	7	165	4.8345833			
120	7	180	4.8345833			
130	8	195	5.525238			
140	9	210	6.2158928	9.0	29.00	220
150	9	225	6.2158928			
160	8	240	5.525238	10.7	30.00	250
170	10	255	6.9065475			
180	13	270	8.9785118			
190	12	285	8.287857			
200	13	300	8.9785118	13.5	30.79	282.89
210	14	315	9.6691665			
220	18	330	12.431786			
230	18	345	12.431786			
240	22	360	15.194405	20.0	32.84	368.42
250	26	375	17.957024			
260	24	390	16.575714			
270	30	405	20.719643			

Muestra +12%

Prof	N dpl	Prof(SPT)	N SPT	N SPT Correguida	Ø	E kg/cm ²
10		15	0			
20		30	0			
30		45	0			
40		60	0			
50		75	0			
60		90	0			
70		105	0			
80		120	0			
90		135	0			
100		150	0			
110	12	165	8.287857	8.6	29.44	208
120	13	180	8.9785118			
130	15	195	10.359821			
140	15	210	10.359821	15.9	31.55	314.47
150	16	225	11.050476			
160	18	240	12.431786			
170	18	255	12.431786	20.7	33.06	377.63
180	24	270	16.575714			
190	27	285	18.647678			
200	30	300	20.719643	31.1	36.03	502.63
210	33	315	22.791607			
220	35	330	24.172916			
230	36	345	24.863571	38.7	38.03	702.63
240	41	360	28.316845			

CALICATA-02

Muestra Patrón

Prof	N dpl	Prof(SPT)	N SPT	N SPT Correguida	Ø	E kg/cm2
10		15	0			
20		30	0			
30		45	0			
40		60	0			
50		75	0			
60		90	0			
70		105	0	0.0	0.0	0
80		120	0			
90		135	0			
100		150	0			
110		165	0	0.0	0.0	0
120		180	0			
130		195	0			
140		210	0	1.7	28.0	100.00
150	5	225	3.4532738			
160	6	240	4.1439285	5.9	28.4	127.00
170	5	255	3.4532738			
180	6	270	4.1439285			
190	6	285	4.1439285	7.6	29.0	178
200	7	300	4.8345833			
210	9	315	6.2158928			
220	9	330	6.2158928	15.2	31.33	305.26
230	17	345	11.741131			
240	18	360	12.431786			
250	27	375	18.647678	31.8	36.2	521.05
260	31	390	21.410297			
270	34	405	23.482262			

Muestra +6%

Prof	N dpl	Prof(SPT)	N SPT	N SPT Correguida	Ø	E kg/cm ²
10		15	0			
20		30	0			
30		45	0			
40		60	0			
50		75	0			
60		90	0			
70		105	0			
80		120	0			
90		135	0			
100	3	150	2.0719643			
110	4	165	2.762619	3.8	28.00	100
120	4	180	2.762619			
130	4	195	2.762619	5.5	28.50	115
140	6	210	4.1439285			
150	6	225	4.1439285			
160	7	240	4.8345833	7.9	29.16	187
170	8	255	5.525238			
180	8	270	5.525238			
190	9	285	6.2158928	10.0	30.00	250
200	9	300	6.2158928			
210	11	315	7.5972023			
220	13	330	8.9785118	13.8	30.90	268.42
230	13	345	8.9785118			
240	14	360	9.6691665			
250	11	375	7.5972023	17.6	32.08	336.84
260	19	390	13.12244			
270	21	405	14.50375			

Muestra +9%

Prof	N dpl	Prof(SPT)	N SPT	N SPT Correguida	Ø	E kg/cm ²
10		15	0			
20		30	0			
30		45	0			
40		60	0			
50		75	0			
60		90	0			
70	6	105	4.1439285	6.9	28.76	157
80	7	120	4.8345833			
90	7	135	4.8345833			
100	8	150	5.525238	8.6	29.20	220
110	8	165	5.525238			
120	9	180	6.2158928			
130	10	195	6.9065475	11.7	30.00	282.89
140	12	210	8.287857			
150	12	225	8.287857			
160	12	240	8.287857	15.2	31.33	305.26
170	16	255	11.050476			
180	16	270	11.050476			
190	19	285	13.12244	21.4	33.28	386.64
200	20	300	13.813095			
210	23	315	15.885059			
220	27	330	18.647678	28.3	35.46	477.63
230	25	345	17.266369			
240	30	360	20.719643			
250	38	375	26.244881	50.1	41.03	1002.7
260	49	390	33.842083			
270	58	405	40.057976			

Muestra +12%

Prof	N dpl	Prof(SPT)	N SPT	N SPT Correguida	Ø	E kg/cm ²
10		15	0			
20		30	0			
30		45	0			
40		60	0			
50		75	0			
60		90	0			
70		105	0			
80	12	120	8.287857	8.6	29.44	208
90	13	135	8.9785118			
100	15	150	10.359821	15.9	31.55	314.47
110	15	165	10.359821			
120	16	180	11.050476			
130	18	195	12.431786	20.0	32.50	418.42
140	19	210	13.12244			
150	21	225	14.50375			
160	28	240	19.338333	32.8	36.47	547.37
170	32	255	22.100952			
180	35	270	24.172916			
190	40	285	27.62619	42.5	39.03	802.63
200	41	300	28.316845			
210	42	315	29.0075			
220	47	330	32.460773	51.8	41.47	1047.38
230	50	345	34.532738			
240	53	360	36.604702			

3. Capacidad portante – Norma E.050

Calicata 01

Muestra con 6% de relleno fluido

DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA DEL SUELO -NORMA E. 050

1. Datos de partida	
Df (profundidad de desplante) =	1.5 m
γ (peso volumétrico) =	1.3 Ton/m ³
c (cohesión) =	0
ϕ (ángulo de fricción interna) =	27.5 °
B (ancho de zapata) =	1.5 m
L (largo de zapata) =	1.5 m
FS (factor de seguridad) =	3

2. Cálculo de parámetros y coeficientes

$$N_q = e^{(\pi \tan \phi)} \cdot \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right)$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \cdot \tan(1.4\phi)$$

a) Coeficientes de capacidad portante:	Nq =	13.96
	Ny=	10.31
b) Coeficientes de forma y de inclinación (zapata cuadrada, carga vertical):	S γ =	0.8
	Iq=	1

3. Fórmula general (Norma E.050, Ítem 20.3)

$$q_d = i_q \cdot \gamma D_f N_q + 0.5 \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma \cdot \gamma B N_\gamma$$

Qult : 11.55 Tn/m²

Qult: 1.17 kg/cm²

Muestra con 9% de relleno fluido

DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA DEL SUELO -NORMA E. 050

1. Datos de partida	
Df (profundidad de desplante) =	1.5 m
γ (peso volumétrico) =	1.37 Ton/m ³
c (cohesión) =	0
φ (ángulo de fricción interna) =	29 °
B (ancho de zapata) =	1.5 m
L (largo de zapata) =	1.5 m
FS (factor de seguridad) =	3

2. Cálculo de parámetros y coeficientes

$$N_q = e^{(\pi \tan \phi)} \cdot \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right)$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \cdot \tan(1.4\phi)$$

a) Coeficientes de capacidad portante:	Nq =	16.42
	Ny=	13.22
b) Coeficientes de forma y de inclinación (zapata cuadrada, carga vertical):	Sγ=	0.8
	Iq=	1

3. Fórmula general (Norma E.050, Ítem 20.3)

$$q_d = i_q \cdot \gamma D_f N_q + 0.5 \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma \cdot \gamma B N_\gamma$$

Qult : 14.87 Tn/m²

Qult: 1.51 kg/cm²

Muestra con 12% de relleno fluido

DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA DEL SUELO -NORMA E. 050

1. Datos de partida	
Df (profundidad de desplante) =	1.5 m
γ (peso volumétrico) =	1.51 Ton/m ³
c (cohesión) =	0
ϕ (ángulo de fricción interna) =	31.5 °
B (ancho de zapata) =	1.5 m
L (largo de zapata) =	1.5 m
FS (factor de seguridad) =	3

2. Cálculo de parámetros y coeficientes

$$N_q = e^{(\pi \tan \phi)} \cdot \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right)$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \cdot \tan(1.4\phi)$$

a) Coeficientes de capacidad portante:	Nq =	21.88
	Ny=	20.23
b) Coeficientes de forma y de inclinación (zapata cuadrada, carga vertical):	S γ =	0.8
	Iq=	1

3. Fórmula general (Norma E.050, Ítem 20.3)

$$q_d = i_q \cdot \gamma D_f N_q + 0.5 \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma \cdot \gamma B N_\gamma$$

Qult : 22.55 Tn/m²

Qult: 2.29 kg/cm²

Calicata 02

Muestra con 6% de relleno fluido

DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA DEL SUELO -NORMA E. 050

1. Datos de partida	
Df (profundidad de desplante) =	1.5 m
γ (peso volumétrico) =	1.3 Ton/m ³
c (cohesión) =	0
ϕ (ángulo de fricción interna) =	28.5 °
B (ancho de zapata) =	1.5 m
L (largo de zapata) =	1.5 m
FS (factor de seguridad) =	3

2. Cálculo de parámetros y coeficientes

$$N_q = e^{(\pi \tan \phi)} \cdot \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right)$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \cdot \tan(1.4\phi)$$

a) Coeficientes de capacidad portante:	Nq =	15.56
	Ny=	12.17

b) Coeficientes de forma y de inclinación (zapata cuadrada, carga vertical):	S γ =	0.8
	Iq=	1

3. Fórmula general (Norma E.050, Ítem 20.3)

$$q_d = i_q \cdot \gamma D_f N_q + 0.5 \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma \cdot \gamma B N_\gamma$$

Qult : 13.05 Tn/m²

Qult: 1.33 kg/cm²

Muestra con 9% de relleno fluido

DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA DEL SUELO -NORMA E. 050

1. Datos de partida	
Df (profundidad de desplante) =	1.5 m
γ (peso volumétrico) =	1.39 Ton/m ³
c (cohesión) =	0
ϕ (ángulo de fricción interna) =	30.0 °
B (ancho de zapata) =	1.5 m
L (largo de zapata) =	1.5 m
FS (factor de seguridad) =	3

2. Cálculo de parámetros y coeficientes

$$N_q = e^{(\pi \tan \phi)} \cdot \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right)$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \cdot \tan(1.4\phi)$$

a) Coeficientes de capacidad portante:	Nq =	18.39
	Ny=	15.65
b) Coeficientes de forma y de inclinación (zapata cuadrada, carga vertical):	S γ =	0.8
	Iq=	1

3. Fórmula general (Norma E.050, Ítem 20.3)

$$q_d = i_q \cdot \gamma D_f N_q + 0.5 \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma \cdot \gamma B N_\gamma$$

Qult : 17.13 Tn/m²

Qult: 1.74 kg/cm²

Muestra con 12% de relleno fluido

DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA DEL SUELO -NORMA E. 050

1. Datos de partida	
Df (profundidad de desplante) =	1.5 m
γ (peso volumétrico) =	1.515 Ton/m ³
c (cohesión) =	0
φ (ángulo de fricción interna) =	32.5 °
B (ancho de zapata) =	1.5 m
L (largo de zapata) =	1.5 m
FS (factor de seguridad) =	3

2. Cálculo de parámetros y coeficientes

$$N_q = e^{(\pi \tan \phi)} \cdot \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right)$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \cdot \tan(1.4\phi)$$

a) Coeficientes de capacidad portante:	Nq =	24.57
	Ny=	23.99
b) Coeficientes de forma y de inclinación (zapata cuadrada, carga vertical):	Sγ=	0.8
	Iq=	1

3. Fórmula general (Norma E.050, Ítem 20.3)

$$q_d = i_q \cdot \gamma D_f N_q + 0.5 \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma \cdot \gamma B N_\gamma$$

Qult : 25.88 Tn/m²

Qult: 2.63 kg/cm²

Anexo 05- Memoria de cálculo para la cimentación superficial sobre suelo en estado natural.

Caso 1: Zapata aislada cuadrada de $1.50 \text{ m} \times 1.50 \text{ m}$

1. DATOS DE DISEÑO

1.1. Cargas actuantes

- Carga muerta + carga viva transmitida por la columna:

$$Pu = 26,325 \text{ kg}$$

1.2. Datos del terreno

- Capacidad portante última: $\sigma_t = 1.17 \text{ kg/cm}^2$
- Peso específico del suelo: 1.4 g/cm^3
- Fondo de cimentación: $Df = 1.60 \text{ m}$
- Profundidad del piso: $hp = 0.20 \text{ m}$
- Nivel freático: No considerado

1.3. Datos de la zapata

- Lado: 1.50 m
- Área: $AZAP = 1.50 \times 1.50 = 2.25 \text{ m}^2 = 22,500 \text{ cm}^2$
- Espesor propuesto: $Hz = 0.60 \text{ m}$
- Recubrimiento: $r = 7.5 \text{ cm}$

1.4. Datos de la columna

- Dimensiones: $0.40 \text{ m} \times 0.40 \text{ m}$

1.5. Materiales

- Resistencia a la compresión del concreto: $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
- Fluencia del acero: $fy = 4,200 \text{ kg/cm}^2$

2. PREDIMENSIONAMIENTO

2.1. Verificación de área y presión de contacto

$$AZAP = 1.50 \times 1.50 = 2.25 \text{ m}^2 = 22,500 \text{ cm}^2$$

$$q = PuAZAP = \frac{26,325}{22,500} = 1.17 \text{ kg/cm}^2$$

Comparación con la capacidad portante:

$$q = 1.17 \text{ kg/cm}^2$$

Conclusión:

La zapata cumple la verificación de capacidad portante del terreno

2.2. Dimensionamiento del espesor de zapata

$$d = Hz - r - \frac{1.2}{2} = 60 - 7.5 - 0.6 = 51.9 \text{ cm}$$

3. VERIFICACIÓN POR PUNZONAMIENTO

3.1. Cálculo del perímetro crítico

$$d/2 = 51.9/2 = 25.95 \text{ cm}$$

$$\text{Lado crítico} = 40 + 2 \times 25.95 = 91.9 \text{ cm}$$

$$bo = 4 \times 91.9 = 367.6 \text{ cm}$$

3.2. Área dentro del perímetro crítico

$$A_{crit} = (0.919)^2 = 0.845m^2 = 8,450cm^2$$

3.3. Esfuerzo cortante de diseño

$$Vu = Pu - q \cdot A_{crit}$$

$$Vu = 26,325 - (1.17 \times 8,450) = 26,325 - 9,887 = 16,438kg$$

3.4. Resistencia del concreto al corte (punzonamiento)

$$Vc = 0.53 \cdot \sqrt{f'c} \cdot bo \cdot d$$

$$\sqrt{210} = 14.49$$

$$Vc = 0.53 \times 14.49 \times 367.6 \times 51.9 = 146,513kg$$

$$\phi = 0.75 \Rightarrow \phi Vc = 0.75 \times 146,513 = 109,885kg$$

3.5. Comparación

$$Vu = 16,438kg < \phi Vc = 109,885kg$$

Conclusión:

La zapata cumple ampliamente en punzonamiento.

4. VERIFICACIÓN POR FLEXIÓN

4.1. Momento flector máximo

$$e = \frac{1.50 - 0.40}{2} = 0.55m = 55cm$$

$$M_{max, total} = q \cdot \frac{e^2}{2} \cdot b \times 100$$

$$M_{max, total} = 1.17 \times \frac{55^2}{2} \times 15$$

$$(55)^2 = 3,025$$

$$3,025/2 = 1,512.5$$

$$1.17 \times 1,512.5 = 1,770$$

$$1,770 \times 150 = 265,500 kg \times cm$$

4.2. Resistencia nominal a flexión

$$M_n = 0.9 \times f'c \times b \times d^2/6$$

$$M_n = 0.9 \times 210 \times 150 \times (51.9)^2/6$$

$$0.9 \times 210 = 189$$

$$189 \times 150 = 28,350$$

$$28,350 \times 2,694.61 = 76,380,074$$

$$M_n = \frac{76,380,074}{6} = 12,730,012 kg \times cm$$

4.3. Comparación

$$M_{max, total} = 265,500 kg \times cm \ll M_n = 12,730,012 kg \times cm$$

Conclusión: La sección cumple ampliamente la resistencia a flexión.

5. CÁLCULO DEL ACERO DE REFUERZO

5.1. Acero mínimo requerido (Norma E.060, ancho total)

$$A_{s,min} = 0.0018 \times 150 \times 51.9 = 14.01 cm^2$$

5.2. Selección del diámetro y número de barras

° Barras de 1/2" (área = 1.13 cm²):

$$N_{barras} = \frac{14.01}{1.13} = 12.4 \approx 13 \text{ barras}$$

Separación: 150/13=11.5 cm

Barras de 5/8" (área = 1.99 cm²):

$$Nbarras = \frac{14.01}{1.99} = 7.05 \approx 8 \text{ barras}$$

Separación: 150/8=18.75 cm

5.3. Espaciamiento según fórmula normativa

$$S = \frac{b - (2r + D_{var})}{N_{var} - 1}$$

Para 13 barras de 1/2" (r=7.5 cm, $D_{var}=1.3$ cm

$$S = \frac{150 - (2 \times 7.5 + 1.3)}{13 - 1} = \frac{150 - 16.3}{12} = \frac{133.7}{12} = 11.1 \text{ cm}$$

6. RECOMENDACIONES FINALES

- Se recomienda colocar 13 barras de 1/2" separadas cada 11 cm o 8 barras de 5/8" cada 19 cm en ambos sentidos de la zapata.
- El diseño cumple con la capacidad portante, resistencia a punzonamiento y a flexión.
- El acero de refuerzo debe disponerse de acuerdo a las separaciones mínimas normativas, recubrimientos y detallado en los planos estructurales

Anexo 06- Memoria de cálculo para la cimentación superficial sobre suelo modificado con relleno fluido.

Caso 2: Zapata aislada cuadrada de $1.10 \text{ m} \times 1.10 \text{ m}$

1. DATOS DE DISEÑO

1.1. Cargas actuantes

Carga muerta + carga viva transmitida por la columna:

$$P_u = 26,325 \text{ kg}$$

1.2. Datos del terreno

- Capacidad portante última: $\sigma_t = 2.29 \text{ kg/cm}^2$
- Peso específico del suelo: 1.4 g/cm^3
- Fondo de cimentación: $D_f = 1.50 \text{ m}$
- Profundidad del piso: $h_p = 0.20 \text{ m}$
- Nivel freático: **No considerado**

1.3. Datos de la zapata

- Lado: 1.10 m
- Área: $A_{ZAP} = 1.10 \times 1.10 = 1.21 \text{ m}^2 = 12,100 \text{ cm}^2$
- Espesor propuesto: $H_z = 0.60 \text{ m}$
- Recubrimiento: $r = 7.5 \text{ cm}$

1.4. Datos de la columna

- Dimensiones: $0.40 \text{ m} \times 0.40 \text{ m}$

1.5. Materiales

- Resistencia a la compresión del concreto: $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
- Fluencia del acero: $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$

2. PREDIMENSIONAMIENTO

2.1. Verificación de área y presión de contacto

$$A_{ZAP} = 1.10 \times 1.10 = 1.21m^2 = 12,100cm^2$$

$$q = \frac{P_u}{A_{ZAP}} = \frac{26,325}{12,100} = 2.18kg/cm^2$$

Comparación con la capacidad portante:

$$q = 2.18kg/cm^2 < \sigma_t = 2.29kg/cm^2$$

Conclusión:

La zapata cumple la verificación de capacidad portante del terreno.

2.2. Dimensionamiento del espesor de zapata

La altura útil se calcula considerando el recubrimiento y la mitad del diámetro de la barra (se asume 1/2", 1.2 cm):

$$d = H_z - r - \frac{1.2}{2} = 60 - 7.5 - 0.6 = 51.9cm$$

3. VERIFICACIÓN POR PUNZONAMIENTO

3.1. Cálculo del perímetro crítico

$$d/2 = 51.9/2 = 25.95cm$$

$$Lado\ crítico = 40 + 2 \times 25.95 = 91.9cm$$

$$b_o = 4 \times 91.9 = 367.6cm$$

3.2. Área dentro del perímetro crítico

$$A_{crit} = (0.919)^2 = 0.845m^2 = 8,450cm^2$$

3.3. Esfuerzo cortante de diseño

$$V_u = P_u - q \cdot A_{crit}$$

$$V_u = 26,325 - (2.18 \times 8,450) = 26,325 - 18,421 = 7,904kg$$

3.4. Resistencia del concreto al corte (punzonamiento)

$$V_c = 0.53 \cdot f'c \cdot b_o \cdot d$$

$$\sqrt{210} = 14.49$$

$$V_c = 0.53 \times 14.49 \times 367.6 \times 51.9 = 146,513kg$$

$$\phi = 0.75 \Rightarrow \phi V_c = 0.75 \times 146,513 = 109,885kg$$

3.5. Comparación

$$V_u = 7,904kg < \phi V_c = 109,885kg$$

Conclusión:

La zapata cumple ampliamente en punzonamiento.

4. VERIFICACIÓN POR FLEXIÓN

4.1. Momento flector máximo

$$e = \frac{1.10 - 0.40}{2} = 0.35m = 35cm$$

$$M_{max,total} = q \cdot \frac{e^2}{2} \cdot b \times 100$$

$$M_{max,total} = 2.18 \times \frac{35^2}{2} \times 110$$

$$= 2.18 \times 612.5 \times 110 = 146,878kg \times cm$$

4.2. Resistencia nominal a flexión

$$Mn = 0.9 \times f'c \times b \times d^2 / 6$$

$$Mn = 0.9 \times 210 \times 110 \times (51.9)^2 / 6$$

$$Mn = 9,335,800kg \times cm$$

4.3. Comparación

$$M_{max,total} = 146,878kg \times cm \ll Mn = 9,335,800kg \times cm$$

Conclusión: La sección cumple ampliamente la resistencia a flexión.

5. CÁLCULO DEL ACERO DE REFUERZO

5.1. Acero mínimo requerido (Norma E.060, ancho total)

$$A_{s,min} = 0.0018 \times 110 \times 51.9 = 10.28 \text{ cm}^2$$

5.2. Selección del diámetro y número de barras

- Barras de 1/2" (área = 1.13 cm²):

$$N_{barras} = \frac{10.28}{1.13} = 9.1 \approx 10 \text{ barras}$$

° Separación: 110/10=11 cm

° Barras de 5/8" (área = 1.99 cm²):

$$N_{barras} = \frac{10.28}{1.99} = 5.2 \approx 6 \text{ barras}$$

- Separación: 110/6=18.3 cm

5.3. Espaciamiento según fórmula normativa

$$S = \frac{b - (2r + D_{var})}{N_{var} - 1}$$

Para 10 barras de 1/2" (r=7.5 cm, D_{var}=1.3 cm)

$$S = \frac{110 - (2 \times 7.5 + 1.3)}{10 - 1} = \frac{110 - 16.3}{9} = \frac{93.7}{9} = 10.4 \text{ cm}$$

6. RECOMENDACIONES FINALES

- Se recomienda colocar 10 barras de 1/2" separadas cada 11 cm o 6 barras de 5/8" cada 18 cm en ambos sentidos de la zapata.
- El diseño cumple con la capacidad portante, resistencia a punzonamiento y a flexión.
- El acero de refuerzo debe disponerse de acuerdo a las separaciones mínimas normativas, recubrimientos y detallado en los planos estructurales.

7.0 Selección de la dimensión final de la zapata

En el proceso de diseño de cimentaciones, se busca no solo cumplir con los requerimientos mínimos establecidos por el análisis estructural, sino también garantizar la seguridad, la durabilidad y la eficiencia constructiva de la obra. Por este motivo, se evalúan alternativas que permitan optimizar el desempeño y la ejecución del sistema de cimentación. En ese contexto, se plantea la justificación para la adopción de una zapata de $1.20\text{ m} \times 1.20\text{ m}$ en lugar de la dimensión mínima calculada.

Justificación para la selección de zapata $1.20\text{ m} \times 1.20\text{ m}$

1. Seguridad estructural:

Se incrementa el área de la zapata a $1.20\text{ m} \times 1.20\text{ m}$ para asegurar un mayor margen de seguridad frente a posibles variaciones en la capacidad portante del terreno, sobrecargas accidentales y asentamientos diferenciales. De esta manera, se reduce la probabilidad de fallas y se garantiza un desempeño estructural óptimo.

2. Facilidad constructiva:

3. Se selecciona una dimensión estándar de $1.20\text{ m} \times 1.20\text{ m}$ para facilitar el proceso de excavación, encofrado y colocación del acero de refuerzo. De esta forma, se cumple adecuadamente con los requisitos de recubrimiento y espaciamiento normativo, lo que contribuye a una ejecución más eficiente y de mayor calidad.

4. Optimización logística:

Se estandarizan las dimensiones de las zapatas con el objetivo de optimizar el uso de materiales, reducir el desperdicio y simplificar la gestión de recursos en obra. Así,

se favorece la repetitividad en la producción y montaje de encofrados y acero, lo que se traduce en menor tiempo y costo de construcción.

5. Durabilidad y vida útil:

6. Se incrementa la dimensión de la zapata para proteger mejor la cimentación frente a agentes externos y posibles alteraciones geotécnicas. Con ello, se aumenta la durabilidad y se prolonga la vida útil del sistema de cimentación, minimizando los riesgos de deterioro prematuro.

7. Flexibilidad para futuras modificaciones:

8. Se elige una zapata de mayor área para proporcionar flexibilidad ante posibles modificaciones o ampliaciones estructurales, permitiendo soportar incrementos de carga o ampliaciones de la edificación con mayor seguridad.

9. Homogeneidad de diseño:

Se unifican las dimensiones de las zapatas en el proyecto para simplificar la supervisión técnica, facilitar el control de calidad y mejorar la coordinación entre las distintas fases del proceso constructivo.

Anexo 07-Presupuesto de la cimentación superficial sobre suelo en estado natural.

Ítem	Descripción	Unidad	Metrado	Precio Unitario	Total
1	OBRAS PROVISIONALES Y TRABAJOS PRELIMINARES				
1.01	TRABAJOS PRELIMINARES				
1.01.01	Trazo, niveles y replanteo preliminar	M2	2.250	S/2.66	S/5.99
2	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
2.01	Excavación masiva con máquina	M3	3.600	S/7.39	S/26.60
2.02	Relleno con material propio	M3	1.975	S/73.28	S/144.73
2.03	Eliminación de material excedente	M3	2.025	S/60.00	S/121.50
3	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE				
3.01	Solado para zapatas E=4" f _c 100 kg/cm ²	M2	0.225	S/28.29	S/6.37
4	SUELO EN ESTADO NATURAL				
4.01	Relleno compactado de suelo	M3	0.338	S/73.28	S/24.73
5	OBRAS DE CONCRETO ARMADO				
5.01	ZAPATAS				
05.01.01	Zapatas: Concreto f _c =210 kg/cm ²	M3	1.350	S/414.71	S/559.86
05.01.02	Acero de refuerzo f _y =4200 kg/cm ²	KG	24.336	S/6.37	S/155.02
Total					S/1,044.80

El presupuesto total es Mil cuarenta y cuatro con 80/100 soles.

Anexo 08-Presupuesto de la cimentación superficial sobre suelo con relleno fluido.

Ítem	Descripción	Unidad	Metrado	Precio Unitario	Total
1	OBRAS PROVISIONALES Y TRABAJOS PRELIMINARES				
1.01	TRABAJOS PRELIMINARES				
1.01.01	Trazo, niveles y replanteo preliminar	M2	1.440	S/2.66	S/3.83
2	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
2.01	Excavación masiva con máquina	M3	2.304	S/7.39	S/17.03
2.02	Relleno con material propio	M3	1.149	S/73.28	S/84.21
2.03	Eliminación de material excedente	M3	1.296	S/60.00	S/77.76
3	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE				
3.01	Solado para zapatas E=4" fc 100 kg/cm ²	M2	0.144	S/28.29	S/4.07
4	SUELO EN ESTADO NATURAL				
4.01	Relleno compactado de suelo	M3	0.216	S/73.28	S/15.83
4.02	Relleno Fluido	GIB	1.000	S/52.76	S/52.76
5	OBRAS DE CONCRETO ARMADO				
5.01	ZAPATAS				
05.01.01	Zapatas: Concreto fc=210 kg/cm ²	M3	0.864	S/414.71	S/358.31
05.01.02	Acero de refuerzo Fy=4200 kg/cm ²	KG	15.444	S/6.37	S/98.38
Total					S/712.17

El presupuesto total es de Siete cientos doce con 17/100 soles.

Anexo 09- Panel fotográfico

Figura 10

Determinación de la Masa de una Disolución en Matraz Aforado de 500 mL mediante Balanza Digital



Figura 11

Pesaje de Muestra de Suelo en Recipiente Metálico Utilizando Balanza Electrónica



Figura 12

Proceso de Muestreo de Suelo In Situ Mediante Perforación Manual



Figura 13

Equipo Mezclador de Concreto Tipo Trompo Utilizado en Construcción



Figura 14

Registro del Peso del Balde Plástico en Balanza Electrónica



Figura 15

Registro de muestra de suelo en Recipiente Plástico para Control de Dosificación



Figura 16

Mezcladora de relleno fluido en Operación durante la Preparación de Mezcla



Figura 17

Vista General de Excavaciones con relleno fluido



Figura 18

Ejecución del Ensayo de Penetración Dinámica Ligera (DPL) en Campo para Caracterización de Suelos



Figura 19

Prueba DPL para Evaluación de Mejoramiento de Suelos con Relleno Fluido en Cimentaciones Superficiales



Anexo 10-Análisis estadístico

Explorar

Notas

Resultados creados		13-JUN-2025 09:53:05
Comentarios		
Entrada	Conjunto de datos activo Filtro Peso Dividir archivo Núm. de filas del archivo de trabajo	Conjunto_de_datos1 <ninguno> <ninguno> <ninguno> 8
Manipulación de los valores perdidos	Definición de los perdidos Casos utilizados	Los valores perdidos definidos por el usuario para las variables dependientes serán tratados como perdidos. Los estadísticos se basan en los casos que no incluyan valores perdidos en ninguna variable dependiente o factor utilizados.
Sintaxis		EXAMINE VARIABLES=Capacidad_portante /PLOT NPLOT /STATISTICS DESCRIPTIVES /CINTERVAL 95 /MISSING LISTWISE /NOTOTAL.
Recursos	Tiempo de procesador Tiempo transcurrido	00:00:00.19 00:00:00.19

Resumen del procesamiento de los casos

	Casos					
	Válidos		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Capacidad_portante	8	100,0%	0	0,0%	8	100,0%

Descriptivos

		Estadístico	Error típ.
	Media	1,6263	,19761
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior Límite superior	1,1590 2,0935
	Media recortada al 5%		1,5958
	Mediana		1,4200
	Varianza		,312
Capacidad_portante	Desv. típ.		,55893
	Mínimo		1,17
	Máximo		2,63
	Rango		1,46
	Amplitud intercuartil		,98
	Asimetría		1,083
	Curtosis		-,167
			1,481

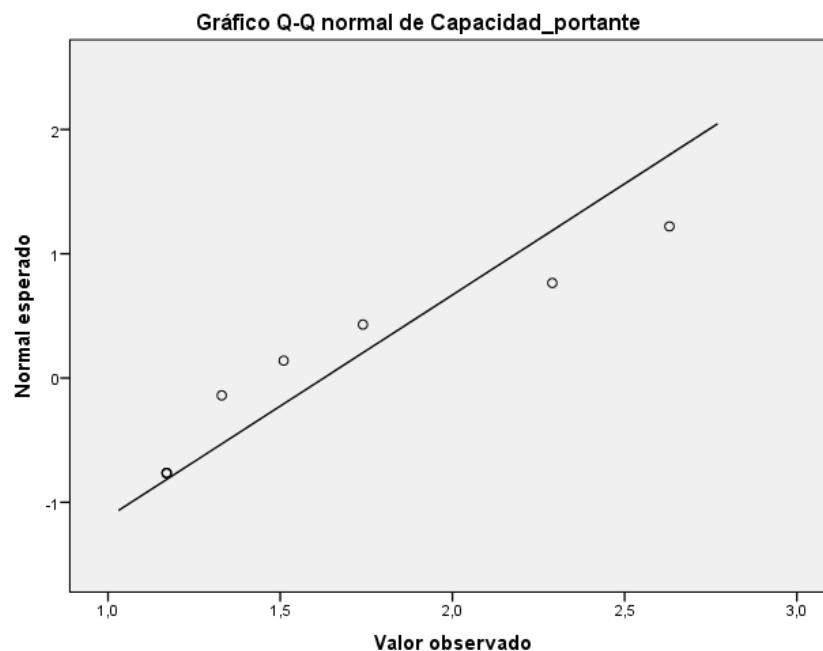
Pruebas de normalidad

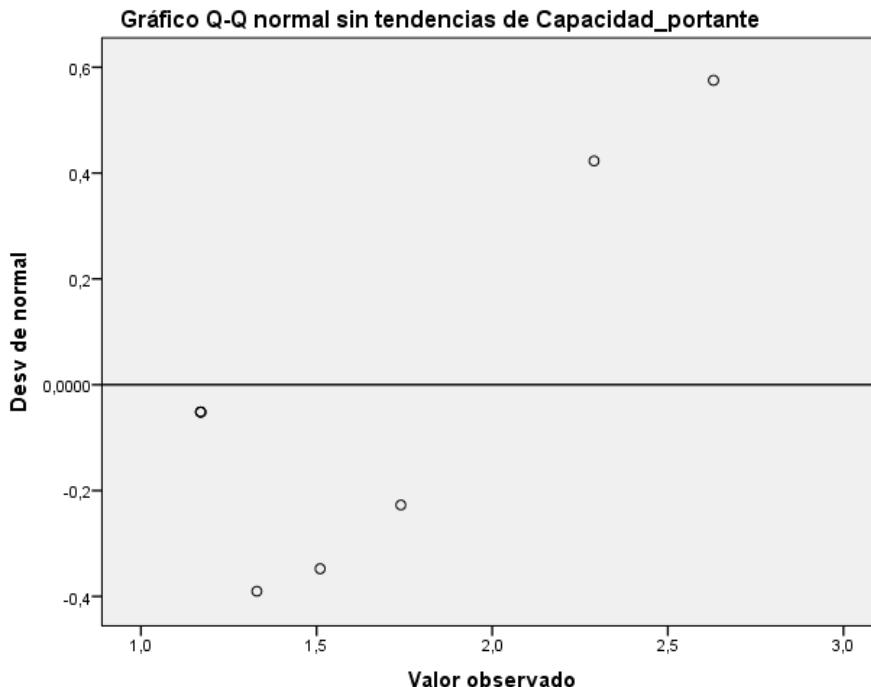
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Capacidad_portante	,207	8	,200*	,830	8	,060

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Capacidad_portante





ANOVA de un factor

Notas

Resultados creados		13-JUN-2025 09:38:42
Comentarios		
Entrada	Conjunto de datos activo Filtro Peso Dividir archivo Núm. de filas del archivo de trabajo Definición de los valores perdidos	Conjunto_de_datos1 <ninguno> <ninguno> <ninguno> Los valores perdidos definidos por el usuario serán tratados como perdidos. Los estadísticos de cada análisis se basan en los casos sin datos perdidos para cualquier variable en el análisis.
Tratamiento de los valores perdidos	Casos utilizados	ONEWAY Capacidad_portante BY Relleno_fluido /STATISTICS DESCRIPTIVES /PLOT MEANS /MISSING ANALYSIS.
Sintaxis		
Recursos	Tiempo de procesador Tiempo transcurrido	00:00:00.11 00:00:00.10

Descriptivos

Capacidad_portante

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo
					Límite inferior	Límite superior	
,00	2	1,1700	,00000	,00000	1,1700	1,1700	1,17
,06	2	1,2500	,11314	,08000	,2335	2,2665	1,17
,09	2	1,6250	,16263	,11500	,1638	3,0862	1,51
,12	2	2,4600	,24042	,17000	,2999	4,6201	2,29
Total	8	1,6263	,55893	,19761	1,1590	2,0935	1,17

Descriptivos

Capacidad_portante

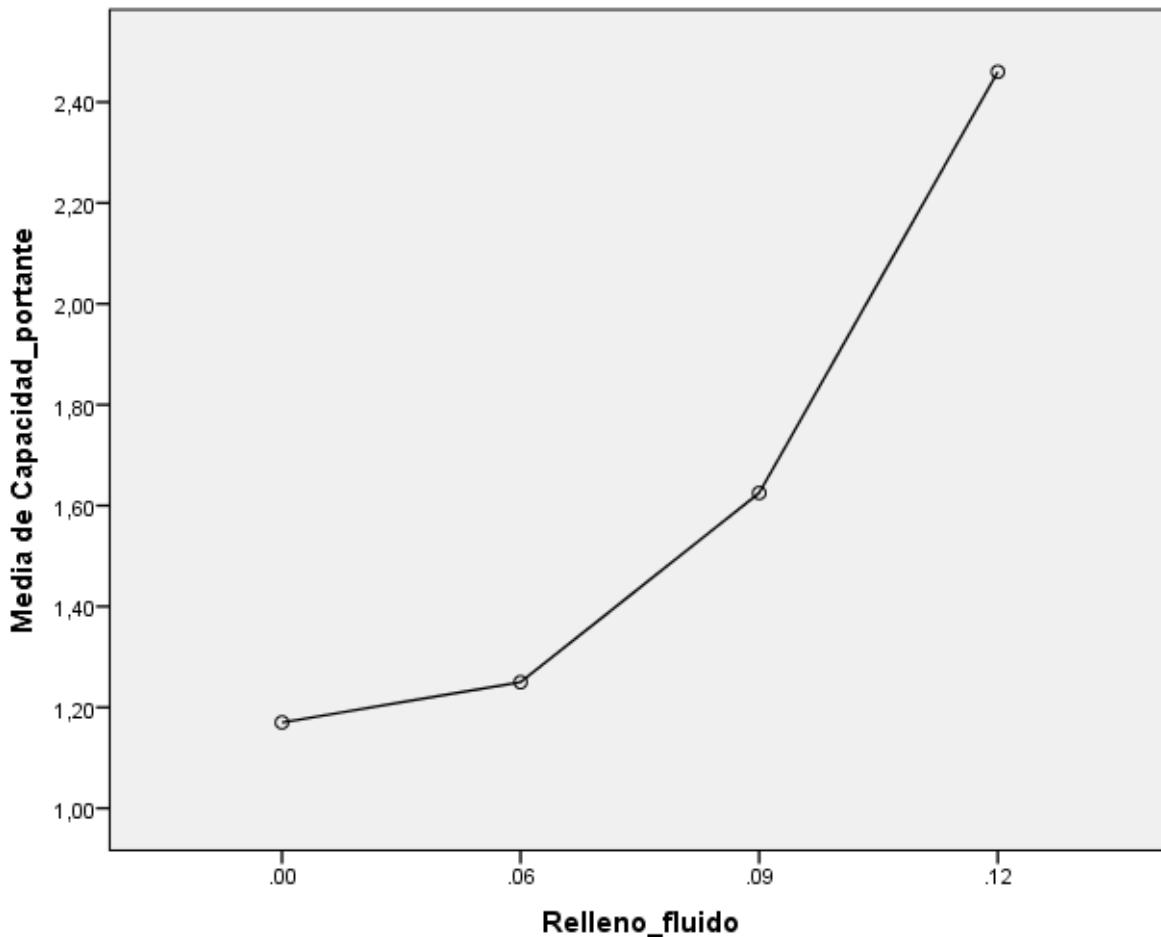
	Máximo
,00	1,17
,06	1,33
,09	1,74
,12	2,63
Total	2,63

ANOVA de un factor

Capacidad_portante

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	2,090	3	,697	28,710	,004
Intra-grupos	,097	4	,024		
Total	2,187	7			

Gráfico de las medias



Anexo 11-Validacion de los instrumentos de investigacion

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

1. DATOS GENERALES:

1.1 Apellidos y nombres del experto: *Huertas Martell Jose Antonio*

1.2 Cargo e institución donde labora: *Especialista en Geotecnia / CONSORCIO CELENDOIN*

1.3 Nombre del instrumento motivo de evaluación: *Ficha de recolección de datos*

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0-20%	Regular 21-40%	Bueno 41-60%	Muy bueno 61-80%	Eficiente 81-100%
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado					X
2. OBJETIVIDAD	Está expresado en conductas observables					X
3. ACTUALIDAD	Adecuado al alcance de ciencia y tecnología					X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica					X
5. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos de calidad y cantidad					X
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos del sistema de evaluación y desarrollo de capacidades de los involucrados					X
7. CONSISTENCIA	Basados en aspectos teórico-científicos de la contabilidad/administración					X
8. COHERENCIA	Entre los índices, indicadores y las dimensiones					X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito del diagnóstico					X

2. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

El presente instrumento es aplicable para la investigación, según las variables de estudio.

3. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

100%

CONSORCIO CELENDOIN
HOSPITAL DE CHICOCELENDOIN
ING. JOSÉ ANTONIO HUERTAS MARTELL
CIP: 148106
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

1. DATOS GENERALES:

1.1 Apellidos y nombres del experto: *Godo Hernán, Quispe Monroy*

1.2 Cargo e institución donde labora: *Consultores del Sur, Laboratorio de suelos, concreto y pavimentos*

1.3 Nombre del instrumento motivo de evaluación: *Ficha de recolección de datos*

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0-20%	Regular 21-40%	Bueno 41-60%	Muy bueno 61-80%	Eficiente 81-100%
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado					X
2. OBJETIVIDAD	Está expresado en conductas observables					X
3. ACTUALIDAD	Adecuado al alcance de ciencia y tecnología					X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica					X
5. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos de calidad y cantidad					X
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos del sistema de evaluación y desarrollo de capacidades de los involucrados					X
7. CONSISTENCIA	Basados en aspectos teórico-científicos de la contabilidad/administración					X
8. COHERENCIA	Entre los índices, indicadores y las dimensiones					X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito del diagnóstico					X

2. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

*El presente instrumento es aplicable para la investigación,....
según las variables de estudio.*

3. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

100%

H. Hernán Godo
CONSULTORES DEL SUR G.L.A.
 LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO
Quispe Monroy Godo Hernán
 GERENTE

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

1. DATOS GENERALES:

- 1.1 Apellidos y nombres del experto: Ing. Aguilar Olguín Pol Rain
- 1.2 Cargo e institución donde labora: Ingeotecnica SAC
- 1.3 Nombre del instrumento motivo de evaluación: Fichas de recolección de datos

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0-20%	Regular 21-40%	Bueno 41-60%	Muy bueno 61-80%	Eficiente 81-100%
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado					X
2. OBJETIVIDAD	Está expresado en conductas observables					X
3. ACTUALIDAD	Adecuado al alcance de ciencia y tecnología					X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica					X
5. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos de calidad y cantidad					X
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos del sistema de evaluación y desarrollo de capacidades de los involucrados					X
7. CONSISTENCIA	Basados en aspectos teórico-científicos de la contabilidad/administración					X
8. COHERENCIA	Entre los índices, indicadores y las dimensiones					X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito del diagnóstico					X

2. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

Es aplicable para la investigación, según las variables...
de estudio.

3. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

100%




POL RAIN AGUILAR OLGUIN
 ING. CIVIL - CIP. N° 81029
 CONSULTOR - REC. C4009