



**Pontificia Universidad
Católica del Ecuador**

Seréis mis testigos

MANABÍ

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
SEDE MANABÍ
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

TRABAJO DE TITULACIÓN

**EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE SULFATO EN LOS SUELOS DE
LA PARROQUIA 12 DE MARZO DEL CANTÓN PORTOVIEJO, MANABÍ**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

HABITAT, INFRAESTRUCTURA Y MOVILIDAD

SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN

**GESTIÓN SOSTENIBLE Y APROVECHAMIENTO
DE LOS RECURSOS NATURALES**

**PREVIO AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

AUTOR

ANIBAL JESÚS CHEME TORRES

TUTOR

MG. YANDRI XAVIER VÉLEZ MOLINA

PORTOVIEJO, OCTUBRE 2025

Certificación de la Tesis

Ing. Yandri Xavier Vélez Molina, MSc.

Director del Proyecto de Titulación.

CERTIFICA:

En mi calidad de director de tesis, certifico haber revisado el presente manuscrito de investigación, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Manabí, cumpliendo los requisitos establecidos por la Dirección de Investigación; en consecuencia, es apto para su presentación y sustentación.

Ing. Yandri Xavier Vélez Molina, MSc.

C.I. 1312321332

Aprobación del Tribunal

El jurado examinador aprueba el presente manuscrito de investigación en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Manabí:

(F)_____

Ing. Yandri Xavier Vélez Molina, MSc.

Primer Lector

(F)_____

Ing. Jimmy Leandro Reyes Zambrano, MSc.

Segundo Lector

(F)_____

Ing. Fabián Rodrigo Espinales Cedeño, MSc.

Tercer Lector

Declaración de Originalidad

Este manuscrito, no contiene ningún tipo de material que ha sido aceptado para la obtención de un título universitario en otra institución, excepto en la información de soporte que ha sido debidamente citada en mi trabajo. Este trabajo es de total responsabilidad del autor, quien declara bajo juramento que ninguna sección de este trabajo de integración curricular infringe los derechos de autor de nadie.

Autor:

F. _____

Anibal Jesus Cheme Torres

Dirección: Calle Rio Amazonas entre Av.Manabi y 5 de Junio

E-mail: acheme5265@pucesm.edu.ec

Celular: 0999529481

Declaración de Derecho del Autor

Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, a distribuir este manuscrito de investigación en medios físicos y electrónicos, con el fin de promover la divulgación de mis resultados a la comunidad científica y a la sociedad en general. Adicionalmente autorizo el uso de los contenidos de esta investigación como bibliografía para fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, citando como fuente de información al autor de este trabajo.

Autor:

F. _____
Anibal Jesus Cheme Torres
C.I.0803925262

Dedicatoria

Agradezco, en primer lugar, a Dios, por cuidar siempre de mí y de mi familia, y por brindarme la fortaleza, la salud y la determinación necesarias para continuar con firmeza en este camino académico. Su presencia constante ha sido mi mayor guía y sostén en esta etapa de formación.

Dedico con todo mi amor este logro a mi madre, Irma Torres Oviedo, por ser el pilar más importante de mi vida. Gracias por tu amor incondicional, tu paciencia infinita y tu apoyo firme en cada momento del proceso. Tus enseñanzas y tu ejemplo han sido la luz que me ha guiado siempre.

A mi padre, Aníbal Cheme Gámez, por su respaldo constante y por caminar junto a mí y junto a mi madre con generosidad y compromiso. Tu apoyo ha sido fundamental para alcanzar esta meta.

A mi tío, Javier Torres, por su acompañamiento, su motivación y por compartir conmigo su conocimiento y experiencia durante esta etapa académica. Gracias por estar presente y por tu confianza en mí.

Y a toda mi familia en Esmeraldas, por su cariño, apoyo incondicional y palabras de aliento desde la distancia. Este logro también es suyo.

Agradecimiento

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, sede Manabí, por brindarme la oportunidad de formarme como profesional en la carrera de Ingeniería Civil. Esta institución ha sido el espacio donde no solo adquirí conocimientos, sino también valores fundamentales para el ejercicio ético y responsable de mi profesión.

Mi profunda gratitud al Ing. Yandri Xavier Vélez Molina, tutor de este trabajo de titulación, por su guía constante, su conocimiento técnico y su disposición para acompañarme con paciencia y profesionalismo en cada etapa de esta investigación. Asimismo, agradezco al Ing. Jimmy Leandro Reyes Zambrano por su apoyo incondicional, su compromiso y su tiempo dedicado a que este proyecto avanzara con solidez.

Extiendo también mi agradecimiento a los docentes que nos han acompañado a lo largo de esta formación universitaria. Al Ing. Fernando Quiroz, al Ing. Fabián Espinales y al Ing. John Félix, gracias por compartir con nosotros no solo sus conocimientos, sino también sus experiencias, motivación y vocación docente que han dejado huella en nuestro proceso académico.

Finalmente, quiero agradecer a mis compañeros de la carrera de Ingeniería Civil, quienes fueron parte fundamental de esta travesía. Gracias por su apoyo mutuo, compañerismo y por compartir conmigo cada etapa de este camino que hoy culminamos como profesionales..

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la concentración de sulfatos solubles en los suelos de la parroquia 12 de Marzo del cantón Portoviejo, con el fin de determinar el nivel de agresividad química del terreno y su impacto potencial sobre estructuras de concreto. La presencia de sulfatos en el suelo representa un riesgo significativo para el hormigón, ya que puede provocar procesos de fisuración, expansión y pérdida de resistencia. Se aplicó una metodología con enfoque mixto. Inicialmente, se realizó una revisión bibliográfica de normativas y antecedentes técnicos. Luego, se dividió la parroquia en cuatro cuadrantes mediante *SIG*, y se seleccionaron 14 puntos de muestreo. Las muestras, extraídas con un abre hoyo hasta 1.5 m de profundidad, fueron analizadas en el laboratorio de suelos de la *PUCE Manabí* para determinar propiedades como humedad, granulometría y límites de Atterberg, siguiendo normas *ASTM*. Posteriormente, se enviaron al Laboratorio de Servicios Analíticos Químicos y Microbios en Agua y Alimentos (Riobamba), donde se aplicó la norma *ASTM C1580-20* para determinar la concentración de sulfatos solubles. Los resultados evidencian una distribución heterogénea, con zonas de severidad moderada, severa y muy severa, especialmente en áreas cercanas al río y la laguna de oxidación. Se elaboraron mapas zonificados de concentración de sulfatos utilizando *ArcGIS*, facilitando la identificación de zonas críticas. También se observó una relación general entre el contenido de finos y la retención de sulfatos. La investigación concluye que es indispensable incluir el análisis de sulfatos en estudios de suelo en esta parroquia, y se recomienda emplear soluciones constructivas resistentes a este tipo de agresividad química.

Palabras clave: Sulfatos solubles, agresividad química, ASTM C1580-20.

Abstract

This research aimed to evaluate the concentration of soluble sulfates in the soils of the 12 de Marzo parish in the Portoviejo canton, with the purpose of determining the level of chemical aggressiveness of the terrain and its potential impact on concrete structures. The presence of sulfates in soil represents a significant risk for concrete, as it can lead to cracking, expansion, and loss of strength. A mixed-methods approach was applied. Initially, a bibliographic review of standards and technical background was conducted. The parish was then divided into four quadrants using GIS, and 14 sampling points were selected. Samples, extracted with a hand auger to a depth of 1.5 m, were analyzed at the PUCE Manabí soils laboratory to determine properties such as moisture, particle-size distribution, and Atterberg limits, following ASTM standards. Subsequently, they were sent to the Laboratory of Analytical Chemical and Microbial Services in Water and Food (Riobamba), where ASTM C1580-20 was applied to determine the concentration of soluble sulfates.

The results reveal a heterogeneous distribution, with zones classified as moderately severe, severe, and very severe, particularly in areas near the river and the oxidation lagoon. Zonal sulfate concentration maps were developed using ArcGIS, facilitating the identification of critical areas. A general relationship was also observed between fine content and sulfate retention.

The study concludes that sulfate analysis must be included in soil studies conducted in this parish, and it is recommended to adopt construction solutions resistant to this type of chemical aggressiveness.

Keywords: Soluble sulfates, chemical aggressiveness, ASTM C1580-20.

Índice

Certificación de la Tesis	i
Aprobación del Tribunal	ii
Declaración de Originalidad	iii
Declaración de Derecho del Autor.....	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento.....	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
Índice	9
Índice de Tabla	11
Índice de Ilustraciones.....	11
Introducción.....	12
Objetivos	15
General	15
Específicos.....	15
Metodología.....	16
Método de investigación	16
Lugar para analizar y toma de muestra	17
Análisis de muestras.....	19
Ensayos físicos de caracterización del suelo	20
Determinación de sulfatos solubles	21

Procesamiento de resultados y generación de mapas zonificados	22
Materiales	23
Lista de materiales utilizados	27
Resultados.....	29
Características geotécnicas del suelo en la parroquia	30
Concentración de sulfatos en los suelos de la parroquia 12 de Marzo	34
Severidad Moderada (Clase S1)	37
Severidad Severa (Clase S2)	37
No Aplicable (Clase S0)	38
Relación entre el porcentaje de finos y la concentración de sulfatos	42
Discusión	47
Conclusiones.....	50
Recomendaciones	53
Bibliografía.....	55
Anexos.....	58

Índice de Tabla

Tabla 1: Coordenadas UTM de muestras de suelo, parroquia 12 de Marzo.....	20
Tabla 2: Concentración de sulfatos por muestra.....	30
Tabla 3: Concentración de sulfatos por muestra y sulfatos solubles en agua	39
Tabla 4: Concentración de sulfatos y clasificación de suelo	40
Tabla 5: Tabla de severidad y clase.....	40
Tabla 6: Tabla Tipo de suelo vs Severidad de sulfatos (P1-P7).....	46
Tabla 7: Tabla Tipo de suelo vs Severidad de sulfatos (P8-P14).....	47

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1: Mapa de la parroquia 12 de Marzo.....	18
Ilustración 2: Muestras en el laboratorio de suelos.....	19
Ilustración 3: Cuchara de Casa Grande.....	25
Ilustración 4: Tamices.....	26
Ilustración 5: Horno	27
Ilustración 6: Mapa zonificado con el tipo de suelo y concentración de sulfatos	33
Ilustración 7: Mapa Zonificado de los tipos de suelo de la Parroquia 12 de Marzo	34
Ilustración 8: Esquema de malla cuadrangular sobrepuesta sobre el área de estudio.....	36
Ilustración 9: Mapa zonificado con el tipo de suelo y concentración de sulfatos	37
Ilustración 10: Gráfico de Barras sobre el tipo de suelo y la concentración de sulfatos.....	42
Ilustración 11: Mapa zonificado con las concentraciones de sulfato en la Parroquia 12 de Marzo	43
Ilustración 12: Tabla de % Pasa tamiz N200 y Concentración de Sulfatos SO ₄	44

Introducción

El suelo es un recurso natural fundamental que sustenta la vida en la Tierra, proporcionando soporte físico a las plantas y actuando como medio para el almacenamiento y circulación de agua y nutrientes. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2015), el suelo es un recurso no renovable que desempeña un papel vital en la producción de alimentos, la regulación del agua, el almacenamiento de carbono y la biodiversidad.

En el contexto ecuatoriano, la diversidad geográfica y climática ha dado lugar a una amplia variedad de suelos con características físico-químicas particulares. Los suelos de Ecuador presentan una gran heterogeneidad debido a factores como la topografía, el clima y el material parental. Por ejemplo, en la región interandina, los suelos se desarrollan sobre cenizas volcánicas, lo que les confiere una alta fertilidad y una textura franco-arenosa favorable para la agricultura (FAO, 2015). En la región costera, los suelos aluviales son comunes, caracterizados por su riqueza en nutrientes y buena capacidad de retención de agua (FAO, 2015).

La composición mineralógica de los suelos ecuatorianos incluye minerales como el cuarzo, feldespatos y minerales arcillosos como la caolinita y la montmorillonita, que influyen en las propiedades físicas y químicas del suelo, como la capacidad de intercambio catiónico y la retención de nutrientes (FAO, 2015). Además, la presencia de óxidos de hierro y aluminio es común en suelos altamente meteorizados, especialmente en regiones con alta pluviosidad, lo que puede afectar la disponibilidad de ciertos nutrientes esenciales para las plantas (FAO, 2015).

En la región de la Parroquia 12 de Marzo, ubicada en el cantón Portoviejo, provincia de Manabí, los suelos presentan características particulares que requieren una atención especial. Esta parroquia urbana se caracteriza por un clima tropical y un crecimiento poblacional sostenido.

Según Vera Rodríguez et al. (2023), esta zona presenta una proyección demográfica de 34.346 habitantes para el año 2050, lo que implica una creciente presión sobre el suelo urbano y la necesidad de garantizar condiciones seguras para el desarrollo de infraestructura habitacional, educativa y comercial. La parroquia se encuentra en el centro de Portoviejo y enfrenta desafíos ambientales como la contaminación acústica y posibles deficiencias en planificación urbana (Vera Rodríguez et al., 2023).

Uno de los desafíos más significativos en la construcción de infraestructuras en esta región es la presencia de sulfatos en el suelo. Los sulfatos son sales solubles que pueden encontrarse de forma natural en suelos o aguas subterráneas. Estos compuestos, al entrar en contacto con el concreto, pueden reaccionar con los productos de hidratación del cemento, originando la formación de etringita expansiva, lo que conlleva a la fisuración, debilitamiento estructural y, en casos severos, al colapso prematuro de las obras (Mehta & Monteiro, 2014). Smith (2015) explica que los sulfatos disueltos en el agua subterránea pueden incrementar su concentración en zonas específicas, lo cual puede afectar tanto a los ecosistemas como a las infraestructuras humanas debido a su carácter corrosivo.

La agresividad de los sulfatos hacia el concreto ha sido ampliamente documentada, y existen normativas que delimitan su concentración admisible en materiales de construcción. Según Goma (2015), los áridos finos y gruesos no deben contener más del 1.2 % de sulfatos, ya que exceder este valor representa un riesgo estructural considerable. A pesar de esta información, muchas zonas urbanas y rurales carecen de estudios geotécnicos que evalúen adecuadamente los niveles de sulfatos en el suelo, lo cual limita la toma de decisiones técnicas y puede conllevar a errores costosos en el diseño y mantenimiento de obras civiles (Delgado, 2018).

Por tanto, esta investigación busca llenar ese vacío de conocimiento técnico y científico, a través de una caracterización del suelo de la Parroquia 12 de Marzo y la determinación de los niveles de sulfatos presentes. Este estudio no solo busca aportar a la literatura académica, sino también servir de guía para futuras obras civiles y como referente en la planificación territorial local. En palabras de Arias (2012), la investigación aplicada permite resolver problemáticas concretas mediante el uso de métodos científicos, lo cual genera beneficios tangibles para las comunidades y su entorno construido.

Objetivos

General

Evaluar los niveles de sulfato en los suelos de la parroquia 12 de Marzo del cantón Portoviejo, Manabí.

Específicos

Clasificar el suelo utilizando el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), siguiendo los lineamientos establecidos en la norma ASTM C-2487).

Determinar los niveles de sulfato según la norma ASTM C-1580. Para el reconocimiento de su ubicación en la parroquia 12 de Marzo.

Elaborar un mapa de zonificación que represente los niveles de concentración de sulfato en la parroquia 12 de Marzo.

Metodología

Método de investigación

Este trabajo adoptó un enfoque de investigación mixto, que combina elementos cualitativos y cuantitativos con el objetivo de obtener una comprensión integral del problema.

El enfoque cualitativo se utilizó para interpretar fuentes bibliográficas, observar directamente edificaciones y analizar normativas técnicas relacionadas con la presencia de sulfatos en suelos. Este enfoque permite estudiar fenómenos en profundidad y en su contexto, facilitando la comprensión de causas y relaciones complejas (Hernández, Fernández & Baptista, 2014).

En paralelo, el enfoque cuantitativo permitió trabajar con datos objetivos y medibles, especialmente a través de los ensayos de laboratorio, los cuales proporcionaron una base numérica para realizar comparaciones, establecer patrones y generar visualizaciones de los resultados (Hernández et al., 2014).

La metodología se estructuró de forma flexible, permitiendo adaptaciones conforme se desarrollaba la investigación. Esto sigue lo propuesto por Grajales (2000), quien indica que las investigaciones pueden desviarse de un esquema rígido para explorar rutas emergentes, lo que favorece el descubrimiento y la comprensión del fenómeno en estudio.

Asimismo, el diseño metodológico consideró la planificación, la gestión de recursos, la coordinación del equipo de trabajo y el vínculo con los actores involucrados, aspectos esenciales según lo propuesto por Retos (2023) sobre la organización metodológica de proyectos académicos.

De igual manera, Stsepanets (2022) sugiere que cada proyecto debe adoptar una metodología ajustada a sus propias características, lo que implica que no existe un único método universal, sino que es necesario adaptar técnicas, herramientas y procesos según las necesidades del entorno, los objetivos y los recursos disponibles.

Finalmente, el enfoque general de la investigación se construyó siguiendo un proceso sistemático y estructurado que garantiza confiabilidad y replicabilidad en los resultados (Arias, 2012).

Lugar para analizar y toma de muestra

El estudio se realizó en la Parroquia 12 de Marzo, ubicada en el cantón Portoviejo, provincia de Manabí, una zona urbana donde se han identificado condiciones del suelo que justifican su análisis geotécnico.

Ilustración 1:

Mapa de la parroquia 12 de Marzo.



Fuente: Jesus Cheme, 2025.

Para la toma de muestras, se empleó un abre hoyo manual, herramienta adecuada para la apertura de calas de exploración con mínima alteración del terreno superficial. Este equipo permitió alcanzar profundidades suficientes para obtener muestras representativas del subsuelo sin necesidad de maquinaria pesada. Las muestras recolectadas se depositaron en bolsas plásticas rotuladas, asegurando su trazabilidad mediante codificación y registro de coordenadas geográficas.

Ilustración 2:

Muestras en el laboratorio de suelos



Fuente: Jesus Cheme, 2025

Con el fin de garantizar una cobertura representativa del área de estudio, la parroquia fue dividida en cuatro cuadrantes utilizando el software ArcGIS. Esta zonificación permitió determinar la cantidad óptima de muestras por sector, asegurando una distribución equilibrada y geográficamente coherente de los puntos de muestreo. En total se obtuvieron 14 muestras,

correspondientes a 14 calas distribuidas estratégicamente en los diferentes cuadrantes de la parroquia.

A continuación, en esta tabla se presentarán las coordenadas donde se realizaron cada uno de estos sondeos:

Tabla 1:

Coordenadas UTM de muestras de suelo, parroquia 12 de Marzo.

Sondeo	UTM - 17 M	
	Este	Norte
P 1	561088,97	9882554,75
P 2	561075,37	9883254,02
P 3	561510,17	9883225,54
P 4	561525,58	9882949,2
P 5	561828	9883102,37
P 6	561957,43	9882934,57
P 7	562006,57	9882949,06
P 8	561315,03	9882452,85
P 9	560864,42	9882710,99
P 10	560895,23	9883031,58
P 11	561136,36	9883021,54
P 12	560805,57	9883167,29
P 13	561225,88	9883465,09
P 14	561309,41	9883590,22

Fuente: *Jesus Cheme, 2025.*

Análisis de muestras

Las 14 muestras de suelo recolectadas durante la fase de campo fueron trasladadas al Laboratorio de Suelos de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, sede Manabí, donde se llevaron a cabo una serie de ensayos físicos, químicos y mecánicos, fundamentales para determinar las propiedades del suelo y evaluar el riesgo por exposición a sulfatos en la parroquia 12 de Marzo. La aplicación de procedimientos normalizados y controlados garantizó la fiabilidad de los resultados obtenidos.

Ensayos físicos de caracterización del suelo

Uno de los primeros parámetros evaluados fue el contenido de humedad natural, determinante para comprender el estado en el que se encuentra el suelo al momento del muestreo. Este ensayo se ejecutó bajo los lineamientos de la norma ASTM D2216-19, utilizando balanzas electrónicas de precisión (con sensibilidad de 0.01 g) y un horno de secado ajustado a una temperatura constante de 110 ± 5 °C. Las muestras fueron secadas hasta alcanzar masa constante, y los datos obtenidos permitieron calcular el porcentaje de humedad presente, lo que influye directamente en la cohesión, compresibilidad y comportamiento mecánico del suelo.

El análisis granulométrico fue otro ensayo clave para la clasificación del suelo. Para ello, las muestras previamente secas fueron desmenuzadas, pesadas y sometidas a un proceso de tamizado en seco utilizando una serie de tamices normalizados (No. 4, 10, 40, 100 y 200), montados en una agitadora mecánica. El procedimiento se realizó conforme a la norma ASTM D6913/D6913M-17, lo cual permitió construir las curvas de distribución de tamaño de partículas y definir la proporción de gravas, arenas, limos y arcillas presentes en cada muestra. Esta información se utilizó posteriormente para clasificar los suelos según el sistema SUCS (Unified Soil Classification System) y AASHTO, como ML, MH, SM o SC, entre otros.

Para determinar la plasticidad del suelo, se aplicaron los ensayos de límites de Atterberg, incluyendo el límite líquido (LL) y el límite plástico (LP). Estos ensayos, realizados de acuerdo con las normas ASTM D4318-17 y ASTM D2487-17, permiten evaluar el comportamiento del suelo frente a variaciones de humedad, lo que es crucial para conocer su capacidad de deformación y expansión. Se emplearon dispositivos como la copa de Casagrande, espátulas, placas de vidrio y agua destilada, siguiendo todos los protocolos establecidos. A partir de estos resultados, se calculó también el Índice de Plasticidad (IP), lo que ayudó a diferenciar suelos

cohesivos de baja o alta plasticidad, un dato fundamental para valorar su estabilidad y la interacción química con sulfatos.

Determinación de sulfatos solubles

Para la evaluación química, las muestras fueron enviadas al Laboratorio de Servicios Analíticos Químicos y Microbios en Agua y Alimentos en Riobamba, donde se realizó la determinación del contenido de sulfatos solubles en agua (SO_4^{2-}). Este análisis se efectuó siguiendo la metodología establecida en la norma ASTM C1580-20, que proporciona el procedimiento estándar para la cuantificación de sulfatos mediante precipitación con cloruro de bario.

El método consistió en mezclar una cantidad precisa de muestra seca (20 g) con 400 mL de agua destilada (relación 20:1), en un matraz Erlenmeyer, y dejar la solución en agitación continua por 16 horas mediante agitadores magnéticos. Posteriormente, la mezcla se filtró cuidadosamente para obtener una solución clara, sobre la cual se agregó cloruro de bario (BaCl_2) como reactivo precipitante. Este compuesto reacciona con los sulfatos disueltos, formando sulfato de bario (BaSO_4), un precipitado blanco cuya turbidez fue medida con espectrofotometría o comparada con estándares visuales, dependiendo del rango de concentración.

Los resultados se expresaron inicialmente en ppm (mg/kg) y luego fueron convertidos a porcentaje en masa (%) mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de sulfatos (\%)} = (\text{Concentración en ppm}) / 10,000$$

Esta conversión permitió estandarizar los datos para su análisis y comparación con los criterios establecidos por organismos internacionales como el ACI (American Concrete Institute)

en su informe ACI 201.2R-16, y por la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-SE-CG-2015). Según estos estándares, los suelos pueden clasificarse en función de su agresividad química hacia el concreto estructural:

Clase S0 (No agresivo): $< 0.05\%$

Clase S1 (Moderadamente agresivo): $0.05\% - 0.10\%$

Clase S2 (Severamente agresivo): $> 0.10\%$.

Procesamiento de resultados y generación de mapas zonificados

Finalizado el proceso de laboratorio, todos los datos fueron organizados y tabulados en Microsoft Excel, donde se generaron matrices comparativas por muestra, que incluyeron tipo de suelo, humedad natural, límites de plasticidad y concentración de sulfatos. Esta sistematización facilitó la interpretación cruzada de variables, permitiendo identificar patrones de distribución.

Posteriormente, se utilizó el software QGIS (Quantum GIS) para desarrollar los mapas zonificados de concentración de sulfatos en la parroquia 12 de Marzo. Para ello, se ingresaron los datos de concentración obtenidos, junto con las coordenadas geográficas de cada punto de muestreo, y se aplicaron técnicas de interpolación espacial (IDW o Kriging) para representar gráficamente las áreas con mayor o menor presencia de sulfatos en el suelo. Este tipo de mapa es una herramienta visual clave para identificar zonas críticas con riesgo potencial de deterioro en estructuras de concreto, sirviendo como base para futuras decisiones de planificación urbana, diseño estructural o recomendaciones de cimentación.

Este enfoque integral responde a lo señalado por Grajales (2000), quien sostiene que la investigación experimental implica la manipulación de variables bajo condiciones controladas

para observar sus efectos y entender sus causas. En este caso, al integrar ensayos físicos y químicos con análisis espacial, se logra una comprensión más precisa y localizada del impacto que los sulfatos pueden tener sobre las estructuras construidas en la zona de estudio.

Materiales

Durante el desarrollo de esta investigación, se empleó una serie de equipos, reactivos y herramientas técnicas necesarias para la correcta ejecución de los ensayos físicos y químicos en laboratorio. A continuación, se describen los materiales más relevantes utilizados, siguiendo el orden cronológico en que intervinieron en el trabajo experimental.

Uno de los primeros equipos utilizados fue la cuchara de Casa Grande, esencial para determinar el límite líquido del suelo. Esta herramienta permitió identificar el cambio de estado del suelo desde plástico a líquido, según su contenido de humedad, lo cual es determinante en su clasificación geotécnica. Gavidia (2023) sostiene que el límite líquido es un indicador crítico para evaluar la plasticidad de un suelo fino.

Ilustración 3:*Cuchara de Casa Grande*

Fuente: Jesus Cheme, 2025

Para el análisis granulométrico, se utilizó un conjunto de tamices con mallas N° 4, 10, 40 y 200, los cuales permitieron separar las partículas del suelo según su tamaño. Este procedimiento permitió identificar si el suelo era arenoso, limoso o arcilloso. Cotecno (2022) afirma que la granulometría es clave para anticipar el comportamiento mecánico del suelo, su capacidad de carga y estabilidad.

Ilustración 4:

Tamices



Fuente: Jesus Cheme, 2025

Posteriormente, se determinó el contenido de humedad natural mediante un horno de secado calibrado a una temperatura constante de $110 \pm 5^\circ\text{C}$, conforme a la norma ASTM D2216-19. Las muestras fueron pesadas antes y después del secado utilizando una balanza digital de precisión, con margen de error de $\pm 0.01\text{ g}$, lo cual garantizó un registro confiable de la pérdida de masa por evaporación del agua.

Ilustración 5:

Horno



Fuente: Jesus Cheme, 2025

En paralelo, se emplearon contenedores metálicos para la conservación y tratamiento de las muestras en cada etapa del ensayo.

Una vez finalizados los ensayos físicos, se procedió con el análisis químico para determinar la concentración de sulfatos solubles (SO_4^{2-}). Este análisis fue realizado en el Laboratorio de Servicios Analíticos Químicos y Microbios en Agua y Alimentos en Riobambap, siguiendo la norma ASTM C1580-20, la cual establece el procedimiento estándar para la cuantificación de sulfatos mediante la técnica de precipitación con cloruro de bario (BaCl_2).

Las muestras se mezclaron con agua destilada en proporción 1:20 (por ejemplo, 20 g de suelo con 400 ml de agua) y fueron agitadas durante 16 horas en un agitador magnético con

control de temperatura, para asegurar la disolución completa de los sulfatos presentes en la matriz del suelo.

Luego, la mezcla se filtró utilizando embudos Büchner y filtros de celulosa, y al filtrado se le agregó cloruro de bario. El sulfato de bario resultante (BaSO_4) fue evaluado mediante espectrofotometría, permitiendo obtener la concentración en partes por millón (ppm). Los resultados fueron convertidos a porcentaje de sulfato (%) con la fórmula:

$$\text{Sulfatos(\%)} = \text{ppm} / 10,000$$

Este valor fue esencial para clasificar los suelos según su nivel de agresividad química hacia el concreto, de acuerdo con criterios del ACI 201.2R-16 y la NEC-SE-CG-2015.

Los resultados de todos los ensayos fueron sistematizados mediante Microsoft Excel y posteriormente representados en mapas usando QGIS, donde se elaboraron los mapas zonificados de concentración de sulfatos, los cuales muestran espacialmente los niveles de riesgo asociados a cada punto analizado.

Lista de materiales utilizados

Materiales para ensayos físicos del suelo:

- Cuchara de Casa Grande
- Tamices (mallas N° 4, 10, 40 y 200)
- Horno de secado
- Balanza electrónica de precisión
- Contenedores metálicos para secado
- Fundas plásticas

- Cuaderno de campo
- Calculadora científica
- Computadores con software (Excel, AutoCAD, QGIS)

Materiales para el análisis de sulfatos:

- Matraces Erlenmeyer y balones aforados
- Agitador magnético con control de temperatura
- Filtros de celulosa
- Embudos Büchner
- Reactivos químicos: Cloruro de bario (BaCl_2), ácido acético glacial
- Vidriería de laboratorio (tubos, vasos, probetas)
- Espectrofotómetro
- Agua destilada

Resultados

Como parte del análisis experimental realizado en la Parroquia 12 de Marzo, se llevó a cabo la determinación de la concentración de iones sulfato (SO_4^{2-}) presentes en cada una de las muestras de suelo recolectadas. Este parámetro es de vital importancia, ya que su presencia en concentraciones elevadas puede generar reacciones deletéreas en estructuras de concreto, comprometiendo su durabilidad y resistencia a largo plazo.

A continuación, se presenta la tabla con los resultados obtenidos del ensayo de concentración de sulfatos, expresados en miligramos por kilogramo de suelo (mg/kg), correspondientes a cada uno de los 14 puntos de muestreo establecidos en los cuadrantes definidos mediante el software ArcGIS.

Tabla 2:

Concentración de sulfatos por muestra.

Sondeo	Porcentaje%
P 1	0,024
P 2	0,092
P 3	0,032
P 4	0,066
P 5	0,028
P 6	0,086
P 7	0,061
P 8	0,049
P 9	0,256
P 10	0,152
P 11	0,023
P 12	0,01
P 13	0,011
P 14	0,018

Fuente: Jesus Cheme, 2025.

Características geotécnicas del suelo en la parroquia

A continuación, se presentan los resultados de la caracterización geotécnica del suelo en la parroquia 12 de Marzo, cantón Portoviejo. El análisis se realizó en 14 puntos de muestreo, distribuidos estratégicamente en los cuatro cuadrantes definidos mediante el software ArcGIS. Las propiedades geotécnicas fueron determinadas conforme al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), apoyado por la norma ASTM D2487-17.

Los resultados obtenidos muestran que predominan los suelos limo-arenosos (ML), presentes en 9 de los 14 sondeos analizados: P-1, P-2, P-3, P-4, P-5, P-8, P-9, P-11 y P-12. Este tipo de suelo presenta una plasticidad baja a media y está compuesto por una fracción importante de finos, con comportamiento sensible a los cambios de humedad. Este comportamiento puede influir negativamente en la estabilidad estructural si no se considera en la fase de diseño de cimentaciones.

Por otro lado, los sondeos P-6 y P-7 revelaron la presencia de suelos limosos de alta plasticidad (MH), que se caracterizan por una mayor capacidad de retención de agua y una menor resistencia al corte, especialmente bajo condiciones de humedad elevada. Estos materiales pueden presentar asentamientos significativos si no se estabilizan adecuadamente.

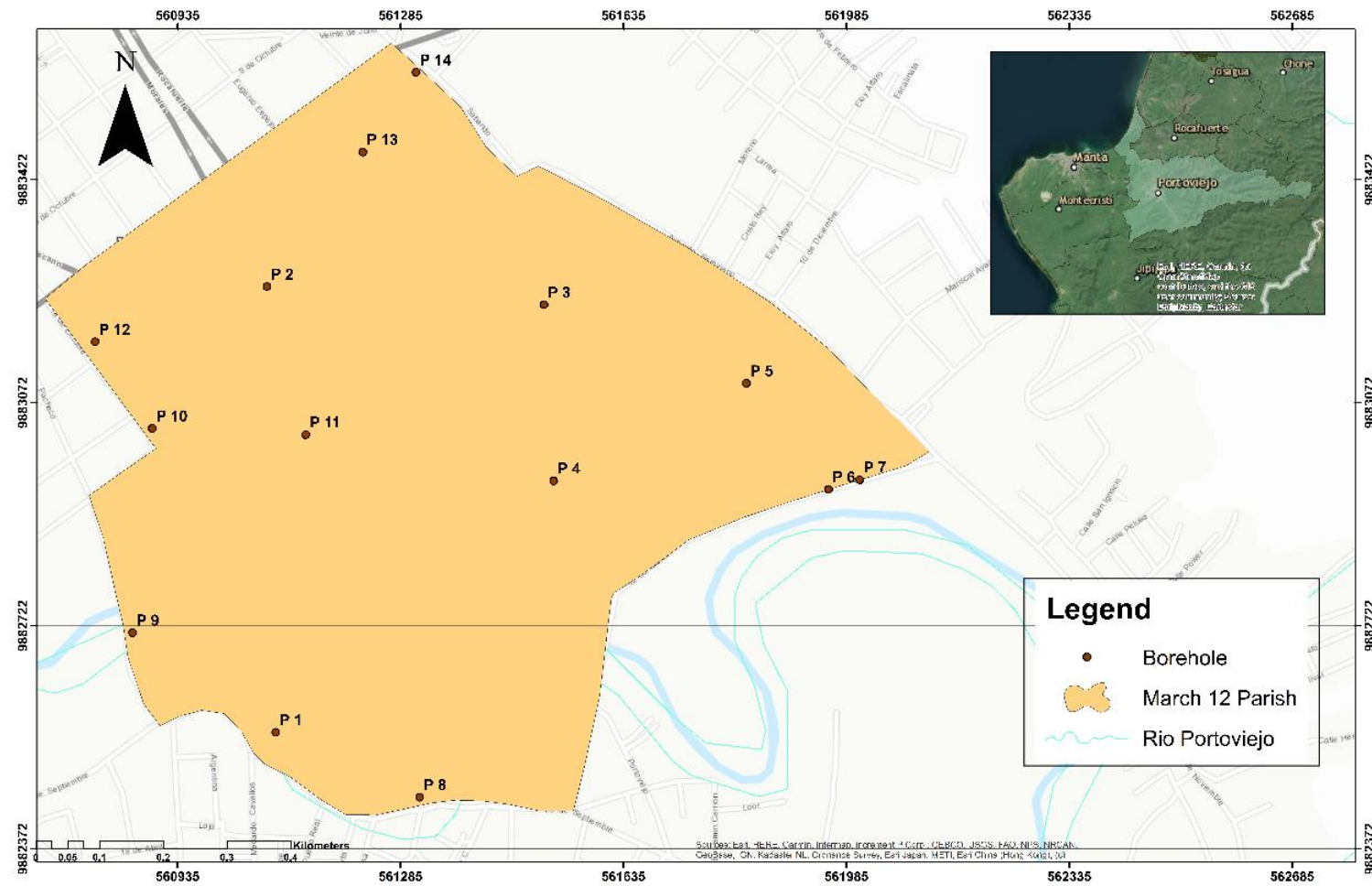
Los puntos P-10 y P-13 mostraron suelos arcillosos con predominio de finos (A-4 según AASHTO), clasificados también como ML bajo el sistema SUCS. Estos suelos, si bien tienen una cohesión aceptable, son susceptibles a cambios volumétricos y requieren especial atención para obras que impliquen cargas repetitivas o cimentaciones superficiales.

Finalmente, el punto P-14 corresponde a un suelo MH, es decir, una arcilla muy plástica con alto contenido de humedad y limos. Este tipo de material presenta alta compresibilidad y puede generar problemas de estabilidad si no se toman medidas de mejoramiento.

Estos resultados permiten comprender mejor el comportamiento potencial del suelo en distintos sectores de la parroquia, aportando información clave para el análisis de la presencia y migración de sulfatos, así como para la planificación de obras civiles. A continuación, se presenta el mapa zonificado con la distribución de los diferentes tipos de suelos identificados:

Ilustración 6:

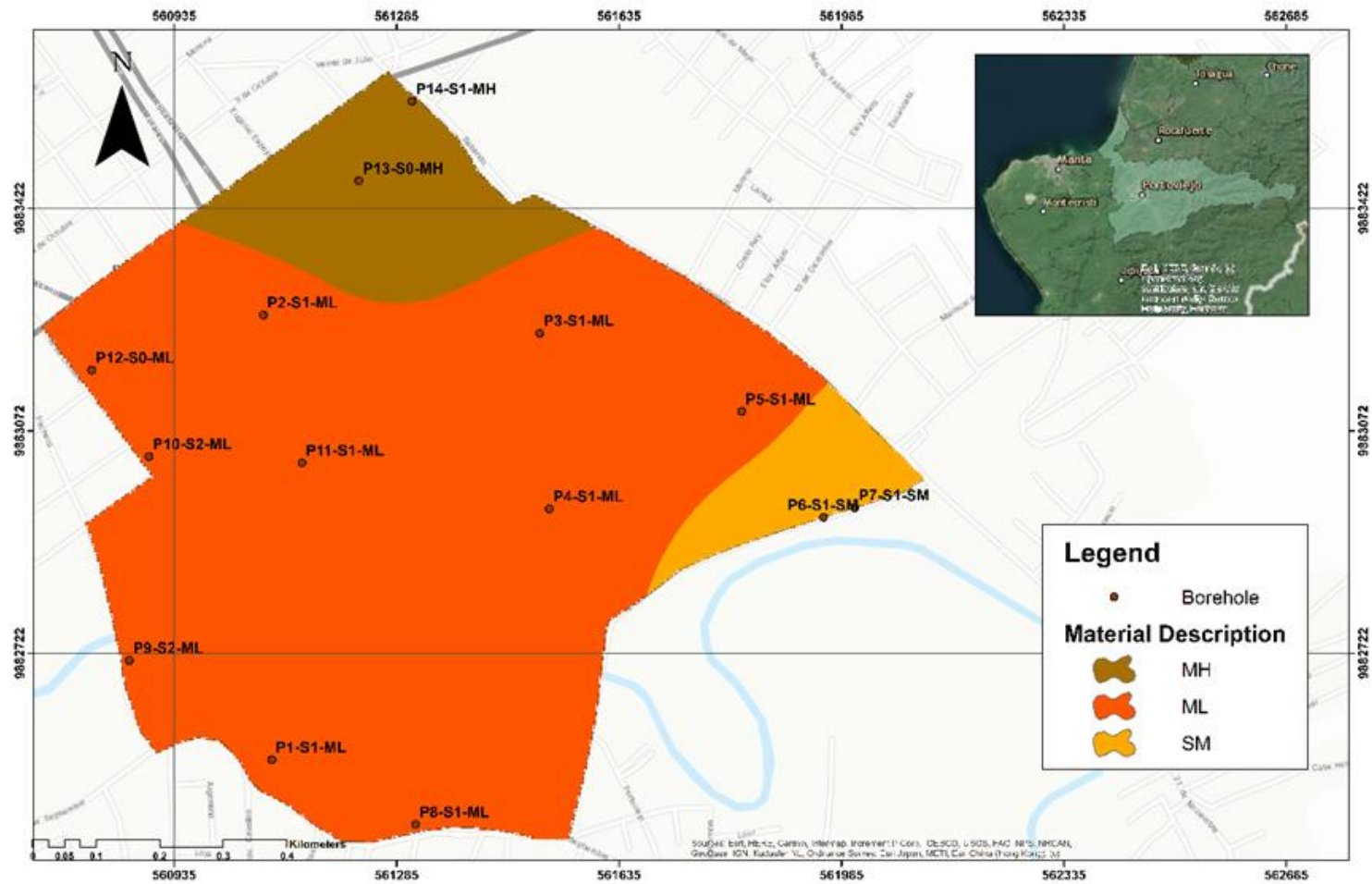
Mapa zonificado con el tipo de suelo y concentración de sulfatos



Fuente: Jesus Cheme, 2025.

Ilustración 7:

Mapa Zonificado de los tipos de suelo de la Parroquia 12 de Marzo



Fuente: Jesus Cheme, 2025.

Concentración de sulfatos en los suelos de la parroquia 12 de Marzo

En esta sección se presentan los resultados obtenidos respecto a la concentración de sulfatos en cada uno de los puntos de muestreo realizados en la parroquia 12 de Marzo. Este análisis constituye el eje central de la presente investigación, ya que permite conocer la presencia y distribución de sulfatos en los suelos de la zona, información esencial para evaluar los posibles efectos sobre estructuras construidas con hormigón.

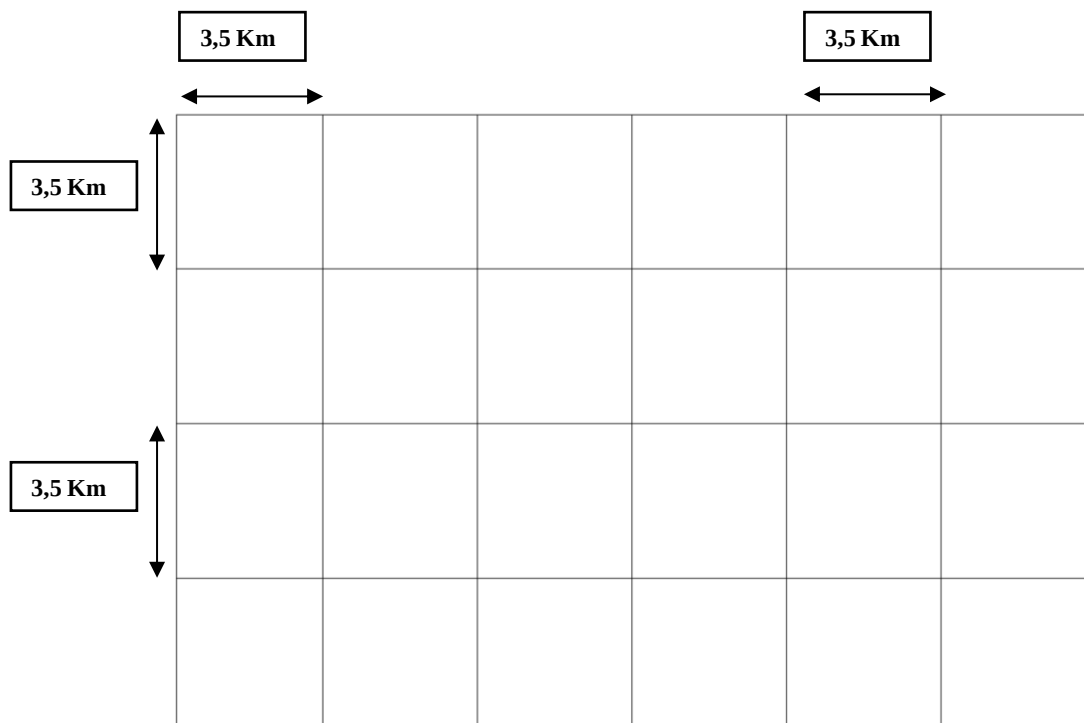
Los sulfatos son compuestos que, al interactuar con los componentes del cemento, pueden generar procesos de deterioro que comprometen seriamente la durabilidad de las estructuras. Londoño (2022) señala que estos compuestos pueden inducir daños como la degradación por expansión y fisuración, así como una reducción de la resistencia mecánica del hormigón, producto de la pérdida de cohesión en la pasta cementicia.

Según lo expuesto por ASOCRETO (2021), existen diferentes tipos de sulfatos (de sodio, potasio, calcio y magnesio) que pueden encontrarse en estado sólido, líquido o gaseoso. No obstante, el sulfato de calcio representa uno de los mayores riesgos para el hormigón, ya que al reaccionar con los productos de hidratación del cemento, genera expansiones significativas que inducen fisuras, ablandamiento del material y pérdida de resistencia estructural.

Estas patologías se manifiestan en el hormigón a través de un aumento en el volumen sólido de los productos de reacción, lo que da lugar a expansiones internas, agrietamientos y deterioro progresivo. Por ello, cuantificar la concentración de sulfatos en el suelo permite anticipar los riesgos estructurales asociados y diseñar medidas de prevención o mitigación adecuadas.

Ilustración 8:

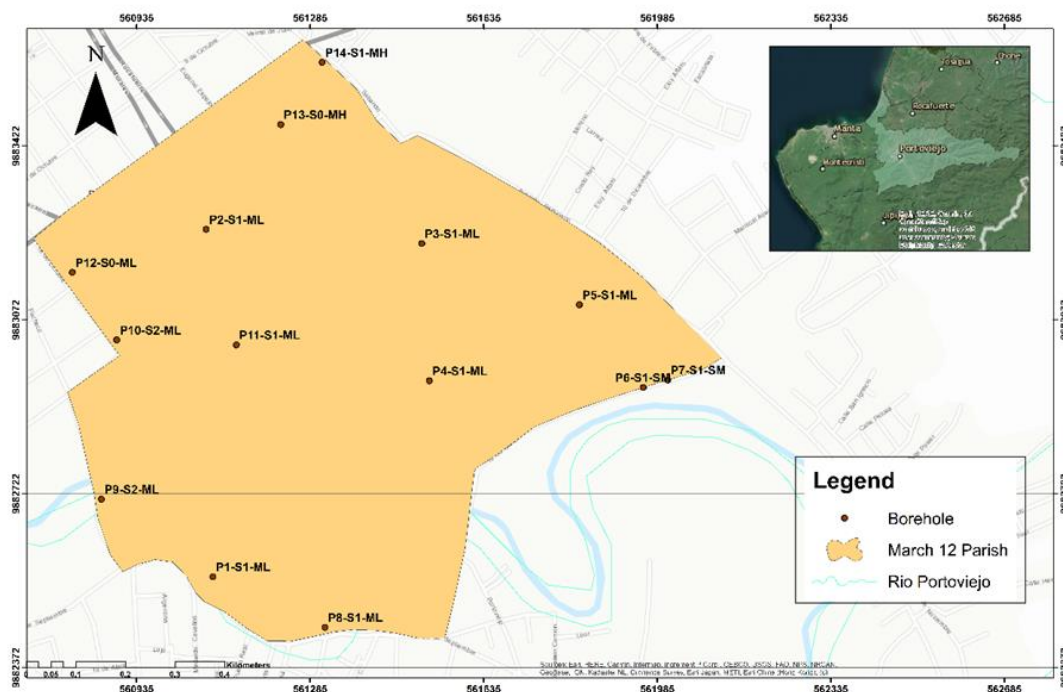
Esquema de malla cuadrangular sobrepuesta sobre el área de estudio



Fuente: Jesus Cheme, 2025

Ilustración 9:

Mapa zonificado con el tipo de suelo y concentración de sulfatos



Fuente: Jesus Cheme, 2025

En esta etapa de la investigación se presentan los valores obtenidos de concentración de sulfatos solubles en agua (SO_4^{2-}) en las 14 muestras de suelo tomadas en distintos puntos georreferenciados de la parroquia 12 de Marzo. Estos valores han sido expresados en ppm (mg/kg) y en porcentaje de masa, conforme a lo establecido en la norma ASTM C1580-20, y se interpretan según las categorías de exposición química propuestas por la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) y el ACI (American Concrete Institute).

El sulfato es uno de los agentes más agresivos para el concreto. Su acción puede inducir procesos de expansión, fisuración y pérdida de resistencia, por lo que su detección en los suelos de fundación es esencial para el diseño de estructuras duraderas. De acuerdo con Londoño

(2022), la exposición del concreto a sulfatos puede ocasionar alteraciones físicas como la expansión de fases minerales y el agrietamiento interno, mientras que ASOCRETO (2021) destaca que el sulfato de calcio es especialmente dañino por su capacidad de generar reacciones expansivas en la pasta de cemento.

A partir de los datos obtenidos en laboratorio, se ha clasificado la severidad de la exposición química según los siguientes niveles:

Severidad Moderada (Clase S1)

Esta categoría agrupa las muestras que presentan un contenido de sulfatos entre 0.020 % y 0.10 % en masa, lo que representa una agresividad química de nivel moderado.

Aunque esta categoría no representa un riesgo severo, sí se recomienda tomar precauciones constructivas básicas, como el uso de cementos resistentes a sulfatos o revestimientos protectores en los elementos estructurales enterrados.

Severidad Severa (Clase S2)

Los sondeos P8 y P10 presentan valores de sulfato de 2560 ppm (0.256%) y 1520 ppm (0.152%), respectivamente, ubicándose en la categoría de agresividad severa. Bajo estas condiciones, es fundamental aplicar un diseño estructural que incluya:

- Cemento tipo V (resistente a sulfatos).
- Concreto con baja relación agua/cemento.
- Protección adicional contra la penetración de agentes externos.

No Aplicable (Clase S0)

Las muestras P13 y P12, con concentraciones de 110 ppm (0.011%) y 100 ppm (0.010%) respectivamente, se ubican por debajo del umbral mínimo para considerar exposición por sulfatos, por lo tanto, no se requiere ninguna medida especial en estas zonas según la NEC.

Tabla 3:

Concentración de sulfatos por muestra y sulfatos solubles en agua

Sondeo	Este	Norte	Concentración de sulfatos	Sulfatos solubles en agua (SO ⁴)
P 1	561088,97	9882554,75	240	0,024
P 2	561075,37	9883254,02	920	0,092
P 3	561510,17	9883225,54	320	0,032
P 4	561525,58	9882949,2	660	0,066
P 5	561828	9883102,37	280	0,028
P 6	561957,43	9882934,57	860	0,086
P 7	562006,57	9882949,06	610	0,061
P 8	561315,03	9882452,85	490	0,049
P 9	560864,42	9882710,99	2560	0,256
P 10	560895,23	9883031,58	1520	0,152
P 11	561136,36	9883021,54	230	0,023
P 12	560805,57	9883167,29	100	0,01
P 13	561225,88	9883465,09	110	0,011
P 14	561309,41	9883590,22	180	0,018

Fuente: Jesus Cheme, 2025

Como ya se conocen los niveles de sulfatos, a continuación, se presenta una tabla detallada que muestra el nivel de riesgo químico asociado a cada sondeo, y cómo este se relaciona con el tipo de suelo presente en la parroquia 12 de Marzo. Esta comparación permite entender qué clases de suelo retienen más sulfatos y qué zonas requieren mayor atención para futuras construcciones con elementos de concreto.

Tabla 4:*Concentración de sulfatos y clasificación de suelo*

Sondeo	Este	Norte	Concentración de sulfatos	Sulfatos solubles en agua (SO ⁴)	Nivel freático	Severidad	Clase
P 1	561088,97	9882554,75	240	0,024	1,5	Moderada	S1
P 2	561075,37	9883254,02	920	0,092	X	Moderada	S1
P 3	561510,17	9883225,54	320	0,032	X	Moderada	S1
P 4	561525,58	9882949,2	660	0,066	X	Moderada	S1
P 5	561828	9883102,37	280	0,028	X	Moderada	S1
P 6	561957,43	9882934,57	860	0,086	X	Moderada	S1
P 7	562006,57	9882949,06	610	0,061	X	Moderada	S1
P 8	561315,03	9882452,85	490	0,049	1,5	Moderada	S1
P 9	560864,42	9882710,99	2560	0,256	X	Severo	S2
P 10	560895,23	9883031,58	1520	0,152	X	Severo	S2
P 11	561136,36	9883021,54	230	0,023	X	Moderada	S1
P 12	560805,57	9883167,29	100	0,01	1,4	No aplicable	S0
P 13	561225,88	9883465,09	110	0,011	0,9	No aplicable	S0
P 14	561309,41	9883590,22	180	0,018	1,3	Moderada	S1

Fuente: Jesus Cheme, 2025

Para establecer la clase de niveles de sulfatos tenemos la siguiente tabla extraída de la NEC, (2014).

Tabla 5:*Tabla de severidad y clase*

Severidad (NEC)	Clase (ACI y NEC)	Sulfato (SO ₄) disuelto en agua, ppm
No aplicable	S0	SO ₄ <150
Moderado	S1	150<SO ₄ <1500
Severa	S2	1500<SO ₄ <10000
Muy Severa	S3	SO ₄ >10000

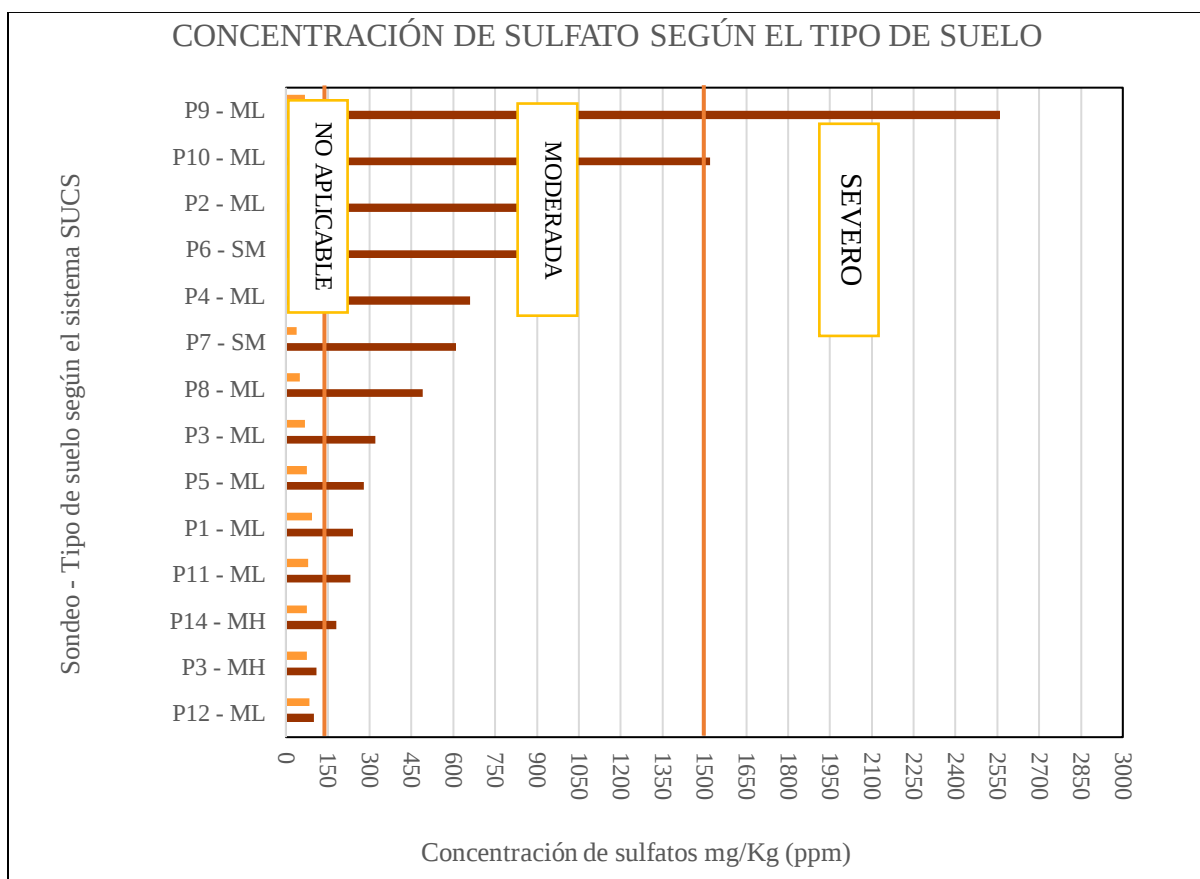
Fuente: Jesus Cheme, 2025

Conociendo los niveles de riesgo previamente establecidos, se procede a la elaboración de un mapa zonificado de la parroquia 12 de Marzo, con el fin de visualizar de manera clara y georreferenciada las distintas clases de severidad por presencia de sulfatos en el suelo. Esta representación cartográfica permite identificar las áreas más críticas de manera rápida y eficaz, facilitando la toma de decisiones para futuros proyectos constructivos.

Una vez comprendida la clasificación de los sulfatos según su nivel de agresividad, se analizan también los tipos de suelo predominantes en la parroquia, estableciendo una relación directa entre estos y las concentraciones de sulfatos encontradas. En la siguiente ilustración se muestra cómo el tipo de suelo influye en la acumulación de sulfatos, permitiendo anticipar qué zonas presentan mayores riesgos para estructuras de concreto expuestas a este agente químico.

Ilustración 10:

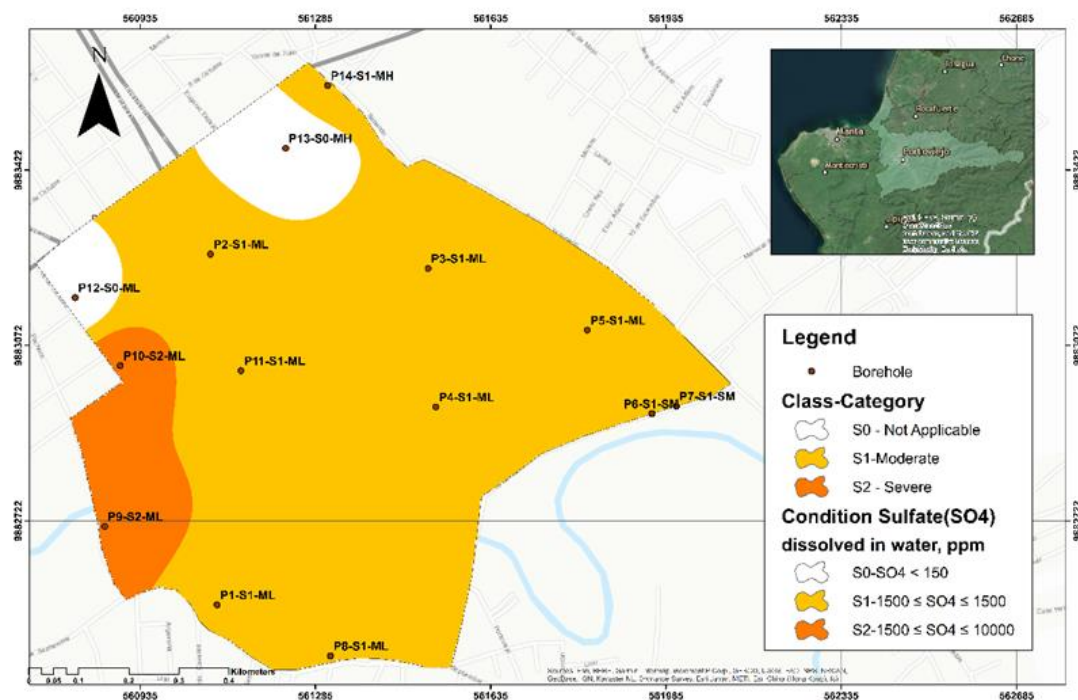
Gráfico de Barras sobre el tipo de suelo y la concentración de sulfatos



Fuente: Jesus Cheme, 2025

Ilustración 11:

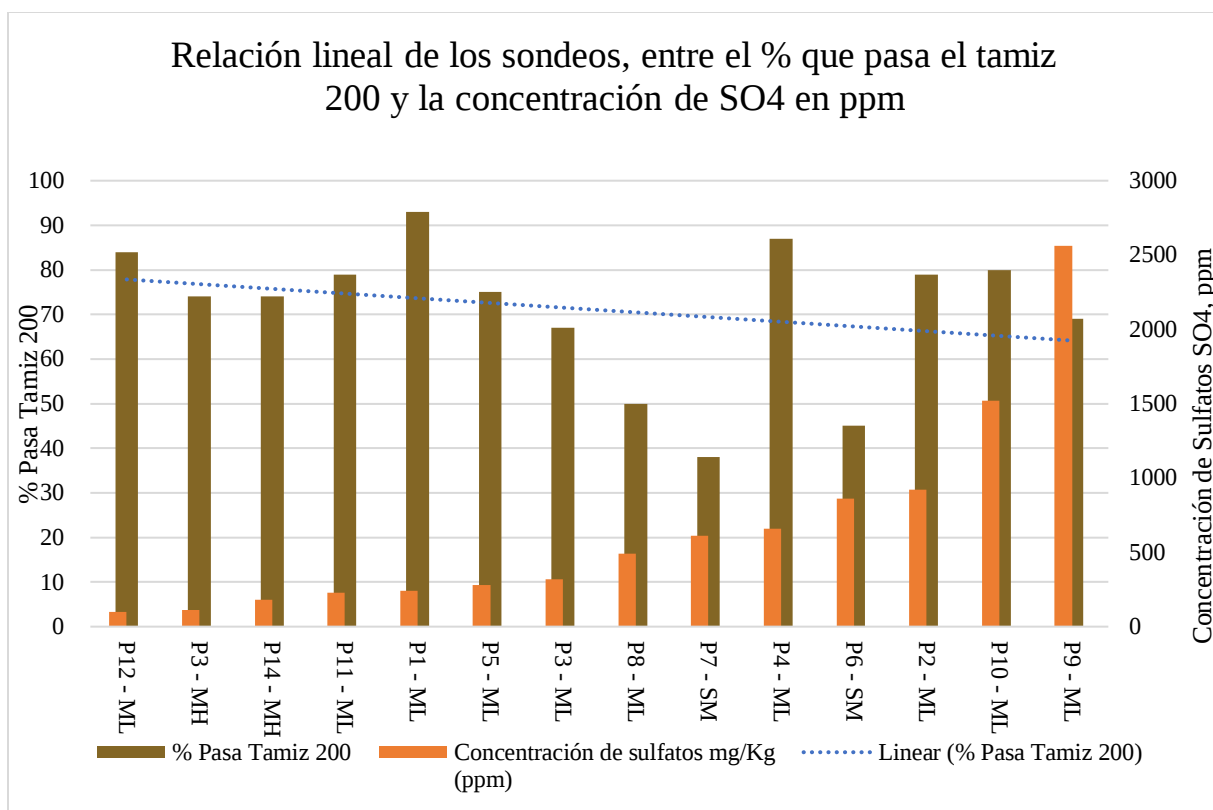
Mapa zonificado con las concentraciones de sulfato en la Parroquia 12 de Marzo



Fuente: Jesus Cheme, 2025

Relación entre el porcentaje de finos y la concentración de sulfatos

La siguiente figura presenta la relación entre el porcentaje de partículas que pasan el tamiz N° 200 y la concentración de sulfatos solubles (SO_4^{2-}) en los diferentes puntos de muestreo de la parroquia 12 de Marzo. Además de clasificar el tipo de suelo según el sistema SUCS, el gráfico incluye una línea de tendencia que permite observar el comportamiento general de las variables.

Ilustración 12:*Tabla de % Pasa tamiz N200 y Concentración de Sulfatos SO_4* 

Fuente: Jesus Cheme, 2025

Se observa que los suelos con mayor contenido de finos tienden a registrar concentraciones más elevadas de sulfatos, lo que es consistente con lo señalado por Prasad (2013), quien sostiene que los suelos con alta proporción de partículas pequeñas presentan una mayor capacidad de retención de sales disueltas, debido a su alta superficie específica.

No obstante, esta relación no es completamente lineal. Por ejemplo, el sondeo P9 (ML), con un 69 % de finos, presenta la mayor concentración de sulfatos (2560 ppm), mientras que el sondeo P1 (ML), con un 93 % de finos, muestra una concentración significativamente menor (240 ppm). Esto sugiere que, además de la granulometría, intervienen otros factores como la

cercanía a fuentes hídricas contaminadas, en este caso el río que conecta con el lago de oxidación, identificado como uno de los principales focos de aporte de sulfatos al suelo urbano (Vélez Espinales, 2022).

También se destacan comportamientos irregulares en suelos clasificados como SM y MH, lo que evidencia que la concentración de sulfatos está influenciada por una combinación de factores físico-químicos y ambientales, como el tipo de suelo, la permeabilidad, la circulación de aguas subterráneas y el grado de contaminación externa.

En síntesis, aunque existe una tendencia general positiva entre el contenido de finos y la concentración de sulfatos, la correlación no es determinante por sí sola. Esto refuerza la necesidad de integrar el análisis geotécnico con el estudio de fuentes externas de contaminación, para poder establecer un diagnóstico más preciso sobre el comportamiento agresivo del suelo frente al concreto.

Tabla 6:*Tabla Tipo de suelo vs Severidad de sulfatos (P1-P7)*

Sondeo	Sistema SUCS	Características del suelo	Concentración de sulfatos mg/Kg ppm	Sulfatos solubles en agua (SO ₄) en el suelo, % en masa	Clasificación de suelo (ACI)	Severidad
P-1	ML	Suelo arenoso que contiene más del 12% de finos, los cuales son predominantemente limo.	240	0,024	S1	Moderada
P-2	ML	Suelo arenoso que contiene más del 12% de finos, los cuales son predominantemente limo.	920	0,092	S1	Moderada
P-3	ML	suelo arenoso que contiene más del 12% de finos, los cuales son predominantemente limo.	320	0,032	S1	Moderada
P-4	ML	suelo arenoso que contiene más del 12% de finos, los cuales son predominantemente limo.	660	0,066	S1	Moderada
P-5	ML	suelo arenoso que contiene más del 12% de finos, los cuales son predominantemente limo.	280	0,028	S1	Moderada

P-6	SM	suelo limoso de alta plasticidad que contiene al menos un 15% de arena	860	0,086	S1	Moderada
P-7	SM	suelo limoso de alta plasticidad que contiene al menos un 15% de arena	610	0,061	S1	Moderada

Fuente: Jesus Cheme, 2025

Tabla 7:

Tabla Tipo de suelo vs Severidad de sulfatos (P8-P14)

Sondeo	Sistema SUCS	Características del suelo	Concentración de sulfatos mg/Kg ppm	Sulfatos solubles en agua (SO4) en el suelo, % en masa	Clasificación de suelo (ACI)	Severidad
P-8	ML	suelo arcilloso que contiene limo y al menos un 15% de arena	490	0,049	S1	MODERADA
P-9	ML	arcilla con bajo contenido de arena	2560	0,256	S2	SEVERO
P-10	ML	suelo cohesivo con predominio de arcilla	1520	0,152	S2	SEVERO
P-11	ML	suelo arenoso que contiene más del 12% de finos, los cuales son predominantemente limo.	230	0,023	S1	MODERADA

P-12	ML	suelo arenoso que contiene más del 12% de finos, los cuales son predominantemente limo.	100	0,01	S0	NO APLICABLE
P-13	MH	arcilla muy plástica con alto contenido de agua, mezclada con algo de arena	110	0,011	S0	NO APLICABLE
P-14	MH	arcilla muy plástica con alto contenido de agua, mezclada con algo de arena	180	0,018	S1	MODERADA

Fuente: Jesus Cheme, 2025

Discusión

Los resultados obtenidos en la presente investigación revelan una presencia significativa de sulfatos solubles en el suelo de la parroquia 12 de Marzo. Este hallazgo es coherente con investigaciones previas realizadas en el cantón Portoviejo, como el trabajo de Vélez Espinales (2022), quien identificó concentraciones considerables de sulfatos en suelos de la parroquia Andrés de Vera, vinculando estos niveles al impacto de cuerpos hídricos contaminados. En efecto, el principal factor responsable de la acumulación de sulfatos en el subsuelo urbano en ambas zonas ha sido la proximidad del sistema hídrico conformado por el río Portoviejo, el cual está conectado directamente con un lago de oxidación que recibe aguas residuales. Esta relación causa un aumento en la carga salina del suelo por infiltración y escorrentía, fenómeno que, según Vélez Espinales, ha incrementado la vulnerabilidad del concreto expuesto a estos ambientes químicos agresivos.

En cuanto a la comparación de metodologías, tanto el presente estudio como el de Vélez Espinales (2022) emplearon ensayos de laboratorio basados en la norma ASTM C1580-20 para cuantificar la concentración de sulfatos solubles, utilizando reactivos como cloruro de bario (BaCl_2) y técnicas espectrofotométricas. La similitud metodológica facilita la comparación de resultados, pero mientras Vélez trabajó con un enfoque de muestreo localizado en sectores identificados por observación directa, esta tesis utilizó una estrategia de muestreo más sistemática, dividiendo la parroquia en cuatro cuadrantes mediante ArcGIS y seleccionando los puntos de sondeo de forma equitativa para asegurar una cobertura homogénea del territorio.

Los mapas zonificados de concentración de sulfatos, elaborados mediante el software QGIS, permitieron representar visualmente la severidad química en cada sector. Este enfoque se alinea con estudios como el de Bheemasetti et al. (2017), quienes validan el uso de herramientas de georreferenciación e interpolación espacial para representar patrones geoquímicos en áreas urbanas. En el caso de la parroquia 12 de Marzo, se observaron valores que alcanzan hasta 0.256 % de sulfatos, clasificados como severos bajo la guía del ACI 201.2R-16, lo que implica la necesidad de usar cemento tipo V resistente a sulfatos y aplicar recubrimientos impermeabilizantes si se proyecta construir en estas zonas.

En comparación, Vélez Espinales (2022) reportó valores máximos de 0.19 %, y concluyó que estos también requerían consideraciones especiales en el diseño de estructuras de hormigón. Sin embargo, en esta tesis se detectaron niveles más extremos en al menos dos puntos, probablemente debido a la mayor proximidad de estos sectores al sistema de aguas residuales, que incluye el mencionado lago de oxidación. Este fenómeno ha sido igualmente documentado por Caicedo Rosero et al. (2021), quienes explican que los suelos con alto contenido de humedad

y exposición a aguas contaminadas tienden a acumular mayores cantidades de sales solubles, entre ellas el sulfato.

Desde la perspectiva del tipo de suelo, se confirmó que los suelos limo-arenosos (ML) y los limos de alta plasticidad (MH) fueron los que registraron mayores niveles de sulfatos, lo cual también coincide con el estudio de Prasad (2013), quien señala que la adsorción de sulfatos es más común en suelos con alto contenido de finos debido a su mayor superficie específica y capacidad de retención.

Adicionalmente, tanto en esta tesis como en la de Vélez Espinales se recomienda implementar planes de monitoreo continuo del suelo y la aplicación de medidas de mitigación como barreras físicas impermeables, drenajes controlados y el uso de mezclas de concreto modificadas que minimicen la penetración de sulfatos. En ese sentido, el presente estudio no solo aporta evidencia empírica adicional a nivel local, sino que fortalece la necesidad de integrar los factores ambientales, como la contaminación hídrica, dentro del análisis geotécnico previo a la construcción.

Finalmente, la comparación entre ambos estudios demuestra que la influencia de fuentes hídricas contaminadas, como ríos y lagunas de oxidación, representa una amenaza real para la durabilidad del concreto en zonas urbanas. Esta condición convierte a la caracterización geoquímica del suelo en un requisito indispensable para cualquier planificación urbana sostenible en zonas como Portoviejo.

Conclusiones

Los resultados obtenidos confirman que los suelos de la parroquia 12 de Marzo presentan niveles significativos de sulfatos solubles en agua, lo que representa un riesgo latente para estructuras de concreto expuestas al subsuelo. De las 14 muestras analizadas, una parte importante se ubicó dentro de los rangos de severidad química clasificados como moderado (S1) y severo (S2), según los criterios establecidos por el ACI 201.2R-16. Este hallazgo evidencia que las condiciones del suelo en esta parroquia no son óptimas para cimentaciones convencionales sin protección específica, lo que obliga a revisar los parámetros de diseño estructural en obras futuras. El uso de concretos resistentes a sulfatos, juntas adecuadas, materiales impermeables y técnicas de aislamiento deberá considerarse de manera obligatoria en zonas con concentraciones elevadas.

El origen principal de la acumulación de sulfatos en el subsuelo se relaciona con factores antrópicos y ambientales que interactúan entre sí, siendo el más determinante la infiltración proveniente del sistema hídrico de la parroquia. En este sentido, se identifica como factor crítico el río que cruza el sector y su conexión con el lago de oxidación, el cual recibe aguas residuales domésticas y urbanas. Esta relación fue también documentada por Vélez Espinales (2022) en Andrés de Vera, y se confirma en esta tesis como un patrón repetido en las parroquias urbanas del cantón Portoviejo. La presencia sostenida de estas aguas sobre suelos permeables favorece la disolución y migración de compuestos químicos como los sulfatos, incrementando su concentración en las capas superficiales y subsuperficiales del suelo.

La correlación entre el porcentaje de finos (partículas pasantes del tamiz N°200) y la concentración de sulfatos mostró una tendencia general positiva, pero no absoluta. Si bien los suelos de tipo ML y MH, ricos en finos, registraron concentraciones elevadas de sulfatos, también se detectaron puntos con bajos contenidos de finos que superaron los 1000 ppm. Esto demuestra que la granulometría del suelo influye en la retención de sulfatos, pero no es el único factor determinante. La geolocalización del punto de muestreo, la topografía local, la pendiente del terreno, el escurrimiento superficial y la cercanía a cuerpos de agua contaminados también inciden directamente en la carga química del suelo. Por tanto, los estudios geotécnicos deben considerar variables ambientales y espaciales para interpretar adecuadamente los riesgos asociados.

El uso de herramientas de georreferenciación como QGIS fue fundamental para construir mapas zonificados de concentración de sulfatos, los cuales permiten representar de manera clara las zonas de mayor riesgo geotécnico por agresividad química. Esta técnica, basada en interpolaciones espaciales a partir de datos geolocalizados, proporciona una visualización útil tanto para fines académicos como para la planificación urbana. Los mapas generados en esta investigación facilitarán la identificación de áreas críticas dentro de la parroquia y permitirán a instituciones públicas, proyectistas y constructores tomar decisiones basadas en datos verificables. Además, estos recursos son especialmente valiosos para implementar políticas de prevención de fallas estructurales por corrosión o degradación temprana del concreto.

Los tipos de suelo predominantes en la parroquia 12 de Marzo (ML, SM, MH) poseen características físicas y químicas que los hacen susceptibles a la acumulación de sulfatos, lo cual reduce su idoneidad para proyectos de infraestructura sin estudios previos. Estos suelos, al presentar alta plasticidad o condiciones de saturación frecuentes, requieren tratamiento previo o

la adaptación del diseño estructural al entorno químicamente agresivo. En este sentido, es necesario incorporar soluciones técnicas como mezclas de concreto con bajo contenido de aluminato tricálcico (C_3A), cemento tipo V, incorporación de puzolanas o uso de recubrimientos protectores, con el fin de garantizar la durabilidad estructural. Asimismo, la implementación de drenajes adecuados para disminuir la humedad del subsuelo podría contribuir a reducir el riesgo de reacción sulfática.

Esta investigación aporta significativamente al conocimiento geotécnico local, al documentar por primera vez la distribución y severidad de sulfatos solubles en suelos de la parroquia 12 de Marzo con base en normativa técnica, análisis espacial y evidencia de laboratorio. El enfoque metodológico utilizado, basado en la norma ASTM C1580-20, y su integración con SIG, constituye un modelo replicable en otras zonas del cantón o incluso en otras regiones del país con condiciones similares. Además, se confirma que la evaluación de la agresividad química del suelo no debe ser vista como un procedimiento opcional, sino como una práctica indispensable en todo estudio de suelos orientado a la construcción. La información generada por este trabajo puede ser de utilidad directa para profesionales del sector, autoridades municipales, empresas constructoras y académicos que requieran comprender los riesgos geoquímicos asociados a entornos urbanos y semiurbanos.

Recomendaciones

Planificar la recolección de muestras en temporadas secas o de bajo nivel freático es fundamental para evitar complicaciones durante el muestreo. En esta investigación, se evidenció que realizar las calas durante el invierno es poco viable, debido a la elevación del nivel freático, que alcanzó profundidades de apenas 50 a 70 cm. Esta situación imposibilita el uso de equipos manuales como el abre hoyo y dificulta la obtención de muestras representativas sin contaminación hídrica. Por lo tanto, se recomienda programar los trabajos de campo en épocas secas o prever técnicas de muestreo alternativas en zonas con alta saturación.

Contar con una zonificación previa mediante software SIG antes de la salida a campo mejora significativamente la eficiencia del muestreo. Una de las dificultades observadas fue la pérdida de tiempo al buscar zonas “adecuadas” en el terreno sin una planificación clara. El uso de herramientas como ArcGIS o QGIS para definir cuadrantes de muestreo desde la etapa de gabinete permite orientar los recorridos de campo, reducir tiempos improductivos y asegurar una cobertura homogénea del área de estudio. Esto también mejora la representatividad estadística de los puntos seleccionados.

En futuras investigaciones similares, se recomienda ampliar la profundidad de análisis geoquímico más allá de los 70 cm cuando las condiciones lo permitan. Aunque este estudio se enfocó en estratos superficiales, en muchas áreas urbanas los efectos de infiltración de aguas contaminadas pueden alcanzar profundidades mayores. El conocimiento de estos niveles puede ser útil para cimentaciones profundas, diseño de pozos y evaluación de riesgo ambiental.

Es indispensable incorporar un análisis hidrológico básico del entorno antes de iniciar el trabajo de campo. Esto incluye la ubicación de cuerpos de agua superficiales, canales de desagüe y lagunas de oxidación. Estos elementos, al igual que en la parroquia 12 de Marzo, pueden alterar las condiciones geoquímicas del suelo de forma significativa. Tal análisis no solo contribuye a interpretar mejor los resultados, sino que también ayuda a comprender las dinámicas que explican la distribución de sulfatos en el suelo.

Se recomienda que los estudios de suelos realizados en zonas urbanas cuenten con el acompañamiento de equipos multidisciplinarios. Además del análisis físico-químico del suelo, se podrían considerar factores como el uso del suelo, tipo de cobertura, infraestructura cercana y condiciones sanitarias, lo que permitiría evaluar de forma más integral los riesgos estructurales y ambientales asociados a la presencia de sulfatos.

Para futuras investigaciones similares, se sugiere emplear tecnologías de análisis geoquímico más avanzadas, como espectrofotometría UV-Visible de mayor sensibilidad o cromatografía iónica, en caso de que se requiera un monitoreo continuo o una mayor precisión analítica. Asimismo, implementar sensores de humedad y sondas de conductividad en campo podría optimizar el diagnóstico de suelos afectados por sales solubles.

Finalmente, se recomienda que los resultados obtenidos en esta investigación sean socializados con los gobiernos locales y entidades encargadas de planificación urbana, con el objetivo de que la información sirva como insumo para normativas técnicas locales, planes de mitigación y criterios para el diseño de obras públicas en zonas vulnerables a la agresión por sulfatos.

Bibliografia

American Concrete Institute. (2016). *Guide to Durable Concrete (ACI 201.2R-16)*. ACI.

ASTM International. (2017). *ASTM D2487-17: Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)*.

<https://www.astm.org/d2487-17.html>

ASTM International. (2020). *ASTM C1580-20: Standard Test Method for Water-Soluble Sulfate in Soil*. <https://www.astm.org/c1580-20.html>

ASTM International. (2019). *ASTM D2216-19: Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock*. <https://www.astm.org/d2216-19.html>

ASTM International. (2017). *ASTM D4318-17: Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils*. <https://www.astm.org/d4318-17.html>

ASTM International. (2017). *ASTM D6913/D6913M-17: Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis*.
<https://www.astm.org/d6913-d6913m-17.html>

Bheemasetti, T. V., Chittoori, B., Zou, H., Puppala, A. J., & Thomey, J. (2017). Spatial mapping of soluble sulfate concentrations present in natural soils using geostatistics. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 143(2).
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)GT.1943-5606.0001590](https://doi.org/10.1061/(ASCE)GT.1943-5606.0001590)

Caicedo Rosero, J. A., Méndez Ávila, A. M., Gutiérrez Zeferino, P., & Flores Cuautle, C. (2021). Salinidad, humedad y comportamiento de los suelos en regiones urbanas costeras. *ID: Revista Ciencia y Técnica*, 39(1), 25–36.

COTECNO. (2022). *Importancia del análisis granulométrico en suelos*. Recuperado de <https://cotecno.com>

Fan, C., Guo, P., Hu, Y., Liu, X., Qiu, Q., Su, H., & Zhang, D. (2025). Process on biological nitrogen removal technology of ammonia-nitrogen wastewater from ion-type rare earth mines. *Industrial Water Treatment*, 45(1), 9–16. <https://doi.org/10.19965/j.cnki.iwt.2024-0059>

Gavidia, F. (2023). *Ensayos de límites de Atterberg y su relevancia en la clasificación de suelos*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Grajales, C. A. (2000). *Fundamentos de metodología de la investigación*. México: Trillas.

Gutiérrez, P. (2023). *Determinación de humedad en suelos según ASTM D2216-19*. Laboratorio de Mecánica de Suelos PUCE.

Londoño, J. M. (2022). *Corrosión del concreto por exposición a sulfatos: causas y consecuencias estructurales*. *Revista Ingeniería Civil*, 44(1), 33–41.

Prasad, B. G. (2013). Sulphate-induced heave in non-swelling soil in acidic environment. *Indian Journal of Environmental Protection*, 33(11), 902–910.

Retos. (2023). *¿Qué es la metodología de un proyecto?* *Revista Retos Empresariales*. Recuperado de <https://retosrevista.com/metodologia-de-un-proyecto/>

Rozo, J., López, A., & Cifuentes, M. (2019). *Determinación de sulfatos por espectrofotometría y aplicación en suelos contaminados*. *Revista Colombiana de Ciencias Químicas*, 48(2), 77–89.

Sornoza Pico, B. B. (2023). *Exposición por sulfatos en el suelo a los elementos superficiales de hormigón de viviendas de la parroquia Crucita, Manabí* [Tesis de pregrado, PUCE Manabí].

Stsepanets, I. (2022). *Tipos de metodologías para la gestión de proyectos*. *Revista Emprender Online*.

Vélez Espinales, K. J. (2022). *Evaluación de la concentración de sulfatos en suelos de la parroquia Andrés de Vera del cantón Portoviejo* [Trabajo de titulación, PUCE Manabí].

Yan, Z., Gu, Y., Wang, X., Hu, Y., & Li, X. (2021). Degradation of aniline by ferrous ions activated persulfate: Impacts, mechanisms, and by-products. *Chemosphere*, 268, 129237. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.129237>.

Anexos

Anexo 1:

Toma de muestra en el punto 9 - Puente Mamey



Fuente: Jesus Cheme, 2025.

Anexo 2:**Cuarteo de muestra 6**

Fuente: Jesus Cheme, 2025.

Anexo 3:

Preparación de secado de muestra 2 para límites y sulfatos



Fuente: Jesus Cheme, 2025.

Anexo 4:*Preparación de muestras para sulfatos y limites*

Fuente: Jesus Cheme, 2025.

Anexo 5:

Toma de muestra en el punto 6

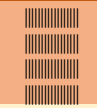
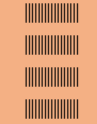
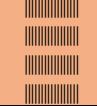


Fuente: *Jesus Cheme, 2025.*

Anexo 6:***Tamizado de muestras***

Fuente: Jesus Cheme, 2025.

Anexo 7:**Consolidado P8-P14**

Sondeo	Prpfundidad	Nivel freatico	Humedad natural	Granulometria				Limites de Atterberg			Perfil	Sistema SUCS	Descripcion del material
				Tamiz No. 4 % Pasa	Tamiz No. 10 % Pasa	Tamiz No. 40 % Pasa	Tamiz No. 200 % Pasa	Limite liquido L.L.	Limte plastico L.P.	Indice de plasticidad I.P.			
P-8	1,50 metros	X	43	100	100	100	50	35	29	6		ML	Suelo arcilloso que contiene limo y al menos un 15% de arena
P-9	1,50 metros	X	28	100	100	100	69	41	28	13		ML	Arcilla con bajo contenido de arena
P-10	1,50 metros	X	31	99	97	94	80	41	32	9		ML	Suelo cohesivo con predominio de arcilla
P-11	1,50 metros	X	38	98	91	88	79	40	27	13		ML	Suelo arenoso que contiene más del 12% de finos, los cuales son predominantemente limo.
P-12	1,50 metros	1,40	34	95	93	91	84	40	30	10		ML	Suelo arenoso que contiene más del 12% de finos, los cuales son predominantemente limo.
P-13	1,50 metros	0,90	57	99	99	89	74	64	44	20		MH	Arcilla muy plástica con alto contenido de agua, mezclada con algo de arena
P-14	1,50 metros	1,30	46	99	97	92	74	55	39	16		MH	Arcilla muy plástica con alto contenido de agua, mezclada con algo de arena

Fuente: Jesus Cheme, 2025

Anexo 8:**Ensayos de clasificación según el sistema SUCS**

Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Manabí Dirección de Laboratorio de Suelos, Hormigones y Asfaltos.				PUCE																																															
PROYECTO: Evaluación de los niveles de sulfato en los suelos de la parroquia 12 de Marzo del cantón Portoviejo, Manabí																																																			
UBICACIÓN: PARROQUIA 12 DE Marzo				SONDEO: P-1																																															
FECHA: domingo, 18 de mayo de 2025				MUESTRA: 1																																															
				PROFUND.: 1,50 metros																																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 35%;"></th> <th style="width: 15%;">P. HUM. (g)</th> <th style="width: 15%;">P. SECO (g)</th> <th style="width: 15%;">CÁPSULA (g)</th> <th style="width: 10%;">W%</th> <th style="width: 10%;">RESULTADO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">1.- CONTENIDO DE AGUA</td> <td>96,90</td> <td>79,90</td> <td>34,10</td> <td>37,12</td> <td rowspan="2">35,92</td> </tr> <tr> <td>86,60</td> <td>73,30</td> <td>35,00</td> <td>34,73</td> </tr> </tbody> </table>							P. HUM. (g)	P. SECO (g)	CÁPSULA (g)	W%	RESULTADO	1.- CONTENIDO DE AGUA	96,90	79,90	34,10	37,12	35,92	86,60	73,30	35,00	34,73																														
	P. HUM. (g)	P. SECO (g)	CÁPSULA (g)	W%	RESULTADO																																														
1.- CONTENIDO DE AGUA	96,90	79,90	34,10	37,12	35,92																																														
	86,60	73,30	35,00	34,73																																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">N° de GOLPES</th> <th style="width: 15%;">P. HUM. (g)</th> <th style="width: 15%;">P. SECO (g)</th> <th style="width: 15%;">CÁPSULA (g)</th> <th style="width: 10%;">W%</th> <th style="width: 10%;">RESULTADO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2.- LÍMITE LÍQUIDO</td> <td>10</td> <td>22,92</td> <td>18,95</td> <td>51,90</td> <td rowspan="3">45,51</td> </tr> <tr> <td></td> <td>21</td> <td>21,64</td> <td>18,18</td> <td>47,33</td> </tr> <tr> <td></td> <td>34</td> <td>21,64</td> <td>18,44</td> <td>42,95</td> </tr> </tbody> </table>						N° de GOLPES	P. HUM. (g)	P. SECO (g)	CÁPSULA (g)	W%	RESULTADO	2.- LÍMITE LÍQUIDO	10	22,92	18,95	51,90	45,51		21	21,64	18,18	47,33		34	21,64	18,44	42,95																								
N° de GOLPES	P. HUM. (g)	P. SECO (g)	CÁPSULA (g)	W%	RESULTADO																																														
2.- LÍMITE LÍQUIDO	10	22,92	18,95	51,90	45,51																																														
	21	21,64	18,18	47,33																																															
	34	21,64	18,44	42,95																																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 35%;"></th> <th style="width: 15%;">P. HUM. (g)</th> <th style="width: 15%;">P. SECO (g)</th> <th style="width: 15%;">CÁPSULA (g)</th> <th style="width: 10%;">W%</th> <th style="width: 10%;">RESULTADO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3.- LÍMITE PLÁSTICO</td> <td>8,68</td> <td>7,62</td> <td>4,42</td> <td>33,13</td> <td rowspan="2">32,94</td> </tr> <tr> <td></td> <td>8,93</td> <td>7,81</td> <td>4,39</td> <td>32,75</td> </tr> </tbody> </table>							P. HUM. (g)	P. SECO (g)	CÁPSULA (g)	W%	RESULTADO	3.- LÍMITE PLÁSTICO	8,68	7,62	4,42	33,13	32,94		8,93	7,81	4,39	32,75																													
	P. HUM. (g)	P. SECO (g)	CÁPSULA (g)	W%	RESULTADO																																														
3.- LÍMITE PLÁSTICO	8,68	7,62	4,42	33,13	32,94																																														
	8,93	7,81	4,39	32,75																																															
4.- GRANULOMETRÍA			5.- RESUMEN																																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 80%;">PESO INICIAL *HUMEDAD NATURAL (g)=</td> <td style="width: 20%;">475,00</td> </tr> <tr> <td>PESO CORREGIDO (g) =</td> <td>349,47</td> </tr> </table>			PESO INICIAL *HUMEDAD NATURAL (g)=	475,00	PESO CORREGIDO (g) =	349,47	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td style="width: 60%;">GRAVA</td><td style="width: 40%;">0</td></tr> <tr><td>ARENA</td><td>7</td></tr> <tr><td>FINOS</td><td>93</td></tr> <tr><td>W% =</td><td>36</td></tr> <tr><td>L.L. =</td><td>46</td></tr> <tr><td>L.P. =</td><td>33</td></tr> <tr><td>I.P. =</td><td>13</td></tr> <tr><td>I.G. =</td><td>16</td></tr> </table>			GRAVA	0	ARENA	7	FINOS	93	W% =	36	L.L. =	46	L.P. =	33	I.P. =	13	I.G. =	16																										
PESO INICIAL *HUMEDAD NATURAL (g)=	475,00																																																		
PESO CORREGIDO (g) =	349,47																																																		
GRAVA	0																																																		
ARENA	7																																																		
FINOS	93																																																		
W% =	36																																																		
L.L. =	46																																																		
L.P. =	33																																																		
I.P. =	13																																																		
I.G. =	16																																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>TAMIZ</th> <th>PES. RET. ACUM. (g)</th> <th>% RETEN. ACUM.</th> <th>% PASA ACUM.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1"</td><td>0,00</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>3/4"</td><td>0,00</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>1/2"</td><td>0,00</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>3/8"</td><td>0,00</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>No. 4</td><td>0,00</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>No. 10</td><td>0,00</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>No. 40</td><td>0,20</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>No. 200</td><td>23,90</td><td>7</td><td>93</td></tr> </tbody> </table>			TAMIZ	PES. RET. ACUM. (g)	% RETEN. ACUM.	% PASA ACUM.	1"	0,00	0	100	3/4"	0,00	0	100	1/2"	0,00	0	100	3/8"	0,00	0	100	No. 4	0,00	0	100	No. 10	0,00	0	100	No. 40	0,20	0	100	No. 200	23,90	7	93	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <th colspan="2">CLASIFICACIÓN DEL SUELO</th> </tr> <tr> <td style="width: 50%;">SUCS</td> <td style="width: 50%;">ML</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Silty sand</td> </tr> <tr> <td>AASHTO:</td> <td>A-7-5</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Suelo arcilloso</td> </tr> </table>			CLASIFICACIÓN DEL SUELO		SUCS	ML	Silty sand		AASHTO:	A-7-5	Suelo arcilloso	
TAMIZ	PES. RET. ACUM. (g)	% RETEN. ACUM.	% PASA ACUM.																																																
1"	0,00	0	100																																																
3/4"	0,00	0	100																																																
1/2"	0,00	0	100																																																
3/8"	0,00	0	100																																																
No. 4	0,00	0	100																																																
No. 10	0,00	0	100																																																
No. 40	0,20	0	100																																																
No. 200	23,90	7	93																																																
CLASIFICACIÓN DEL SUELO																																																			
SUCS	ML																																																		
Silty sand																																																			
AASHTO:	A-7-5																																																		
Suelo arcilloso																																																			
Observaciones: Suelo arenoso que contiene más del 12% de finos, los cuales son predominantemente limo.																																																			
 Anibal Jesús Cheme Torres																																																			

Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Manabí Dirección de Laboratorio de Suelos, Hormigones y Asfaltos.			PUCE																																																
PROYECTO: Evaluación de los niveles de sulfato en los suelos de la parroquia 12 de Marzo del cantón Portoviejo, Manabí			SONDEO: P-2																																																
UBICACIÓN: PARROQUIA 12 DE Marzo			MUESTRA: 2																																																
FECHA: domingo, 18 de mayo de 2025			PROFUND.: 1,50 metros																																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;"></th> <th style="width: 15%;">P. HUM. (g)</th> <th style="width: 15%;">P. SECO (g)</th> <th style="width: 15%;">CÁPSULA (g)</th> <th style="width: 15%;">W%</th> <th style="width: 10%;">RESULTADO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: left;">1.- CONTENIDO DE AGUA</td> <td>72,50</td> <td>56,00</td> <td>18,20</td> <td>43,65</td> <td rowspan="2">41,98</td> </tr> <tr> <td>89,80</td> <td>69,20</td> <td>18,10</td> <td>40,31</td> </tr> </tbody> </table>							P. HUM. (g)	P. SECO (g)	CÁPSULA (g)	W%	RESULTADO	1.- CONTENIDO DE AGUA	72,50	56,00	18,20	43,65	41,98	89,80	69,20	18,10	40,31																														
	P. HUM. (g)	P. SECO (g)	CÁPSULA (g)	W%	RESULTADO																																														
1.- CONTENIDO DE AGUA	72,50	56,00	18,20	43,65	41,98																																														
	89,80	69,20	18,10	40,31																																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;"></th> <th style="width: 10%;">N° de GOLPES</th> <th style="width: 15%;">P. HUM. (g)</th> <th style="width: 15%;">P. SECO (g)</th> <th style="width: 15%;">CÁPSULA (g)</th> <th style="width: 15%;">W%</th> <th style="width: 10%;">RESULTADO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3" style="text-align: left;">2.- LÍMITE LÍQUIDO</td> <td>14</td> <td>22,04</td> <td>18,44</td> <td>11,22</td> <td>49,86</td> <td rowspan="3">46,69</td> </tr> <tr> <td>22</td> <td>22,84</td> <td>19,16</td> <td>11,46</td> <td>47,79</td> </tr> <tr> <td>34</td> <td>21,95</td> <td>18,51</td> <td>10,82</td> <td>44,73</td> </tr> </tbody> </table>							N° de GOLPES	P. HUM. (g)	P. SECO (g)	CÁPSULA (g)	W%	RESULTADO	2.- LÍMITE LÍQUIDO	14	22,04	18,44	11,22	49,86	46,69	22	22,84	19,16	11,46	47,79	34	21,95	18,51	10,82	44,73																						
	N° de GOLPES	P. HUM. (g)	P. SECO (g)	CÁPSULA (g)	W%	RESULTADO																																													
2.- LÍMITE LÍQUIDO	14	22,04	18,44	11,22	49,86	46,69																																													
	22	22,84	19,16	11,46	47,79																																														
	34	21,95	18,51	10,82	44,73																																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;"></th> <th style="width: 15%;">P. HUM. (g)</th> <th style="width: 15%;">P. SECO (g)</th> <th style="width: 15%;">CÁPSULA (g)</th> <th style="width: 15%;">W%</th> <th style="width: 10%;">RESULTADO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: left;">3.- LÍMITE PLÁSTICO</td> <td>9,34</td> <td>8,15</td> <td>4,39</td> <td>31,65</td> <td rowspan="2">31,48</td> </tr> <tr> <td>9,18</td> <td>8,05</td> <td>4,44</td> <td>31,30</td> </tr> </tbody> </table>							P. HUM. (g)	P. SECO (g)	CÁPSULA (g)	W%	RESULTADO	3.- LÍMITE PLÁSTICO	9,34	8,15	4,39	31,65	31,48	9,18	8,05	4,44	31,30																														
	P. HUM. (g)	P. SECO (g)	CÁPSULA (g)	W%	RESULTADO																																														
3.- LÍMITE PLÁSTICO	9,34	8,15	4,39	31,65	31,48																																														
	9,18	8,05	4,44	31,30																																															
4.- GRANULOMETRÍA			5.- RESUMEN																																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 60%;">PESO INICIAL *HUMEDAD NATURAL (g)=</td> <td style="width: 40%;">551,40</td> </tr> <tr> <td>PESO CORREGIDO (g) =</td> <td>388,36</td> </tr> </table>			PESO INICIAL *HUMEDAD NATURAL (g)=	551,40	PESO CORREGIDO (g) =	388,36	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td style="width: 60%;">GRAVA</td><td style="width: 40%;">3</td></tr> <tr><td>ARENA</td><td>18</td></tr> <tr><td>FINOS</td><td>79</td></tr> <tr><td>W% =</td><td>42</td></tr> <tr><td>L.L. =</td><td>47</td></tr> <tr><td>L.P. =</td><td>31</td></tr> <tr><td>I.P. =</td><td>16</td></tr> <tr><td>I.G. =</td><td>14</td></tr> </table>			GRAVA	3	ARENA	18	FINOS	79	W% =	42	L.L. =	47	L.P. =	31	I.P. =	16	I.G. =	14																										
PESO INICIAL *HUMEDAD NATURAL (g)=	551,40																																																		
PESO CORREGIDO (g) =	388,36																																																		
GRAVA	3																																																		
ARENA	18																																																		
FINOS	79																																																		
W% =	42																																																		
L.L. =	47																																																		
L.P. =	31																																																		
I.P. =	16																																																		
I.G. =	14																																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">TAMIZ</th> <th style="width: 15%;">PES. RET. ACUM. (g)</th> <th style="width: 15%;">% RETEN. ACUM.</th> <th style="width: 15%;">% PASA ACUM.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1"</td><td>0,00</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>3/4"</td><td>0,00</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>1/2"</td><td>0,00</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>3/8"</td><td>0,00</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>No. 4</td><td>12,20</td><td>3</td><td>97</td></tr> <tr><td>No. 10</td><td>16,10</td><td>4</td><td>96</td></tr> <tr><td>No. 40</td><td>71,30</td><td>18</td><td>82</td></tr> <tr><td>No. 200</td><td>81,90</td><td>21</td><td>79</td></tr> </tbody> </table>			TAMIZ	PES. RET. ACUM. (g)	% RETEN. ACUM.	% PASA ACUM.	1"	0,00	0	100	3/4"	0,00	0	100	1/2"	0,00	0	100	3/8"	0,00	0	100	No. 4	12,20	3	97	No. 10	16,10	4	96	No. 40	71,30	18	82	No. 200	81,90	21	79	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <th colspan="2" style="background-color: #2c3e50; color: white;">LASIFICACIÓN DEL SUEL</th> </tr> <tr> <td style="width: 50%;">SUCS</td> <td style="width: 50%;">ML</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Silty sand</td> </tr> <tr> <td>AASHTO:</td> <td>A-7-5</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Suelo arcilloso</td> </tr> </table>			LASIFICACIÓN DEL SUEL		SUCS	ML	Silty sand		AASHTO:	A-7-5	Suelo arcilloso	
TAMIZ	PES. RET. ACUM. (g)	% RETEN. ACUM.	% PASA ACUM.																																																
1"	0,00	0	100																																																
3/4"	0,00	0	100																																																
1/2"	0,00	0	100																																																
3/8"	0,00	0	100																																																
No. 4	12,20	3	97																																																
No. 10	16,10	4	96																																																
No. 40	71,30	18	82																																																
No. 200	81,90	21	79																																																
LASIFICACIÓN DEL SUEL																																																			
SUCS	ML																																																		
Silty sand																																																			
AASHTO:	A-7-5																																																		
Suelo arcilloso																																																			
Observaciones: Suelo arenoso que contiene más del 12% de finos, los cuales son predominantemente limo.																																																			
 Anibal Jesús Cheme Torres																																																			

Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Manabí Dirección de Laboratorio de Suelos, Hormigones y Asfaltos.			
PROYECTO: Evaluación de los niveles de sulfato en los suelos de la parroquia 12 de Marzo del cantón Portoviejo, Manabí		SONDEO: P-3	
UBICACIÓN: PARROQUIA 12 DE Marzo		MUESTRA: 3	
FECHA: domingo, 18 de mayo de 2025		PROFUND.: 1,50 metros	

	P. HUM. (g)	P. SECO (g)	CÁPSULA (g)	W%	RESULTADO
1.- CONTENIDO DE AGUA	107,20	89,80	34,90	31,69	31,52
	125,20	103,60	34,70	31,35	

	Nº de GOLPES	P. HUM. (g)	P. SECO (g)	CÁPSULA (g)	W%	RESULTADO
2.- LÍMITE LÍQUIDO	10	22,99	19,63	11,09	39,34	34,02
	20	22,71	19,80	11,52	35,14	
	32	22,37	19,60	11,13	32,70	

	P. HUM. (g)	P. SECO (g)	CÁPSULA (g)	W%	RESULTADO
3.- LÍMITE PLÁSTICO	8,48	7,65	4,21	24,13	24,28
	8,17	7,41	4,30	24,44	

4.- GRANULOMETRÍA	
PESO INICIAL *HUMEDAD NATURAL (g) =	373,70
PESO CORREGIDO (g) =	284,14

TAMIZ	PES. RET. ACUM. (g)	% RETEN. ACUM.	% PASA ACUM.
1"	0,00	0	100
3/4"	0,00	0	100
1/2"	0,00	0	100
3/8"	0,00	0	100
No. 4	1,20	0	100
No. 10	2,20	1	99
No. 40	11,70	4	96
No. 200	93,80	33	67

5.- RESUMEN	
GRAVA	0
ARENA	33
FINOS	67
W% =	32
L.L. =	34
L.P. =	24
I.P. =	10
I.G. =	6

LASIFICACIÓN DEL SUEL	
SUCS	ML
Silty sand	
AASHTO:	A-4
Suelo arcilloso	

Curva Granulométrica

Curva de Fluidez

Observaciones:	Suelo arenoso que contiene más del 12% de finos, los cuales son predominantemente limo.
-----------------------	---

Anibal Jesús Cheme Torres

Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Sede Manabí
Dirección de Laboratorio de Suelos, Hormigones y Asfaltos.



PROYECTO: Evaluación de los niveles de sulfato en los suelos de la parroquia 12 de Marzo del cantón Portoviejo, Manabí
UBICACIÓN: PARROQUIA 12 DE Marzo
FECHA: domingo, 18 de mayo de 2025
SONDEO: P-4
MUESTRA: 4
PROFUND.: 1,50 metros

	P. HUM. (g)	P. SECO (g)	CÁPSULA (g)	W%	RESULTADO
1.- CONTENIDO DE AGUA	117,90	95,50	34,90	36,96	38,44
	110,50	88,90	34,80	39,93	

	N° de GOLPES	P. HUM. (g)	P. SECO (g)	CÁPSULA (g)	W%	RESULTADO
2.- LÍMITE LÍQUIDO	11	22,65	19,00	10,89	45,01	41,06
	21	22,88	19,37	10,96	41,74	
	32	23,27	19,74	10,91	39,98	

	P. HUM. (g)	P. SECO (g)	CÁPSULA (g)	W%	RESULTADO
3.- LÍMITE PLÁSTICO	8,82	7,83	4,20	27,27	27,06
	8,88	7,90	4,25	26,85	

4.- GRANULOMETRÍA

PESO INICIAL *HUMEDAD NATURAL (g)=	335,40
PESO CORREGIDO (g) =	242,26

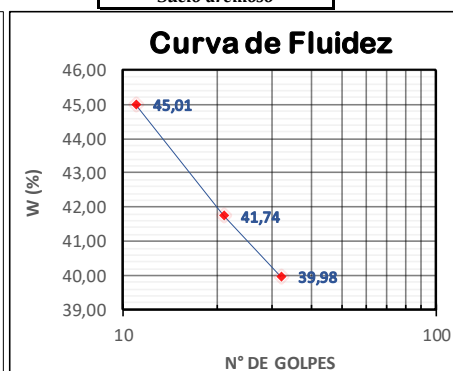
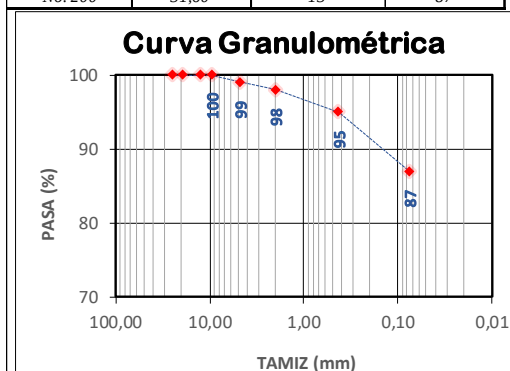
TAMIZ	PES. RET. ACUM. (g)	% RETEN. ACUM.	% PASA ACUM.
1"	0,00	0	100
3/4"	0,00	0	100
1/2"	0,00	0	100
3/8"	0,00	0	100
No. 4	1,30	1	99
No. 10	5,00	2	98
No. 40	11,90	5	95
No. 200	31,60	13	87

5.- RESUMEN

GRAVA	1
ARENA	12
FINOS	87
W% =	38
L.L. =	41
L.P. =	27
I.P. =	14
I.G. =	14

LASIFICACIÓN DEL SUEL

SUCS	ML
Silty sand	
AASHTO:	A-7-6
Suelo arcilloso	



Observaciones: Suelo arenoso que contiene más del 12% de finos, los cuales son predominantemente limo.

[Signature]

Anibal Jesús Cheme Torres

Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Manabí Dirección de Laboratorio de Suelos, Hormigones y Asfaltos.			
PROYECTO: Evaluación de los niveles de sulfato en los suelos de la parroquia 12 de Marzo del cantón Portoviejo, Manabí		SONDEO: P-5	
UBICACIÓN: PARROQUIA 12 DE Marzo		MUESTRA: 5	
FECHA: domingo, 18 de mayo de 2025		PROFUND.: 1,50 metros	

	P. HUM. (g)	P. SECO (g)	CÁPSULA (g)	W%	RESULTADO
1.- CONTENIDO DE AGUA	73,50	58,60	17,60	36,34	35,87
	72,80	58,50	18,10	35,40	

	N° de GOLPES	P. HUM. (g)	P. SECO (g)	CÁPSULA (g)	W%	RESULTADO
2.- LÍMITE LÍQUIDO	16	21,86	18,86	11,22	39,27	37,97
	19	22,30	19,10	10,86	38,83	
	34	23,23	20,00	11,28	37,04	

	P. HUM. (g)	P. SECO (g)	CÁPSULA (g)	W%	RESULTADO
3.- LÍMITE PLÁSTICO	9,90	8,69	4,37	28,01	27,89
	9,72	8,52	4,20	27,78	

4.- GRANULOMETRÍA	
PESO INICIAL *HUMEDAD NATURAL (g)=	420,88
PESO CORREGIDO (g) =	309,77

TAMIZ	PES. RET. ACUM. (g)	% RETEN. ACUM.	% PASA ACUM.
1"	0,00	0	100
3/4"	0,00	0	100
1/2"	0,00	0	100
3/8"	0,00	0	100
No. 4	0,00	0	100
No. 10	0,20	0	100
No. 40	13,90	4	96
No. 200	78,70	25	75

5.- RESUMEN	
GRAVA	0
ARENA	25
FINOS	75
W% =	36
L.L. =	38
L.P. =	28
I.P. =	10
I.G. =	8

LASIFICACIÓN DEL SUEL	
SUCS	ML
Silty sand	
AASHTO:	A-4
Suelo arcilloso	

Curva Granulométrica

Curva de Fluidez

Observaciones:	Suelo arenoso que contiene más del 12% de finos, los cuales son predominantemente limo.
-----------------------	---

Anibal Jesús Cheme Torres

Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Sede Manabí

Dirección de Laboratorio de Suelos, Hormigones y Asfaltos.



PROYECTO: Evaluación de los niveles de sulfato en los suelos de la parroquia 12 de Marzo del cantón Portoviejo, Manabí

SONDEO: P-6

UBICACIÓN: PARROQUIA 12 DE Marzo

MUESTRA: 6

FECHA: domingo, 18 de mayo de 2025

PROFUND.: 1,50 metros

	P. HUM. (g)	P. SECO (g)	CÁPSULA (g)	W%	RESULTADO
1.- CONTENIDO DE AGUA	131,80	107,60	34,80	33,24	33,19
	126,10	103,40	34,90	33,14	

	Nº de GOLPES	P. HUM. (g)	P. SECO (g)	CÁPSULA (g)	W%	RESULTADO
2.- LÍMITE LÍQUIDO	13	22,36	18,41	11,25	55,17	51,05
	23	21,79	18,13	11,07	51,84	
	34	23,23	19,36	11,45	48,93	

	P. HUM. (g)	P. SECO (g)	CÁPSULA (g)	W%	RESULTADO
3.- LÍMITE PLÁSTICO	11,27	10,16	7,09	36,16	36,72
	11,58	10,51	7,64	37,28	

4.- GRANULOMETRÍA

PESO INICIAL *HUMEDAD NATURAL (g)=	459,70
PESO CORREGIDO (g) =	345,15

TAMIZ	PES. RET. ACUM. (g)	% RETEN. ACUM.	% PASA ACUM.
1"	0,00	0	100
3/4"	0,00	0	100
1/2"	0,00	0	100
3/8"	0,00	0	100
No. 4	41,80	12	88
No. 10	82,20	24	76
No. 40	129,00	37	63
No. 200	190,50	55	45

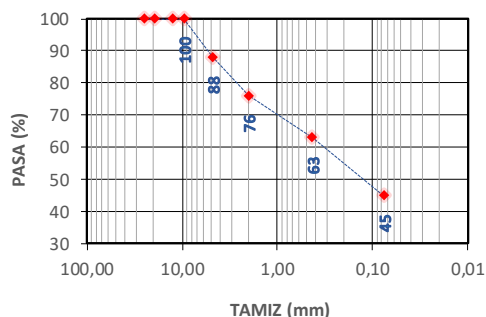
5.- RESUMEN

GRAVA	12
ARENA	43
FINOS	45
W% =	33
L.L. =	51
L.P. =	37
I.P. =	14
I.G. =	4

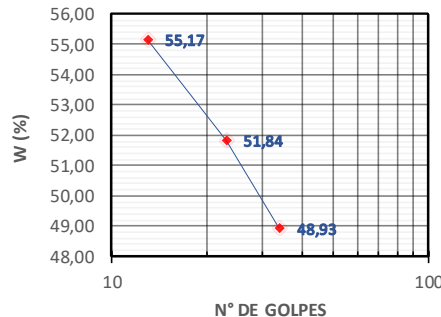
CLASIFICACIÓN DEL SUELO

SUCS	SM
Sandy elastic silt	
AASHTO:	A-7-5
Suelo arcilloso	

Curva Granulométrica



Curva de Fluides



Observaciones: Suelo limoso de alta plasticidad que contiene al menos un 15% de arena

Anibal Jesús Cheme Torres

Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Manabí Dirección de Laboratorio de Suelos, Hormigones y Asfaltos.			PUCE	
PROYECTO: Evaluación de los niveles de sulfato en los suelos de la parroquia 12 de Marzo del cantón Portoviejo, Manabí			SONDEO: P-7	
UBICACIÓN: PARROQUIA 12 DE Marzo			MUESTRA: 7	
FECHA: domingo, 18 de mayo de 2025			PROFUND.: 1,50 metros	

	P. HUM. (g)	P. SECO (g)	CÁPSULA (g)	W%	RESULTADO
1.- CONTENIDO DE AGUA	116,70	101,30	34,70	23,12	22,54
	131,00	113,70	34,90	21,95	

	N° de GOLPES	P. HUM. (g)	P. SECO (g)	CÁPSULA (g)	W%	RESULTADO
2.- LÍMITE LÍQUIDO	12	22,61	18,65	11,42	54,77	50,76
	23	21,53	18,08	11,40	51,65	
	35	21,69	18,25	11,17	48,59	

	P. HUM. (g)	P. SECO (g)	CÁPSULA (g)	W%	RESULTADO
3.- LÍMITE PLÁSTICO	11,72	10,52	7,18	35,93	35,82
	11,96	10,71	7,21	35,71	

4.- GRANULOMETRÍA <table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 60%;">PESO INICIAL *HUMEDAD NATURAL (g) =</td> <td style="width: 40%; text-align: center;">390,60</td> </tr> <tr> <td>PESO CORREGIDO (g) =</td> <td style="text-align: center;">318,76</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>TAMIZ</th> <th>PES. RET. ACUM. (g)</th> <th>% RETEN. ACUM.</th> <th>% PASA ACUM.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1"</td><td>0,00</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>3/4"</td><td>0,00</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>1/2"</td><td>0,00</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>3/8"</td><td>0,00</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>No. 4</td><td>43,90</td><td>14</td><td>86</td></tr> <tr><td>No. 10</td><td>87,40</td><td>27</td><td>73</td></tr> <tr><td>No. 40</td><td>151,20</td><td>47</td><td>53</td></tr> <tr><td>No. 200</td><td>198,30</td><td>62</td><td>38</td></tr> </tbody> </table>	PESO INICIAL *HUMEDAD NATURAL (g) =	390,60	PESO CORREGIDO (g) =	318,76	TAMIZ	PES. RET. ACUM. (g)	% RETEN. ACUM.	% PASA ACUM.	1"	0,00	0	100	3/4"	0,00	0	100	1/2"	0,00	0	100	3/8"	0,00	0	100	No. 4	43,90	14	86	No. 10	87,40	27	73	No. 40	151,20	47	53	No. 200	198,30	62	38	5.- RESUMEN <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>GRAVA</td><td style="text-align: center;">14</td></tr> <tr><td>ARENA</td><td style="text-align: center;">48</td></tr> <tr><td>FINOS</td><td style="text-align: center;">38</td></tr> <tr><td>W% =</td><td style="text-align: center;">23</td></tr> <tr><td>L.L. =</td><td style="text-align: center;">51</td></tr> <tr><td>L.P. =</td><td style="text-align: center;">36</td></tr> <tr><td>I.P. =</td><td style="text-align: center;">15</td></tr> <tr><td>I.G. =</td><td style="text-align: center;">2</td></tr> </table> LASIFICACIÓN DEL SUEL <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>SUCS</td><td style="text-align: center;">SM</td></tr> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">Sandy elastic silt</td></tr> <tr><td>AASHTO:</td><td style="text-align: center;">A-7-5</td></tr> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">Suelo arcilloso</td></tr> </table>	GRAVA	14	ARENA	48	FINOS	38	W% =	23	L.L. =	51	L.P. =	36	I.P. =	15	I.G. =	2	SUCS	SM	Sandy elastic silt		AASHTO:	A-7-5	Suelo arcilloso	
PESO INICIAL *HUMEDAD NATURAL (g) =	390,60																																																																
PESO CORREGIDO (g) =	318,76																																																																
TAMIZ	PES. RET. ACUM. (g)	% RETEN. ACUM.	% PASA ACUM.																																																														
1"	0,00	0	100																																																														
3/4"	0,00	0	100																																																														
1/2"	0,00	0	100																																																														
3/8"	0,00	0	100																																																														
No. 4	43,90	14	86																																																														
No. 10	87,40	27	73																																																														
No. 40	151,20	47	53																																																														
No. 200	198,30	62	38																																																														
GRAVA	14																																																																
ARENA	48																																																																
FINOS	38																																																																
W% =	23																																																																
L.L. =	51																																																																
L.P. =	36																																																																
I.P. =	15																																																																
I.G. =	2																																																																
SUCS	SM																																																																
Sandy elastic silt																																																																	
AASHTO:	A-7-5																																																																
Suelo arcilloso																																																																	

Curva Granulométrica

Curva de Fluidez

Observaciones: Suelo limoso de alta plasticidad que contiene al menos un 15% de arena

.....
Anibal Jesús Cheme Torres

Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Manabí Dirección de Laboratorio de Suelos, Hormigones y Asfaltos.				PUCE																																																																	
PROYECTO: Evaluación de los niveles de sulfato en los suelos de la parroquia 12 de Marzo del cantón Portoviejo, Manabí			SONDEO: P-8																																																																		
UBICACIÓN: PARROQUIA 12 DE Marzo			MUESTRA: 8																																																																		
FECHA: domingo, 18 de mayo de 2025			PROFUND.: 1,50 metros																																																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 40%;"></th> <th style="width: 10%;">P. HUM. (g)</th> <th style="width: 10%;">P. SECO (g)</th> <th style="width: 10%;">CÁPSULA (g)</th> <th style="width: 10%;">W%</th> <th style="width: 10%;">RESULTADO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: left;">1.- CONTENIDO DE AGUA</td> <td>113,60</td> <td>89,50</td> <td>34,90</td> <td>44,14</td> <td rowspan="2">42,74</td> </tr> <tr> <td>114,80</td> <td>91,40</td> <td>34,80</td> <td>41,34</td> </tr> </tbody> </table>							P. HUM. (g)	P. SECO (g)	CÁPSULA (g)	W%	RESULTADO	1.- CONTENIDO DE AGUA	113,60	89,50	34,90	44,14	42,74	114,80	91,40	34,80	41,34																																																
	P. HUM. (g)	P. SECO (g)	CÁPSULA (g)	W%	RESULTADO																																																																
1.- CONTENIDO DE AGUA	113,60	89,50	34,90	44,14	42,74																																																																
	114,80	91,40	34,80	41,34																																																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">N° de GOLPES</th> <th style="width: 10%;">P. HUM. (g)</th> <th style="width: 10%;">P. SECO (g)</th> <th style="width: 10%;">CÁPSULA (g)</th> <th style="width: 10%;">W%</th> <th style="width: 10%;">RESULTADO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3" style="text-align: left;">2.- LÍMITE LÍQUIDO</td> <td>10</td> <td>22,75</td> <td>19,42</td> <td>11,19</td> <td rowspan="3">35,18</td> </tr> <tr> <td>21</td> <td>21,72</td> <td>18,88</td> <td>11,08</td> </tr> <tr> <td>33</td> <td>22,09</td> <td>19,46</td> <td>11,59</td> </tr> </tbody> </table>						N° de GOLPES	P. HUM. (g)	P. SECO (g)	CÁPSULA (g)	W%	RESULTADO	2.- LÍMITE LÍQUIDO	10	22,75	19,42	11,19	35,18	21	21,72	18,88	11,08	33	22,09	19,46	11,59																																												
N° de GOLPES	P. HUM. (g)	P. SECO (g)	CÁPSULA (g)	W%	RESULTADO																																																																
2.- LÍMITE LÍQUIDO	10	22,75	19,42	11,19	35,18																																																																
	21	21,72	18,88	11,08																																																																	
	33	22,09	19,46	11,59																																																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 40%;"></th> <th style="width: 10%;">P. HUM. (g)</th> <th style="width: 10%;">P. SECO (g)</th> <th style="width: 10%;">CÁPSULA (g)</th> <th style="width: 10%;">W%</th> <th style="width: 10%;">RESULTADO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: left;">3.- LÍMITE PLÁSTICO</td> <td>11,46</td> <td>10,52</td> <td>7,24</td> <td>28,66</td> <td rowspan="2">29,40</td> </tr> <tr> <td>11,37</td> <td>10,46</td> <td>7,44</td> <td>30,13</td> </tr> </tbody> </table>							P. HUM. (g)	P. SECO (g)	CÁPSULA (g)	W%	RESULTADO	3.- LÍMITE PLÁSTICO	11,46	10,52	7,24	28,66	29,40	11,37	10,46	7,44	30,13																																																
	P. HUM. (g)	P. SECO (g)	CÁPSULA (g)	W%	RESULTADO																																																																
3.- LÍMITE PLÁSTICO	11,46	10,52	7,24	28,66	29,40																																																																
	11,37	10,46	7,44	30,13																																																																	
4.- GRANULOMETRÍA <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 60%;">PESO INICIAL *HUMEDAD NATURAL (g)=</td> <td>330,90</td> </tr> <tr> <td>PESO CORREGIDO (g) =</td> <td>231,82</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>TAMIZ</th> <th>PES. RET. ACUM. (g)</th> <th>% RETEN. ACUM.</th> <th>% PASA ACUM.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1"</td><td>0,00</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>3/4"</td><td>0,00</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>1/2"</td><td>0,00</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>3/8"</td><td>0,00</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>No. 4</td><td>0,10</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>No. 10</td><td>0,30</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>No. 40</td><td>0,90</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>No. 200</td><td>116,90</td><td>50</td><td>50</td></tr> </tbody> </table>			PESO INICIAL *HUMEDAD NATURAL (g)=	330,90	PESO CORREGIDO (g) =	231,82	TAMIZ	PES. RET. ACUM. (g)	% RETEN. ACUM.	% PASA ACUM.	1"	0,00	0	100	3/4"	0,00	0	100	1/2"	0,00	0	100	3/8"	0,00	0	100	No. 4	0,10	0	100	No. 10	0,30	0	100	No. 40	0,90	0	100	No. 200	116,90	50	50	5.- RESUMEN <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td>GRAVA</td><td>0</td></tr> <tr><td>ARENA</td><td>50</td></tr> <tr><td>FINOS</td><td>50</td></tr> <tr><td>W% =</td><td>43</td></tr> <tr><td>L.L. =</td><td>35</td></tr> <tr><td>L.P. =</td><td>29</td></tr> <tr><td>I.P. =</td><td>6</td></tr> <tr><td>I.G. =</td><td>3</td></tr> </table> CLASIFICACIÓN DEL SUEL <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 50%;">SUCS</td> <td style="width: 50%;">ML</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Sandy Silty clay</td> </tr> <tr> <td>AASHTO:</td> <td>A-4</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Suelo arcilloso</td> </tr> </table>			GRAVA	0	ARENA	50	FINOS	50	W% =	43	L.L. =	35	L.P. =	29	I.P. =	6	I.G. =	3	SUCS	ML	Sandy Silty clay		AASHTO:	A-4	Suelo arcilloso	
PESO INICIAL *HUMEDAD NATURAL (g)=	330,90																																																																				
PESO CORREGIDO (g) =	231,82																																																																				
TAMIZ	PES. RET. ACUM. (g)	% RETEN. ACUM.	% PASA ACUM.																																																																		
1"	0,00	0	100																																																																		
3/4"	0,00	0	100																																																																		
1/2"	0,00	0	100																																																																		
3/8"	0,00	0	100																																																																		
No. 4	0,10	0	100																																																																		
No. 10	0,30	0	100																																																																		
No. 40	0,90	0	100																																																																		
No. 200	116,90	50	50																																																																		
GRAVA	0																																																																				
ARENA	50																																																																				
FINOS	50																																																																				
W% =	43																																																																				
L.L. =	35																																																																				
L.P. =	29																																																																				
I.P. =	6																																																																				
I.G. =	3																																																																				
SUCS	ML																																																																				
Sandy Silty clay																																																																					
AASHTO:	A-4																																																																				
Suelo arcilloso																																																																					
Observaciones: Suelo arcilloso que contiene limo y al menos un 15% de arena																																																																					
 _____ Anibal Jesús Cheme Torres																																																																					

Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Manabí Dirección de Laboratorio de Suelos, Hormigones y Asfaltos.			PUCE																																														
PROYECTO: Evaluación de los niveles de sulfato en los suelos de la parroquia 12 de Marzo del cantón Portoviejo, Manabí			SONDEO: P-9																																														
UBICACIÓN: PARROQUIA 12 DE Marzo			MUESTRA: 9																																														
FECHA: domingo, 18 de mayo de 2025			PROFUND.: 1,50 metros																																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 35%;"></th> <th style="width: 15%;">P. HUM. (g)</th> <th style="width: 15%;">P. SECO (g)</th> <th style="width: 15%;">CÁPSULA (g)</th> <th style="width: 10%;">W%</th> <th style="width: 10%;">RESULTADO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: left;">1.- CONTENIDO DE AGUA</td> <td>115,20</td> <td>97,50</td> <td>34,80</td> <td>28,23</td> <td rowspan="2">28,42</td> </tr> <tr> <td>113,20</td> <td>95,80</td> <td>35,00</td> <td>28,62</td> </tr> </tbody> </table>							P. HUM. (g)	P. SECO (g)	CÁPSULA (g)	W%	RESULTADO	1.- CONTENIDO DE AGUA	115,20	97,50	34,80	28,23	28,42	113,20	95,80	35,00	28,62																												
	P. HUM. (g)	P. SECO (g)	CÁPSULA (g)	W%	RESULTADO																																												
1.- CONTENIDO DE AGUA	115,20	97,50	34,80	28,23	28,42																																												
	113,20	95,80	35,00	28,62																																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">N° de GOLPES</th> <th style="width: 15%;">P. HUM. (g)</th> <th style="width: 15%;">P. SECO (g)</th> <th style="width: 15%;">CÁPSULA (g)</th> <th style="width: 10%;">W%</th> <th style="width: 10%;">RESULTADO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3" style="text-align: left;">2.- LÍMITE LÍQUIDO</td> <td>13</td> <td>22,25</td> <td>18,93</td> <td>44,27</td> <td rowspan="3">40,72</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>22,24</td> <td>19,07</td> <td>41,99</td> </tr> <tr> <td>33</td> <td>22,80</td> <td>19,63</td> <td>11,54</td> <td>39,18</td> </tr> </tbody> </table>						N° de GOLPES	P. HUM. (g)	P. SECO (g)	CÁPSULA (g)	W%	RESULTADO	2.- LÍMITE LÍQUIDO	13	22,25	18,93	44,27	40,72	20	22,24	19,07	41,99	33	22,80	19,63	11,54	39,18																							
N° de GOLPES	P. HUM. (g)	P. SECO (g)	CÁPSULA (g)	W%	RESULTADO																																												
2.- LÍMITE LÍQUIDO	13	22,25	18,93	44,27	40,72																																												
	20	22,24	19,07	41,99																																													
	33	22,80	19,63	11,54		39,18																																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 35%;"></th> <th style="width: 15%;">P. HUM. (g)</th> <th style="width: 15%;">P. SECO (g)</th> <th style="width: 15%;">CÁPSULA (g)</th> <th style="width: 10%;">W%</th> <th style="width: 10%;">RESULTADO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: left;">3.- LÍMITE PLÁSTICO</td> <td>9,25</td> <td>8,16</td> <td>4,26</td> <td>27,95</td> <td rowspan="2">27,95</td> </tr> <tr> <td>9,81</td> <td>8,58</td> <td>4,18</td> <td>27,95</td> </tr> </tbody> </table>							P. HUM. (g)	P. SECO (g)	CÁPSULA (g)	W%	RESULTADO	3.- LÍMITE PLÁSTICO	9,25	8,16	4,26	27,95	27,95	9,81	8,58	4,18	27,95																												
	P. HUM. (g)	P. SECO (g)	CÁPSULA (g)	W%	RESULTADO																																												
3.- LÍMITE PLÁSTICO	9,25	8,16	4,26	27,95	27,95																																												
	9,81	8,58	4,18	27,95																																													
4.- GRANULOMETRÍA			5.- RESUMEN																																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 60%;">PESO INICIAL *HUMEDAD NATURAL (g) =</td> <td style="text-align: right;">341,80</td> </tr> <tr> <td>PESO CORREGIDO (g) =</td> <td style="text-align: right;">266,15</td> </tr> </table>			PESO INICIAL *HUMEDAD NATURAL (g) =	341,80	PESO CORREGIDO (g) =	266,15	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>GRAVA</td><td style="text-align: right;">0</td></tr> <tr><td>ARENA</td><td style="text-align: right;">31</td></tr> <tr><td>FINOS</td><td style="text-align: right;">69</td></tr> <tr><td>W% =</td><td style="text-align: right;">28</td></tr> <tr><td>L.L. =</td><td style="text-align: right;">41</td></tr> <tr><td>L.P. =</td><td style="text-align: right;">28</td></tr> <tr><td>I.P. =</td><td style="text-align: right;">13</td></tr> <tr><td>I.G. =</td><td style="text-align: right;">9</td></tr> </table>			GRAVA	0	ARENA	31	FINOS	69	W% =	28	L.L. =	41	L.P. =	28	I.P. =	13	I.G. =	9																								
PESO INICIAL *HUMEDAD NATURAL (g) =	341,80																																																
PESO CORREGIDO (g) =	266,15																																																
GRAVA	0																																																
ARENA	31																																																
FINOS	69																																																
W% =	28																																																
L.L. =	41																																																
L.P. =	28																																																
I.P. =	13																																																
I.G. =	9																																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>TAMIZ</th> <th>PES. RET. ACUM. (g)</th> <th>% RETEN. ACUM.</th> <th>% PASA ACUM.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1"</td><td>0,00</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>3/4"</td><td>0,00</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>1/2"</td><td>0,00</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>3/8"</td><td>0,00</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>No. 4</td><td>0,30</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>No. 10</td><td>0,50</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>No. 40</td><td>1,10</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>No. 200</td><td>82,10</td><td>31</td><td>69</td></tr> </tbody> </table>			TAMIZ	PES. RET. ACUM. (g)	% RETEN. ACUM.	% PASA ACUM.	1"	0,00	0	100	3/4"	0,00	0	100	1/2"	0,00	0	100	3/8"	0,00	0	100	No. 4	0,30	0	100	No. 10	0,50	0	100	No. 40	1,10	0	100	No. 200	82,10	31	69	CLASIFICACIÓN DEL SUEL <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 50%;">SUCS</td> <td style="width: 50%;">ML</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Sandy lean clay</td> </tr> <tr> <td>AASHTO:</td> <td>A-7-6</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Suelo arcilloso</td> </tr> </table>			SUCS	ML	Sandy lean clay		AASHTO:	A-7-6	Suelo arcilloso	
TAMIZ	PES. RET. ACUM. (g)	% RETEN. ACUM.	% PASA ACUM.																																														
1"	0,00	0	100																																														
3/4"	0,00	0	100																																														
1/2"	0,00	0	100																																														
3/8"	0,00	0	100																																														
No. 4	0,30	0	100																																														
No. 10	0,50	0	100																																														
No. 40	1,10	0	100																																														
No. 200	82,10	31	69																																														
SUCS	ML																																																
Sandy lean clay																																																	
AASHTO:	A-7-6																																																
Suelo arcilloso																																																	
Curva Granulométrica 			Curva de Fluidez 																																														
Observaciones: Arcilla con bajo contenido de arena																																																	
 Anibal Jesús Cheme Torres																																																	

Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Sede Manabí

Dirección de Laboratorio de Suelos, Hormigones y Asfaltos.



PROYECTO: Evaluación de los niveles de sulfato en los suelos de la parroquia 12 de Marzo del cantón Portoviejo, Manabí

SONDEO: P-10

UBICACIÓN: PARROQUIA 12 DE Marzo

MUESTRA: 10

FECHA: domingo, 18 de mayo de 2025

PROFUND.: 1,50 metros

	P. HUM. (g)	P. SECO (g)	CÁPSULA (g)	W%	RESULTADO
1.- CONTENIDO DE AGUA	107,50	90,50	35,00	30,63	30,68
	100,20	84,80	34,70	30,74	

	Nº de GOLPES	P. HUM. (g)	P. SECO (g)	CÁPSULA (g)	W%	RESULTADO
2.- LÍMITE LÍQUIDO	10	22,88	19,12	10,73	44,82	41,00
	20	23,52	19,90	11,28	42,00	
	32	22,87	19,52	11,13	39,93	

	P. HUM. (g)	P. SECO (g)	CÁPSULA (g)	W%	RESULTADO
3.- LÍMITE PLÁSTICO	9,60	8,30	4,24	32,02	31,63
	9,23	8,04	4,23	31,23	

4.- GRANULOMETRÍA

PESO INICIAL *HUMEDAD NATURAL (g) =	357,40
PESO CORREGIDO (g) =	273,48

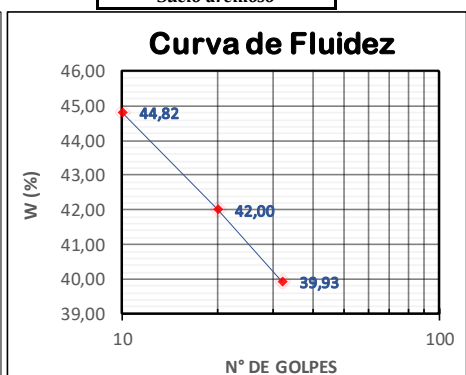
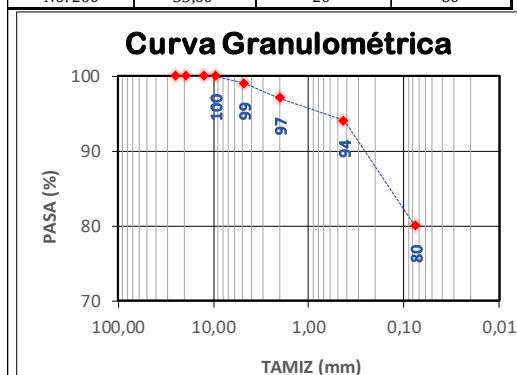
TAMIZ	PES. RET. ACUM. (g)	% RETEN. ACUM.	% PASA ACUM.
1"	0,00	0	100
3/4"	0,00	0	100
1/2"	0,00	0	100
3/8"	0,00	0	100
No. 4	3,00	1	99
No. 10	7,00	3	97
No. 40	16,50	6	94
No. 200	55,60	20	80

5.- RESUMEN

GRAVA	1
ARENA	19
FINOS	80
W% =	31
L.L. =	41
L.P. =	32
I.P. =	9
I.G. =	9

CLASIFICACIÓN DEL SUELO

SUCS	ML
Lean Clay	
AASHTO:	A-5
Suelo arcilloso	



Observaciones: Suelo cohesivo con predominio de arcilla

Anibal Jesús Cheme Torres

Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Manabí Dirección de Laboratorio de Suelos, Hormigones y Asfaltos.			PUCE																																																																									
PROYECTO: Evaluación de los niveles de sulfato en los suelos de la parroquia 12 de Marzo del cantón Portoviejo, Manabí																																																																												
UBICACIÓN: PARROQUIA 12 DE Marzo			SONDEO: P-11																																																																									
FECHA: domingo, 18 de mayo de 2025			MUESTRA: 11 PROFUND.: 1,50 metros																																																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;"></th> <th style="width: 15%;">P. HUM. (g)</th> <th style="width: 15%;">P. SECO (g)</th> <th style="width: 15%;">CÁPSULA (g)</th> <th style="width: 10%;">W%</th> <th style="width: 15%;">RESULTADO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">1.- CONTENIDO DE AGUA</td> <td>118,00</td> <td>95,30</td> <td>34,70</td> <td>37,46</td> <td rowspan="2">37,51</td> </tr> <tr> <td>128,40</td> <td>102,90</td> <td>35,00</td> <td>37,56</td> </tr> </tbody> </table>						P. HUM. (g)	P. SECO (g)	CÁPSULA (g)	W%	RESULTADO	1.- CONTENIDO DE AGUA	118,00	95,30	34,70	37,46	37,51	128,40	102,90	35,00	37,56																																																								
	P. HUM. (g)	P. SECO (g)	CÁPSULA (g)	W%	RESULTADO																																																																							
1.- CONTENIDO DE AGUA	118,00	95,30	34,70	37,46	37,51																																																																							
	128,40	102,90	35,00	37,56																																																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;"></th> <th style="width: 10%;">Nº de GOLPES</th> <th style="width: 15%;">P. HUM. (g)</th> <th style="width: 15%;">P. SECO (g)</th> <th style="width: 15%;">CÁPSULA (g)</th> <th style="width: 10%;">W%</th> <th style="width: 15%;">RESULTADO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">2.- LÍMITE LÍQUIDO</td> <td>11</td> <td>22,05</td> <td>18,88</td> <td>11,38</td> <td>42,27</td> <td rowspan="3">39,60</td> </tr> <tr> <td>22</td> <td>22,73</td> <td>19,60</td> <td>11,79</td> <td>40,08</td> </tr> <tr> <td>34</td> <td>21,33</td> <td>18,40</td> <td>10,80</td> <td>38,55</td> </tr> </tbody> </table>						Nº de GOLPES	P. HUM. (g)	P. SECO (g)	CÁPSULA (g)	W%	RESULTADO	2.- LÍMITE LÍQUIDO	11	22,05	18,88	11,38	42,27	39,60	22	22,73	19,60	11,79	40,08	34	21,33	18,40	10,80	38,55																																																
	Nº de GOLPES	P. HUM. (g)	P. SECO (g)	CÁPSULA (g)	W%	RESULTADO																																																																						
2.- LÍMITE LÍQUIDO	11	22,05	18,88	11,38	42,27	39,60																																																																						
	22	22,73	19,60	11,79	40,08																																																																							
	34	21,33	18,40	10,80	38,55																																																																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;"></th> <th style="width: 15%;">P. HUM. (g)</th> <th style="width: 15%;">P. SECO (g)</th> <th style="width: 15%;">CÁPSULA (g)</th> <th style="width: 10%;">W%</th> <th style="width: 15%;">RESULTADO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">3.- LÍMITE PLÁSTICO</td> <td>9,69</td> <td>8,52</td> <td>4,21</td> <td>27,15</td> <td rowspan="2">27,26</td> </tr> <tr> <td>9,94</td> <td>8,73</td> <td>4,31</td> <td>27,38</td> </tr> </tbody> </table>						P. HUM. (g)	P. SECO (g)	CÁPSULA (g)	W%	RESULTADO	3.- LÍMITE PLÁSTICO	9,69	8,52	4,21	27,15	27,26	9,94	8,73	4,31	27,38																																																								
	P. HUM. (g)	P. SECO (g)	CÁPSULA (g)	W%	RESULTADO																																																																							
3.- LÍMITE PLÁSTICO	9,69	8,52	4,21	27,15	27,26																																																																							
	9,94	8,73	4,31	27,38																																																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">4.- GRANULOMETRÍA</th> <th style="width: 50%;">5.- RESUMEN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 5px;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 60%;">PESO INICIAL *HUMEDAD NATURAL (g) =</td> <td style="width: 40%;">265,00</td> </tr> <tr> <td>PESO CORREGIDO (g) =</td> <td>192,72</td> </tr> </table> </td> <td style="padding: 5px;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>GRAVA</td><td>2</td></tr> <tr><td>ARENA</td><td>19</td></tr> <tr><td>FINOS</td><td>79</td></tr> <tr><td>W% =</td><td>38</td></tr> <tr><td>L.L. =</td><td>40</td></tr> <tr><td>L.P. =</td><td>27</td></tr> <tr><td>I.P. =</td><td>13</td></tr> <tr><td>I.G. =</td><td>11</td></tr> </table> </td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>TAMIZ</th> <th>PES. RET. ACUM. (g)</th> <th>% RETEN. ACUM.</th> <th>% PASA ACUM.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1"</td><td>0,00</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>3/4"</td><td>0,00</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>1/2"</td><td>0,00</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>3/8"</td><td>0,00</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>No. 4</td><td>4,60</td><td>2</td><td>98</td></tr> <tr><td>No. 10</td><td>16,70</td><td>9</td><td>91</td></tr> <tr><td>No. 40</td><td>23,60</td><td>12</td><td>88</td></tr> <tr><td>No. 200</td><td>41,00</td><td>21</td><td>79</td></tr> </tbody> </table> </td> <td style="padding: 5px;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">LASIFICACIÓN DEL SUEL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="width: 50%;">SUCS</td> <td style="width: 50%;">ML</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Silty sand</td> </tr> <tr> <td>AASHTO:</td> <td>A-6</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Suelo arcilloso</td> </tr> </tbody> </table> </td> </tr> </tbody> </table>					4.- GRANULOMETRÍA	5.- RESUMEN	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 60%;">PESO INICIAL *HUMEDAD NATURAL (g) =</td> <td style="width: 40%;">265,00</td> </tr> <tr> <td>PESO CORREGIDO (g) =</td> <td>192,72</td> </tr> </table>	PESO INICIAL *HUMEDAD NATURAL (g) =	265,00	PESO CORREGIDO (g) =	192,72	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>GRAVA</td><td>2</td></tr> <tr><td>ARENA</td><td>19</td></tr> <tr><td>FINOS</td><td>79</td></tr> <tr><td>W% =</td><td>38</td></tr> <tr><td>L.L. =</td><td>40</td></tr> <tr><td>L.P. =</td><td>27</td></tr> <tr><td>I.P. =</td><td>13</td></tr> <tr><td>I.G. =</td><td>11</td></tr> </table>	GRAVA	2	ARENA	19	FINOS	79	W% =	38	L.L. =	40	L.P. =	27	I.P. =	13	I.G. =	11	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>TAMIZ</th> <th>PES. RET. ACUM. (g)</th> <th>% RETEN. ACUM.</th> <th>% PASA ACUM.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1"</td><td>0,00</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>3/4"</td><td>0,00</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>1/2"</td><td>0,00</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>3/8"</td><td>0,00</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>No. 4</td><td>4,60</td><td>2</td><td>98</td></tr> <tr><td>No. 10</td><td>16,70</td><td>9</td><td>91</td></tr> <tr><td>No. 40</td><td>23,60</td><td>12</td><td>88</td></tr> <tr><td>No. 200</td><td>41,00</td><td>21</td><td>79</td></tr> </tbody> </table>	TAMIZ	PES. RET. ACUM. (g)	% RETEN. ACUM.	% PASA ACUM.	1"	0,00	0	100	3/4"	0,00	0	100	1/2"	0,00	0	100	3/8"	0,00	0	100	No. 4	4,60	2	98	No. 10	16,70	9	91	No. 40	23,60	12	88	No. 200	41,00	21	79	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">LASIFICACIÓN DEL SUEL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="width: 50%;">SUCS</td> <td style="width: 50%;">ML</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Silty sand</td> </tr> <tr> <td>AASHTO:</td> <td>A-6</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Suelo arcilloso</td> </tr> </tbody> </table>	LASIFICACIÓN DEL SUEL		SUCS	ML	Silty sand		AASHTO:	A-6	Suelo arcilloso	
4.- GRANULOMETRÍA	5.- RESUMEN																																																																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 60%;">PESO INICIAL *HUMEDAD NATURAL (g) =</td> <td style="width: 40%;">265,00</td> </tr> <tr> <td>PESO CORREGIDO (g) =</td> <td>192,72</td> </tr> </table>	PESO INICIAL *HUMEDAD NATURAL (g) =	265,00	PESO CORREGIDO (g) =	192,72	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>GRAVA</td><td>2</td></tr> <tr><td>ARENA</td><td>19</td></tr> <tr><td>FINOS</td><td>79</td></tr> <tr><td>W% =</td><td>38</td></tr> <tr><td>L.L. =</td><td>40</td></tr> <tr><td>L.P. =</td><td>27</td></tr> <tr><td>I.P. =</td><td>13</td></tr> <tr><td>I.G. =</td><td>11</td></tr> </table>	GRAVA	2	ARENA	19	FINOS	79	W% =	38	L.L. =	40	L.P. =	27	I.P. =	13	I.G. =	11																																																							
PESO INICIAL *HUMEDAD NATURAL (g) =	265,00																																																																											
PESO CORREGIDO (g) =	192,72																																																																											
GRAVA	2																																																																											
ARENA	19																																																																											
FINOS	79																																																																											
W% =	38																																																																											
L.L. =	40																																																																											
L.P. =	27																																																																											
I.P. =	13																																																																											
I.G. =	11																																																																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>TAMIZ</th> <th>PES. RET. ACUM. (g)</th> <th>% RETEN. ACUM.</th> <th>% PASA ACUM.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1"</td><td>0,00</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>3/4"</td><td>0,00</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>1/2"</td><td>0,00</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>3/8"</td><td>0,00</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>No. 4</td><td>4,60</td><td>2</td><td>98</td></tr> <tr><td>No. 10</td><td>16,70</td><td>9</td><td>91</td></tr> <tr><td>No. 40</td><td>23,60</td><td>12</td><td>88</td></tr> <tr><td>No. 200</td><td>41,00</td><td>21</td><td>79</td></tr> </tbody> </table>	TAMIZ	PES. RET. ACUM. (g)	% RETEN. ACUM.	% PASA ACUM.	1"	0,00	0	100	3/4"	0,00	0	100	1/2"	0,00	0	100	3/8"	0,00	0	100	No. 4	4,60	2	98	No. 10	16,70	9	91	No. 40	23,60	12	88	No. 200	41,00	21	79	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">LASIFICACIÓN DEL SUEL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="width: 50%;">SUCS</td> <td style="width: 50%;">ML</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Silty sand</td> </tr> <tr> <td>AASHTO:</td> <td>A-6</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Suelo arcilloso</td> </tr> </tbody> </table>	LASIFICACIÓN DEL SUEL		SUCS	ML	Silty sand		AASHTO:	A-6	Suelo arcilloso																														
TAMIZ	PES. RET. ACUM. (g)	% RETEN. ACUM.	% PASA ACUM.																																																																									
1"	0,00	0	100																																																																									
3/4"	0,00	0	100																																																																									
1/2"	0,00	0	100																																																																									
3/8"	0,00	0	100																																																																									
No. 4	4,60	2	98																																																																									
No. 10	16,70	9	91																																																																									
No. 40	23,60	12	88																																																																									
No. 200	41,00	21	79																																																																									
LASIFICACIÓN DEL SUEL																																																																												
SUCS	ML																																																																											
Silty sand																																																																												
AASHTO:	A-6																																																																											
Suelo arcilloso																																																																												
Curva Granulométrica Curva de Fluidez																																																																												
Observaciones: Suelo arenoso que contiene más del 12% de finos, los cuales son predominantemente limo.																																																																												
 _____ Anibal Jesús Cheme Torres																																																																												

Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Manabí Dirección de Laboratorio de Suelos, Hormigones y Asfaltos.			
PROYECTO: Evaluación de los niveles de sulfato en los suelos de la parroquia 12 de Marzo del cantón Portoviejo, Manabí		SONDEO: P-12	
UBICACIÓN: PARROQUIA 12 DE Marzo		MUESTRA: 12	
FECHA: domingo, 18 de mayo de 2025		PROFUND.: 1,50 metros	

	P. HUM. (g)	P. SECO (g)	CÁPSULA (g)	W%	RESULTADO
1.- CONTENIDO DE AGUA	103,30	86,20	34,80	33,27	33,70
	112,80	93,00	35,00	34,14	

	Nº de GOLPES	P. HUM. (g)	P. SECO (g)	CÁPSULA (g)	W%	RESULTADO
2.- LÍMITE LÍQUIDO	14	22,61	19,03	10,82	43,61	40,48
	24	22,58	19,17	10,87	41,08	
	35	21,38	18,48	10,92	38,36	

	P. HUM. (g)	P. SECO (g)	CÁPSULA (g)	W%	RESULTADO
3.- LÍMITE PLÁSTICO	9,66	8,47	4,43	29,46	29,53
	9,40	8,21	4,19	29,60	

4.- GRANULOMETRÍA		5.- RESUMEN																																															
PESO INICIAL *HUMEDAD NATURAL (g) = 328,20 PESO CORREGIDO (g) = 245,47		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>GRAVA</td><td>5</td></tr> <tr><td>ARENA</td><td>11</td></tr> <tr><td>FINOS</td><td>84</td></tr> <tr><td>W% =</td><td>34</td></tr> <tr><td>L.L. =</td><td>40</td></tr> <tr><td>L.P. =</td><td>30</td></tr> <tr><td>I.P. =</td><td>10</td></tr> <tr><td>I.G. =</td><td>10</td></tr> </table>		GRAVA	5	ARENA	11	FINOS	84	W% =	34	L.L. =	40	L.P. =	30	I.P. =	10	I.G. =	10																														
GRAVA	5																																																
ARENA	11																																																
FINOS	84																																																
W% =	34																																																
L.L. =	40																																																
L.P. =	30																																																
I.P. =	10																																																
I.G. =	10																																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>TAMIZ</th> <th>PES. RET. ACUM. (g)</th> <th>% RETEN. ACUM.</th> <th>% PASA ACUM.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1"</td><td>0,00</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>3/4"</td><td>0,00</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>1/2"</td><td>0,00</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>3/8"</td><td>0,00</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>No. 4</td><td>13,50</td><td>5</td><td>95</td></tr> <tr><td>No. 10</td><td>17,30</td><td>7</td><td>93</td></tr> <tr><td>No. 40</td><td>22,00</td><td>9</td><td>91</td></tr> <tr><td>No. 200</td><td>40,50</td><td>16</td><td>84</td></tr> </tbody> </table>		TAMIZ	PES. RET. ACUM. (g)	% RETEN. ACUM.	% PASA ACUM.	1"	0,00	0	100	3/4"	0,00	0	100	1/2"	0,00	0	100	3/8"	0,00	0	100	No. 4	13,50	5	95	No. 10	17,30	7	93	No. 40	22,00	9	91	No. 200	40,50	16	84	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td colspan="2">CLASIFICACIÓN DEL SUEL</td></tr> <tr><td>SUCS</td><td>ML</td></tr> <tr><td colspan="2">Silty sand</td></tr> <tr><td>AASHTO:</td><td>A-4</td></tr> <tr><td colspan="2">Suelo arcilloso</td></tr> </table>		CLASIFICACIÓN DEL SUEL		SUCS	ML	Silty sand		AASHTO:	A-4	Suelo arcilloso	
TAMIZ	PES. RET. ACUM. (g)	% RETEN. ACUM.	% PASA ACUM.																																														
1"	0,00	0	100																																														
3/4"	0,00	0	100																																														
1/2"	0,00	0	100																																														
3/8"	0,00	0	100																																														
No. 4	13,50	5	95																																														
No. 10	17,30	7	93																																														
No. 40	22,00	9	91																																														
No. 200	40,50	16	84																																														
CLASIFICACIÓN DEL SUEL																																																	
SUCS	ML																																																
Silty sand																																																	
AASHTO:	A-4																																																
Suelo arcilloso																																																	

Curva Granulométrica

Curva de Fluidez

Observaciones:	Suelo arenoso que contiene más del 12% de finos, los cuales son predominantemente limo.
-----------------------	---

Anibal Jesús Cheme Torres

Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Manabí Dirección de Laboratorio de Suelos, Hormigones y Asfaltos.		PUCE	
PROYECTO: Evaluación de los niveles de sulfato en los suelos de la parroquia 12 de Marzo del cantón Portoviejo, Manabí		SONDEO: P-13	
UBICACIÓN: PARROQUIA 12 DE Marzo		MUESTRA: 13	
FECHA: domingo, 18 de mayo de 2025		PROFUND.: 1,50 metros	

	P. HUM. (g)	P. SECO (g)	CÁPSULA (g)	W%	RESULTADO
1.- CONTENIDO DE AGUA	119,40	89,50	34,70	54,56	56,65
	105,80	79,60	35,00	58,74	

	N° de GOLPES	P. HUM. (g)	P. SECO (g)	CÁPSULA (g)	W%	RESULTADO
2.- LÍMITE LÍQUIDO	11	22,80	18,10	11,46	70,78	64,44
	22	22,94	18,38	11,51	66,38	
	34	21,19	17,31	10,99	61,39	

	P. HUM. (g)	P. SECO (g)	CÁPSULA (g)	W%	RESULTADO
3.- LÍMITE PLÁSTICO	12,98	11,20	7,12	43,63	43,67
	13,29	11,55	7,57	43,72	

4.- GRANULOMETRÍA	
PESO INICIAL *HUMEDAD NATURAL (g)=	370,60
PESO CORREGIDO (g) =	236,57

TAMIZ	PES. RET. ACUM. (g)	% RETEN. ACUM.	% PASA ACUM.
1"	0,00	0	100
3/4"	0,00	0	100
1/2"	0,00	0	100
3/8"	0,00	0	100
No. 4	1,80	1	99
No. 10	2,70	1	99
No. 40	26,70	11	89
No. 200	62,00	26	74

5.- RESUMEN	
GRAVA	1
ARENA	25
FINOS	74
W% =	57
L.L. =	64
L.P. =	44
I.P. =	20
I.G. =	18

LASIFICACIÓN DEL SUEL	
SUCS	MH
Fat clay with sand	
AASHTO:	A-7-5
Suelo arcilloso	

Curva Granulométrica

Curva de Fluidez

Observaciones: Arcilla muy plástica con alto contenido de agua, mezclada con algo de arena

Anibal Jesús Cheme Torres

Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Manabí Dirección de Laboratorio de Suelos, Hormigones y Asfaltos.			PUCE																																																
PROYECTO: Evaluación de los niveles de sulfato en los suelos de la parroquia 12 de Marzo del cantón Portoviejo, Manabí			SONDEO: P-14																																																
UBICACIÓN: PARROQUIA 12 DE Marzo			MUESTRA: 14																																																
FECHA: domingo, 18 de mayo de 2025			PROFUND.: 1,50 metros																																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;"></th> <th style="width: 15%;">P. HUM. (g)</th> <th style="width: 15%;">P. SECO (g)</th> <th style="width: 15%;">CÁPSULA (g)</th> <th style="width: 15%;">W%</th> <th style="width: 10%;">RESULTADO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: left;">1.- CONTENIDO DE AGUA</td> <td>79,70</td> <td>59,90</td> <td>18,20</td> <td>47,48</td> <td rowspan="2" style="text-align: center; vertical-align: middle;">46,21</td> </tr> <tr> <td>92,60</td> <td>69,50</td> <td>18,10</td> <td>44,94</td> </tr> </tbody> </table>							P. HUM. (g)	P. SECO (g)	CÁPSULA (g)	W%	RESULTADO	1.- CONTENIDO DE AGUA	79,70	59,90	18,20	47,48	46,21	92,60	69,50	18,10	44,94																														
	P. HUM. (g)	P. SECO (g)	CÁPSULA (g)	W%	RESULTADO																																														
1.- CONTENIDO DE AGUA	79,70	59,90	18,20	47,48	46,21																																														
	92,60	69,50	18,10	44,94																																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">N° de GOLPES</th> <th style="width: 15%;">P. HUM. (g)</th> <th style="width: 15%;">P. SECO (g)</th> <th style="width: 15%;">CÁPSULA (g)</th> <th style="width: 15%;">W%</th> <th style="width: 10%;">RESULTADO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3" style="text-align: left;">2.- LÍMITE LÍQUIDO</td> <td>10</td> <td>21,94</td> <td>17,76</td> <td>59,63</td> <td rowspan="3" style="text-align: center; vertical-align: middle;">54,90</td> </tr> <tr> <td>23</td> <td>22,19</td> <td>18,34</td> <td>55,24</td> </tr> <tr> <td>30</td> <td>21,38</td> <td>17,90</td> <td>54,04</td> </tr> </tbody> </table>						N° de GOLPES	P. HUM. (g)	P. SECO (g)	CÁPSULA (g)	W%	RESULTADO	2.- LÍMITE LÍQUIDO	10	21,94	17,76	59,63	54,90	23	22,19	18,34	55,24	30	21,38	17,90	54,04																										
N° de GOLPES	P. HUM. (g)	P. SECO (g)	CÁPSULA (g)	W%	RESULTADO																																														
2.- LÍMITE LÍQUIDO	10	21,94	17,76	59,63	54,90																																														
	23	22,19	18,34	55,24																																															
	30	21,38	17,90	54,04																																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;"></th> <th style="width: 15%;">P. HUM. (g)</th> <th style="width: 15%;">P. SECO (g)</th> <th style="width: 15%;">CÁPSULA (g)</th> <th style="width: 15%;">W%</th> <th style="width: 10%;">RESULTADO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: left;">3.- LÍMITE PLÁSTICO</td> <td>14,06</td> <td>12,24</td> <td>7,53</td> <td>38,64</td> <td rowspan="2" style="text-align: center; vertical-align: middle;">39,06</td> </tr> <tr> <td>13,84</td> <td>12,04</td> <td>7,48</td> <td>39,47</td> </tr> </tbody> </table>							P. HUM. (g)	P. SECO (g)	CÁPSULA (g)	W%	RESULTADO	3.- LÍMITE PLÁSTICO	14,06	12,24	7,53	38,64	39,06	13,84	12,04	7,48	39,47																														
	P. HUM. (g)	P. SECO (g)	CÁPSULA (g)	W%	RESULTADO																																														
3.- LÍMITE PLÁSTICO	14,06	12,24	7,53	38,64	39,06																																														
	13,84	12,04	7,48	39,47																																															
4.- GRANULOMETRÍA			5.- RESUMEN																																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 60%;">PESO INICIAL *HUMEDAD NATURAL (g) =</td> <td style="text-align: right;">549,40</td> </tr> <tr> <td>PESO CORREGIDO (g) =</td> <td style="text-align: right;">375,76</td> </tr> </table>			PESO INICIAL *HUMEDAD NATURAL (g) =	549,40	PESO CORREGIDO (g) =	375,76	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td style="width: 60%;">GRAVA</td><td style="text-align: right;">1</td></tr> <tr><td>ARENA</td><td style="text-align: right;">25</td></tr> <tr><td>FINOS</td><td style="text-align: right;">74</td></tr> <tr><td>W% =</td><td style="text-align: right;">46</td></tr> <tr><td>L.L. =</td><td style="text-align: right;">55</td></tr> <tr><td>L.P. =</td><td style="text-align: right;">39</td></tr> <tr><td>I.P. =</td><td style="text-align: right;">16</td></tr> <tr><td>I.G. =</td><td style="text-align: right;">14</td></tr> </table>			GRAVA	1	ARENA	25	FINOS	74	W% =	46	L.L. =	55	L.P. =	39	I.P. =	16	I.G. =	14																										
PESO INICIAL *HUMEDAD NATURAL (g) =	549,40																																																		
PESO CORREGIDO (g) =	375,76																																																		
GRAVA	1																																																		
ARENA	25																																																		
FINOS	74																																																		
W% =	46																																																		
L.L. =	55																																																		
L.P. =	39																																																		
I.P. =	16																																																		
I.G. =	14																																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">TAMIZ</th> <th style="width: 15%;">PES. RET. ACUM. (g)</th> <th style="width: 15%;">% RETEN. ACUM.</th> <th style="width: 15%;">% PASA ACUM.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1"</td><td>0,00</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>3/4"</td><td>0,00</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>1/2"</td><td>0,00</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>3/8"</td><td>0,00</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>No. 4</td><td>4,70</td><td>1</td><td>99</td></tr> <tr><td>No. 10</td><td>11,20</td><td>3</td><td>97</td></tr> <tr><td>No. 40</td><td>31,90</td><td>8</td><td>92</td></tr> <tr><td>No. 200</td><td>96,90</td><td>26</td><td>74</td></tr> </tbody> </table>			TAMIZ	PES. RET. ACUM. (g)	% RETEN. ACUM.	% PASA ACUM.	1"	0,00	0	100	3/4"	0,00	0	100	1/2"	0,00	0	100	3/8"	0,00	0	100	No. 4	4,70	1	99	No. 10	11,20	3	97	No. 40	31,90	8	92	No. 200	96,90	26	74	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td colspan="2">CLASIFICACIÓN DEL SUEL</td></tr> <tr><td style="width: 50%;">SUCS</td><td style="text-align: right;">MH</td></tr> <tr><td colspan="2"><i>Fat clay with sand</i></td></tr> <tr><td>AASHTO:</td><td style="text-align: right;">A-7-5</td></tr> <tr><td colspan="2"><i>Suelo arcilloso</i></td></tr> </table>			CLASIFICACIÓN DEL SUEL		SUCS	MH	<i>Fat clay with sand</i>		AASHTO:	A-7-5	<i>Suelo arcilloso</i>	
TAMIZ	PES. RET. ACUM. (g)	% RETEN. ACUM.	% PASA ACUM.																																																
1"	0,00	0	100																																																
3/4"	0,00	0	100																																																
1/2"	0,00	0	100																																																
3/8"	0,00	0	100																																																
No. 4	4,70	1	99																																																
No. 10	11,20	3	97																																																
No. 40	31,90	8	92																																																
No. 200	96,90	26	74																																																
CLASIFICACIÓN DEL SUEL																																																			
SUCS	MH																																																		
<i>Fat clay with sand</i>																																																			
AASHTO:	A-7-5																																																		
<i>Suelo arcilloso</i>																																																			
Observaciones: Arcilla muy plástica con alto contenido de agua, mezclada con algo de arena																																																			
 ----- Anibal Jesús Cheme Torres																																																			

Anexo 9:**Análisis Químico de Concentración de Sulfatos****INFORME DE ANÁLISIS DE SUELOS**

Fecha de entrega de resultados: 07 de julio del 2025
 Análisis solicitado por: Aníbal Jesús Cheme Torres.
 Tipo de muestras: Muestras de suelos
 Localidad: Cantón Portoviejo



Determinación del contenido de Sulfatos del suelo disueltos en agua, en base al método estandarizado de análisis de la norma ASTM C1580-20

Análisis Químico Determinación de Sulfatos

Muestras	Profundidad	Nivel Freático	Ubicación Geográfica COORDENADAS UTM		Unidades ppm o mg/kg	Unidades % de SO ₄
			Este	Norte		
Sondeo 1	1,5	1,5	561088,97	9882554,75	0,024	240,0
Sondeo 2	1,5	x	561075,37	9883254,02	0,092	920,0
Sondeo 3	1,5	x	561510,17	9883225,54	0,032	320,0
Sondeo 4	1,5	x	561525,58	9882949,2	0,066	660,0
Sondeo 5	1,5	x	561828	9883102,37	0,028	280,0
Sondeo 6	1,5	x	561957,43	9882934,57	0,086	860,0
Sondeo 7	1,5	x	562006,57	9882949,06	0,061	610,0
Sondeo 8	1,5	1,5	561315,03	9882452,85	0,049	490,0
Sondeo 9	1,5	x	560864,42	9882710,99	0,256	2 560,0
Sondeo 10	1,5	x	560895,23	9883031,58	0,152	1 520,0
Sondeo 11	1,5	x	561136,36	9883021,54	0,023	230,0
Sondeo 12	1,5	1,4	560805,57	9883167,29	0,010	100,0
Sondeo 13	1,5	0,9	561225,88	9883465,09	0,011	110,0
Sondeo 14	1,5	1,3	561309,41	9883590,22	0,018	180,0

x=nivel freático por debajo de 1,5m que es la profundidad de toma de muestras

El método de análisis de la norma ASTM C1580-20, tiene un rango de aplicación entre concentraciones de sulfatos correspondientes a: 0.02% a 3.33%, como mínimo y máximo respectivamente.

Atentamente.

Dra. Gina Álvarez Reyes.

RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO

Nota: El presente informe afecta solo a las muestras analizadas.



Nota: El presente informe afecta solo a las muestras analizadas.

Avenida 9 de Octubre # 12 y Madrid
 Contáctanos: ☎0998580374 ☎032 942 322
 Saqmic Laboratorio
 Riobamba - Ecuador

saqmic