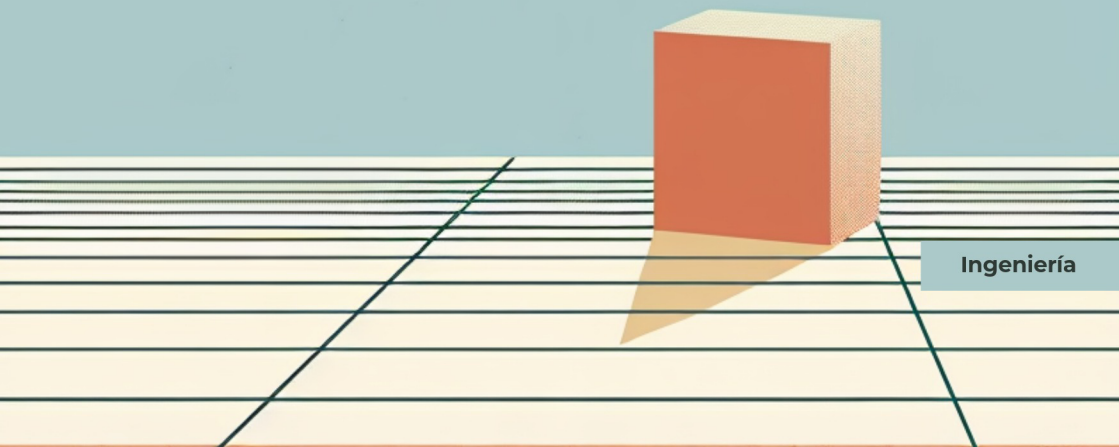
Religación
Press

Enrique Francisco Luján Silva
José Luis Luján Arias
María Amelia León Torres de Luján
Guillermo David Evangelista Benites
Antonio Manuel Otoya Zelada

ATLAS GEOTÉCNICO DISTRITO DE TRUJILLO



Ingeniería

Enrique Francisco Luján Silva, José Luis Luján Arias,
María Amelia León Torres de Luján, Guillermo David Evangelista Benites,
Antonio Manuel Otoya Zelada

Atlas geotécnico distrito de Trujillo

Religación **P**ress
[Ideas desde el Sur Global]

Geotechnical Atlas of the Trujillo District

Atlas Geotécnico do Distrito de Trujillo

Religación **P**ress

[Ideas desde el Sur Global]

Equipo Editorial
Editorial team

Ana B. Benalcázar
Editora Jefe / Editor in Chief
Felipe Carrión
Director de Comunicación / Scientific Communication Director
Melissa Díaz
Coordinadora Editorial / Editorial Coordinator
Sarahi Licango Rojas
Asistente Editorial / Editorial Assistant

Consejo Editorial
Editorial Board

Jean-Arsène Yao
Dilrabo Keldiyorovna Bakhronova
Fabiana Parra
Frisa María Antonieta Aliaga Guevara
Mateus Gamba Torres
Siti Mistima Maat
Nikoleta Zampaki
Silvina Sosa
Víctor Ancajima Miñán

Religación Press, es parte del fondo editorial del Centro de Investigaciones CICSHAL-RELIGACIÓN | Religación Press, is part of the editorial collection of the CICSHAL-RELIGACIÓN Research Center |

Diseño, diagramación y portada | Design, layout and cover: Religación Press.
CP 170515, Quito, Ecuador. América del Sur.
Correo electrónico | E-mail: press@religacion.com
www.religacion.com

Disponible para su descarga gratuita en | Available for free download at
https://press.religacion.com

Este título se publica bajo una licencia de Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0)
This title is published under an Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) license.

El presente libro tiene el aval del Centro de Investigaciones en Ciencias y Humanidades desde América Latina - CICSHAL.

Título: Atlas geotécnico distrito de Trujillo

Derechos de autor | Copyright: Enrique Francisco Luján Silva, José Luis Luján Arias, María Amelia León Torres de Luján, Guillermo David Evangelista Benites, Antonio Manuel Otoya Zelada

Primera Edición | First Edition: 2026

Editorial | Publisher: Religación Press

Materia Dewey | Dewey Subject: 624.1 - Ingeniería estructural y construcción subterránea

Clasificación Thema | Thema Subject Categories: TNCC - Mecánica de suelos y rocas | RBG - Geología, geomorfología y la litosfera | TNC - Ingeniería de estructuras

BISAC: TEC009150

Público objetivo | Target audience: Profesional / Académico | Professional / Academic

Colección | Collection: Ingeniería

Soporte| Format: PDF / Digital

Publicación | Publication date: 2026-10-21

ISBN: 978-9907-845-28-0

[APA 7]

Luján Silva, E. F., Luján Arias, J. L., León Torres de Luján, M. A., Evangelista Benites, G. D., & Otoya Zelada, A. M. (2026). *Atlas geotécnico distrito de Trujillo*. Religación Press. https://doi.org/10.46652/ReligacionPress.499

Revisión por pares

El presente libro constituye el resultado de un riguroso proceso de investigación académica, cuya calidad metodológica y solidez argumental han sido validadas mediante un sistema de revisión por pares externos implementado bajo el protocolo de doble ciego, bajo la supervisión del Centro de Investigaciones en Ciencias y Humanidades desde América Latina (CICSHAL). Como garantía de transparencia y rigor científico, los informes de evaluación realizados por los especialistas designados se conservan en el archivo institucional de la editorial, a disposición de las instancias que así lo requieran.

Peer Review

This book is the result of a rigorous academic research process, whose methodological quality and argumentative solidity have been validated through an external peer-review system implemented under a double-blind protocol, under the supervision of the Center for Research in Sciences and Humanities from Latin America (CICSHAL). As a guarantee of transparency and scientific rigor, the evaluation reports prepared by the designated specialists are preserved in the publisher's institutional archives, available to any party that may require them.

Sobre los autores

ABOUT THE AUTHORS

Enrique Francisco Luján Silva
Universidad Privada Antenor Orrego | Trujillo | Perú
https://orcid.org/0000-0001-8960-8810
elujans@upao.edu.pe
enriquegeo@hotmail.com
Ing. Civil, Mg. en Ciencias - Mención en Geotecnia, Dr. en Ciencias e Ingeniería, Post Doctor Internacional Investigador en Ingeniería e Innovación, Evaluador de Riesgos de Desastres Originados por Fenómenos Naturales, miembro RENACYT, decano CIP-CDLL.

José Luis Luján Arias
Universidad Privada Antenor Orrego | Trujillo | Perú
https://orcid.org/0009-0005-9539-4173
jlujana1@upao.edu.pe
jlujan11186@gmail.com
Ingeniero Civil con Sólida Formación Académica en Geotecnia, diseño de infraestructura y Gestión de Proyectos.

María Amelia León Torres De Luján
Universidad Privada Antenor Orrego | Trujillo | Perú
https://orcid.org/0009-0001-1178-0642
marionletolu@hotmail.com
Ingeniera de Sistemas de la Universidad Privada Antenor Orrego y maestrista en Ingeniería Ambiental.

Guillermo David Evangelista Benites
Universidad Privada Antenor Orrego | Trujillo | Perú
https://orcid.org/0000-0002-1955-6565
gevangelista@unitru.edu.pe
david_gdeb@hotmail.com
Especialista en métodos numéricos, transferencia de calor, mecánica de fluidos y simulación de procesos. Doctor en Ciencias e Ingeniería. Miembro de RENACYT.

Antonio Manuel Otoya Zelada
Universidad Privada Antenor Orrego | Trujillo | Perú
https://orcid.org/0000-0001-6460-969x
amotoyaz@unitru.edu.pe
antonio_otoya@hotmail.com
Doctor en Ingeniería Química Ambiental, Título profesional de Ingeniero Químico, experiencia docente en la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo (UNASAM), área ciencias básicas y en la Universidad Nacional de Trujillo (UNT), área de Ingeniería Química.

Resumen

El Atlas Geotécnico del Distrito de Trujillo es una obra de referencia imprescindible que cartografía y sistematiza, con rigor científico, el comportamiento del suelo y subsuelo de la ciudad. A partir de una sólida base de investigaciones de campo y laboratorio de SL de Ingeniería, junto con el respaldo geológico y geomorfológico del INGEMMET, el libro delimita unidades geotécnicas homogéneas según su resistencia, capacidad portante, nivel freático y respuesta sísmica. Concebido como una herramienta práctica y dinámica para ingenieros, arquitectos, planificadores urbanos y autoridades, este compendio facilita la toma de decisiones estratégicas y el diseño seguro de edificaciones. Es, en definitiva, una guía esencial para reducir la vulnerabilidad sísmica e impulsar un desarrollo urbano sostenible en armonía con el territorio trujillano.

Palabras clave:
Atlas, mecánica de suelos, geomorfología, sismología, planificación urbana.

Abstract

The Geotechnical Atlas of the District of Trujillo is an essential reference work that scientifically maps and systematizes the behavior of the soil and subsoil of the city. Drawing on a solid foundation of field and laboratory investigations from SL de Ingeniería, alongside geological and geomorphological support from INGEMMET, the book delineates homogeneous geotechnical units based on their strength, bearing capacity, water table, and seismic responses. Designed as a practical and dynamic tool for engineers, architects, urban planners, and authorities, this compendium facilitates strategic decision-making and safe-building design. Ultimately, this is an indispensable guide for reducing seismic vulnerability and fostering sustainable urban development in harmony with Trujillo's territory.

Keywords:
Atlas, soil mechanics, geomorphology, seismology, urban planning.

Resumo

O Atlas Geotécnico do Distrito de Trujillo é uma obra de referência indispensável que mapeia e sistematiza, com rigor científico, o comportamento do solo e do subsolo da cidade. A partir de uma sólida base de investigações de campo e laboratório da SL de Ingeniería, juntamente com o respaldo geológico e geomorfológico do INGEMMET, o livro delimita unidades geotécnicas homogêneas de acordo com sua resistência, capacidade de carga, lençol freático e resposta sísmica. Concebido como uma ferramenta prática e dinâmica para engenheiros, arquitetos, planejadores urbanos e autoridades, este compêndio facilita a tomada de decisões estratégicas e o projeto seguro de edificações. É, em suma, um guia essencial para reduzir a vulnerabilidade sísmica e impulsionar um desenvolvimento urbano sustentável em harmonia com o território de Trujillo.

Palavras-chave:
Atlas, mecânica dos solos, geomorfologia, sismologia, planejamento urbano.

Atlas geotécnico distrito de Trujillo

Contenido

Revisión por pares 7
Peer Review 7
Sobre los autores 8
About the authors 8
Resumen 10
Abstract 11
Resumo 11
Introducción 16

Capítulo 1 26
Marco geológico y geomorfológico 26
Geología 27
Nomenclatura y sintaxis para la caracterización geológica 28
Estratigrafía de Trujillo 29
Depósitos sedimentarios 30
Rocas intrusivas y subvolcánicas 31
Geomorfología 33
Pendiente 36
Metodología para la obtención del mapa de pendientes 37
Distribución espacial de las pendientes 38

Capítulo 2 43
Investigaciones geotécnicas 43
Trabajos de campo 44
Calicatas 44
Sondeos 47
Ensayos de laboratorio 49
Contenido de humedad 50
Granulometría 52
Límites Atterberg 56
Gravedad especifica 61
Sales solubles 64

Capítulo 3 68
Caracterización geotécnica de suelos 68
Descripción geotécnica de los estratos predominantes 69
Clasificación SUCS 70

Capítulo 4 76
Investigaciones geofísicas 76
Objetivos de las investigaciones geofísicas 77
Métodos geofísicos aplicados 78
Identificación de contrastes de rigidez entre estratos. 80
Microtremores ambientales – método HVSR(Nakamura) 83

Capítulo 5 86
Mapa de Isoperíodos 86

Capítulo 6 91
Microzonificación geotécnica 91
Objetivos de la microzonificación geotécnica 92
Metodología empleada 93
Zonas geotécnicas del distrito de Trujillo 93

Capítulo 7 99
Microzonificación sísmica 99
Objetivos de la microzonificación geotécnica 100
Metodología empleada 101
Zonificación sísmica local de la ciudad de Trujillo 101

Glosario 108

Referencias 119

Tablas

Tabla 1. Columna estratigráfica de Trujillo 30
Tabla 2. Rangos de Pendiente 38
Tabla 3. Superficie y Porcentaje de los Rangos de Pendiente en el distrito de Trujillo 41

Introducción

El Distrito de Trujillo, situado en el departamento de la región La Libertad, se destaca como uno de los principales núcleos urbanos, económicos y culturales del norte del Perú. En las últimas décadas, su expansión urbana ha sido rápida y, en muchos casos, carece de planificación adecuada, lo que ha llevado a un notable crecimiento de las zonas residenciales, comerciales e industriales, así como al desarrollo de importantes proyectos de infraestructura. Este fenómeno ha aumentado la necesidad de contar con información técnica confiable para asegurar la seguridad estructural y la sostenibilidad del desarrollo urbano.

Desde una perspectiva geotécnica, Trujillo se asienta sobre depósitos cuaternarios de origen aluvial, fluvial y eólico, presentando una notable variabilidad espacial en las propiedades del suelo y del subsuelo. Predominan los suelos arenosos, limosos y arcillosos, con niveles freáticos superficiales en varias áreas de la ciudad, condiciones que afectan directamente la capacidad de carga, la deformabilidad y la respuesta sísmica del terreno. Estas características, junto con la alta sismicidad de la costa peruana, hacen del suelo un factor crucial para el diseño y comportamiento de las edificaciones y obras de ingeniería.

En este contexto, el Atlas Geotécnico del Distrito de Trujillo se concibe como una obra técnico–cartográfica de referencia, orientada a integrar, sistematizar y representar espacialmente la información geotécnica existente del ámbito urbano. El Atlas reúne información proveniente de estudios geotécnicos y geológicas, así como ensayos de campo, laboratorio y antecedentes técnicos desarrollados por investigaciones geotécnicas.

La obra presenta la zonificación geotécnica de la ciudad, identificando unidades con comportamiento geotécnico homogéneo en términos de resistencia al corte, capacidad portante, compresibilidad, condiciones del nivel freático y respuesta dinámica del suelo. Asimismo, se identifican y delimitan zonas geotécnicas.

El Atlas Geotécnico del Distrito de Trujillo está dirigido a ingenieros civiles, arquitectos, planificadores urbanos, autoridades locales, entidades públicas y privadas, así como a investigadores y estudiantes, constituyéndose en una herramienta fundamental para la planificación urbana, el diseño seguro de obras de ingeniería y la gestión del riesgo geológico–sísmico. Finalmente, esta obra busca contribuir a la toma de decisiones informadas y responsables, promoviendo un desarrollo urbano ordenado, resiliente y sostenible, acorde con las condiciones naturales del suelo y del subsuelo de la ciudad.

Objetivo del atlas geotécnico

Caracterizar y zonificar las condiciones geotécnicas del suelo y del subsuelo del distrito de Trujillo, mediante la integración y representación cartográfica de información geológica, geomorfológica y geotécnica, con la finalidad de apoyar la planificación urbana, el diseño seguro de obras de ingeniería y la gestión del riesgo geológico–sísmico.

Alcance del atlas geotécnico

El Atlas Geotécnico del distrito de Trujillo comprende la recopilación, integración, análisis y representación cartográfica de la información geológica, geomorfológica y geotécnica del ámbito urbano del distrito de Trujillo, con el fin de caracterizar el comportamiento del suelo y del subsuelo frente a solicitaciones estáticas y dinámicas.

El Atlas abarca la zonificación geotécnica del territorio urbano, identificando unidades con características geotécnicas homogéneas, a partir de los parámetros geotécnicos.

Además, tiene como alcance servir como herramienta de referencia técnica para la planificación urbana, el diseño preliminar de proyectos de ingeniería, la gestión del riesgo geológico–sísmico y el ordenamiento territorial. No

sustituye los estudios geotécnicos específicos exigidos por la normativa vigente, sino que constituye una base técnica para su formulación y optimización.

Finalmente, el Atlas está orientado a apoyar la toma de decisiones informadas por parte de autoridades locales, profesionales del sector construcción, entidades públicas y privadas, contribuyendo a la reducción de la vulnerabilidad urbana y al desarrollo sostenible de la ciudad de Trujillo.

Marco geográfico y urbano

Ubicación geográfica del distrito de Trujillo

El distrito de Trujillo se localiza en la costa norte del Perú, y forma parte de la provincia de Trujillo, en el Departamento La Libertad. Constituye el núcleo histórico, administrativo y urbano principal del área metropolitana de Trujillo, siendo uno de los distritos más importantes desde el punto de vista económico, social y territorial de la región.

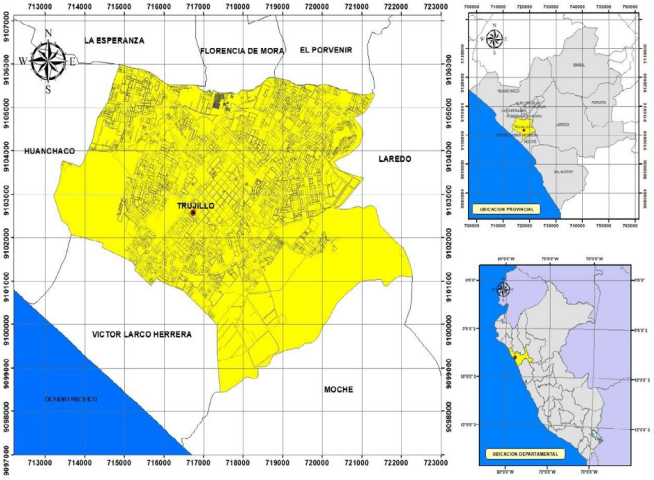
Geográficamente, el distrito de Trujillo se emplaza en una planicie costera de origen aluvial, con relieve suavemente ondulado y pendientes bajas, a una altitud promedio aproximada de 30 m.s.n.m. Su ubicación estratégica ha favorecido su desarrollo urbano, pero también lo expone

a condiciones geotécnicas particulares asociados a depósitos aluviales y costeros.

Además, el distrito se sitúa aproximadamente entre las siguientes coordenadas:

Coordenadas Geográficas en formato de grados decimales:
Latitud: – 8.110919 Sur
Longitud: – 79°03’ Oeste
Coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator):
Este (X): 717209.8106
Norte (Y): 9102912.5121

Figura 1. Mapa de Ubicación del Distrito de Trujillo



Nota: elaboración propia.

Límites distritales y división político-administrativa

Límites distritales

El distrito de Trujillo forma parte de la provincia de Trujillo, en el departamento de La Libertad, y constituye el núcleo histórico, administrativo y urbano del área metropolitana. La delimitación distrital establece el ámbito territorial oficial del presente Atlas Geotécnico y define el espacio sobre el cual se desarrollan los estudios de campo, ensayos de laboratorio, análisis geotécnicos y zonificaciones temáticas.

Los límites distritales del distrito de Trujillo son los siguientes:

Por el Norte: distrito de Huanchaco y La Esperanza
Por el Este: distritos de Laredo y El Porvenir
Por el Sur: distritos de Moche
Por el Oeste: distrito de Víctor Larco Herrera

Estos límites administrativos permiten una adecuada articulación del análisis geotécnico con los instrumentos de planificación urbana, gestión del riesgo y ordenamiento territorial vigentes.

División político-administrativa

Desde el punto de vista político-administrativo, el distrito de Trujillo se organiza en sectores urbanos consolidados, urbanizaciones, barrios y áreas de expansión urbana. Esta división es relevante para el Atlas Geotécnico, ya que facilita la localización de investigaciones geotécnicas (calicatas, sondeos, ensayos in situ) y la interpretación espacial de los parámetros del suelo.

La división Político-Administrativa del distrito se caracteriza por:

Áreas urbanas de alta densidad en el centro histórico y zonas adyacentes.
Sectores residenciales de densidad media y baja hacia la periferia.
Zonas de uso mixto y de transición urbano-industrial.
Áreas destinadas a equipamiento urbano, servicios y espacios públicos.

Para fines del Atlas, esta organización territorial permite correlacionar las unidades administrativas con las unidades geotécnicas, facilitando la toma de decisiones en proyectos de edificación, infraestructura y gestión del riesgo.

Crecimiento urbano

El distrito de Trujillo ha experimentado un crecimiento urbano acelerado y sostenido en las últimas décadas, impulsado por el incremento poblacional, la expansión de actividades comerciales y de servicios, y la consolidación de infraestructura urbana. Este proceso se ha desarrollado, en muchos sectores, sin una adecuada consideración de las condiciones geotécnicas del subsuelo, lo que puede generar diversas problemáticas estructurales y funcionales en edificaciones e infraestructura.

La expansión urbana se ha orientado principalmente hacia zonas de planicies aluviales, caracterizadas por suelos granulares y finos de variada compacidad, así como por la presencia de niveles freáticos someros en determinados sectores. Estas condiciones hacen necesario un análisis geotécnico detallado para garantizar la seguridad y sostenibilidad de las nuevas áreas urbanizadas.

El crecimiento urbano ha dado lugar a:

Ocupación progresiva de áreas originalmente agrícolas o eriazas.
Incremento de cargas estructurales sobre suelos de baja capacidad portante.
Intervenciones antrópicas que modifican la topografía natural y el drenaje superficial.

Desde el punto de vista geotécnico, este crecimiento urbano condiciona el comportamiento del suelo, incrementa la vulnerabilidad frente a sismos y acentúa fenómenos como asentamientos diferenciales y problemas de drenaje.

Capítulo 1

Marco geológico y geomorfológico

Geología

La geología es la ciencia que estudia cómo se formó la Tierra, su estructura y composición, y los tipos de procesos que actúan sobre ella. La geología investiga los procesos que han dado forma a la Tierra a lo largo de sus 4500 millones (aproximadamente) de años de historia y utiliza el registro de rocas para desentrañar esa historia. Se ocupa del mundo real más allá del laboratorio y tiene relevancia directa para las necesidades de la sociedad.

La geología tiene una amplia aplicación práctica, especialmente en la ingeniería civil, la minería, la gestión de recursos naturales, la prevención de desastres naturales y la protección ambiental. Además, es clave en la comprensión de fenómenos como los terremotos, los volcanes y los deslizamientos de tierra, permitiendo a los expertos diseñar infraestructuras más seguras y resilientes.

En resumen, la geología es una disciplina esencial para entender el planeta en el que vivimos y para tomar decisiones informadas sobre su uso y conservación, ya que proporciona una base científica sólida para la gestión de recursos y la prevención de riesgos geológicos.

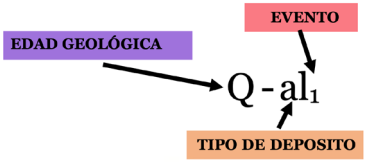
El distrito de Trujillo desde el punto de vista geológico forma parte de la franja costera Preandina, donde afloran depósitos sedimentarios, rocas Intrusivas y subvolcánicas

que varían desde el sistema Paleógeno al Cuaternario. La roca más antigua corresponde al Batolito de la Costa–Plutón Centinela – Granodiorita.

Nomenclatura y sintaxis para la caracterización geológica

Partiendo del siguiente ejemplo, la estructura de la nomenclatura que se sugiere para caracterizar una unidad de suelo bajo el contexto geológico es la siguiente:

Figura 2. Componente Geológico

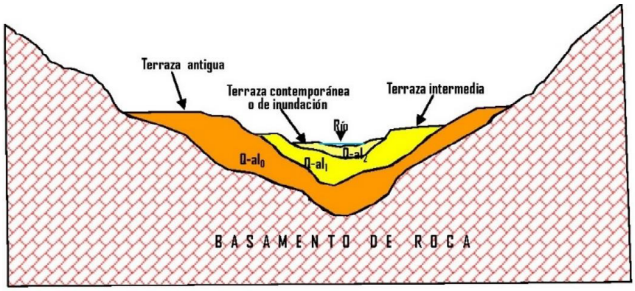


Nota: elaboración propia.

Componente Geológico Q-al1: Q, en mayúscula, indica que es una unidad del Cuaternario, mientras que delante del guión, dos letras en minúsculas especifican el tipo genético, en este caso se refiere a un depósito aluvial: **al** (otras unidades comunes son los depósitos eólicos: **eo**, fluviales: **fl**, etc.). El sub índice representa a los depósitos que son clasificados en varios eventos y se le agregara el evento como numero después del nombre del depósito. Estos subíndices ayudan a la comprensión de la sucesión

de eventos y facilitan la interpretación de la interrelación de los procesos geodinámicos (Arevalo Ortiz & Vazquez Peña, 2012). La siguiente figura ilustra este último punto.

Figura 3. Interpretación de la Inter-Relación de los Procesos Geodinámicos



Nota: elaboración propia.

Estratigrafía de Trujillo

El distrito de Trujillo se asienta sobre una secuencia estratigráfica dominada por depósitos Sedimentarios y Rocas Intrusivas y subvolcánicas correspondiente a la era geológica Cenozoica.

Tabla 1. Columna estratigráfica de Trujillo

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	DEPOSITO SEDIMENTARIO	UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS		DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA
CENOZOICA	CUATERNARIO	HOLOCENA	DEPOSITO SEDIMENTARIO	Deposito Eólico	Q-eo	Acumulaciones de arenas de grano fino semiconsolidadas y no consolidadas, transportadas por el viento
				Deposito Fluvial	Q-fl	Acumulaciones de gravas, arenas, limos y arcillas, depositados en el cauce de río y quebradas.
				Deposito Aluvial 1	Q-al1	Acumulaciones de grava, arenas, limos y arcillas que están conformadas de clastos subangulosos.
				Deposito Aluvial 3	Q-al3	Acumulaciones de clastos angulosos de diferente composición en forma de terrazas recientes no consolidadas.
	PALEÓGENO	EOCENO	ROCAS INTRUSIVAS Y SUBVOLCÁNICAS	Batolito de la Costa - Plutón Centinela - granodiorita	P-bc/cgd	Roca de color grisáceo, holocristalino, inequigranular de grano medio, porfirítico, con cristales de plagioclasa, etc.

Nota: elaboración propia.

Depósitos sedimentarios

Estos depósitos constituyen la gran parte del distrito de Trujillo, se encuentran los depósitos sedimentarios de origen eólico, aluvial y fluvial. Formados por materiales semiconsolidadas y no consolidadas.

Deposito aluvial 1 (Q-AL1)

Compuesto por Acumulaciones de grava, arenas, limos y arcillas que están conformadas de clastos subangulosos

de diferente composición que conforman terrazas antiguas. Su espesor varía de 2 m a 20 m

Deposito aluvial 3 (Q-AL3)

Compuesto por Acumulaciones de clastos angulosos de diferente composición en forma de terrazas recientes no consolidadas. Espesor aproximado de 5 m.

Deposito eólico 2 (Q-EO)

Litológicamente compuesto por Acumulaciones de arenas de grano fino semiconsolidadas, transportadas por el viento. Espesor aproximado de 10 m a 50 m y la parte del noreste de la ciudad de Trujillo está compuesto por Acumulaciones de arenas finas no consolidadas, formando dunas, transportados por el viento. Espesor aproximado 30 m

Deposito fluvial (Q-FL)

Compuesto por Acumulaciones de gravas, arenas, limos y arcillas, depositados en el cauce de río y quebradas. Espesor aproximado 5 m.

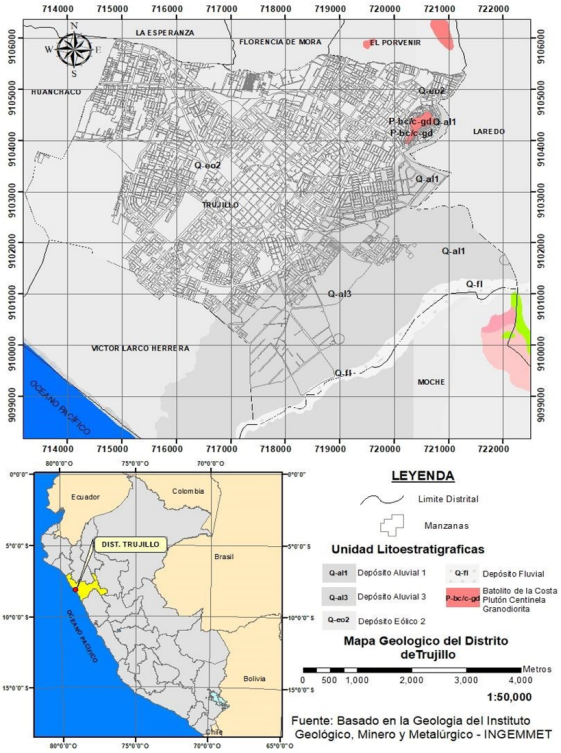
Rocas intrusivas y subvolcánicas

Este tipo de rocas aflora con una menor extensión en la parte este de la ciudad de Trujillo (una parte del cerro pesqueda), correspondiendo al Batolito de la Costa, cuyo cuerpo intrusivo es Granodiorita.

Batolito de la Costa–Plutón centinela–granodiorita (P-BC/C-GD)

Esta unidad se encuentra en el cerro pesqueda, compuesto por Roca de color grisáceo, leucócrata, holocristalino, inequigranular de grano medio, porfirítico, con cristales de plagioclasa, cuarzo, ortosa, anfíbol y biotitas.

Figura 4. Mapa Geológico del Distrito de Trujillo



Nota: elaboración propia.

Geomorfología

La geomorfología es el estudio de las formas del terreno y los procesos que las moldean. La geomorfología involucra un análisis de los paisajes naturales y los diferentes tipos de relevancia, como montañas, valles, planicies, desiertos, entre otros. Dichos estudios se centran en las fuerzas que moldean y alteran los elementos primarios del relieve de la superficie terrestre. Estas fuerzas incluyen la actividad tectónica y los movimientos superficiales de la tierra (por ejemplo, deslizamientos de tierra y desprendimientos de rocas). También incluyen la meteorización y la erosión y deposición de los restos de roca resultantes por el viento, el hielo glacial y los arroyos. En los últimos años, también se ha prestado cada vez más atención a los efectos de la acción humana sobre el medio ambiente físico.

Además, la geomorfología está relacionada con otras áreas de la geografía y la geología, pues está directamente conectada al estudio del clima, la hidrología y los dos procesos naturales que afectan a la Tierra. La Geomorfología es fundamental para el planeamiento territorial, la previsión de desastres naturales y la conservación ambiental.

El término geoforma es un concepto genérico que designa todos los tipos de formas de relieve independientemente de su origen y dimensión (Zink, 1988; Zink & Valenzuela, 1990).

El relieve del Distrito de Trujillo es generalmente plano y forma parte de la planicie costera típica del litoral peruano.

Unidades geomorfológicas de Trujillo

Las unidades geomórficas son características del terreno que reflejan procesos formativos que determinan la estructura y la función del terreno.

Según el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET), El Distrito de Trujillo tiene las siguientes geoformas:

Llanura o planicie aluvial (PL-AL)

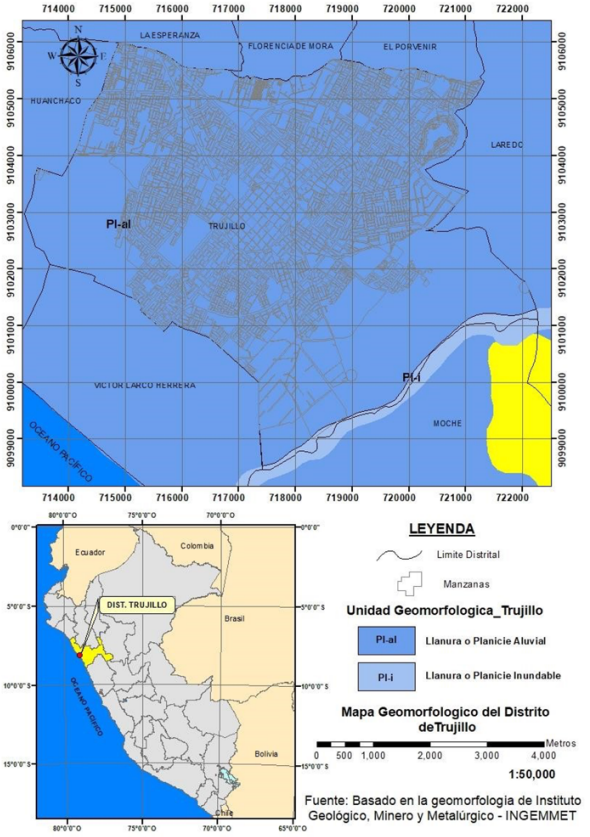
Corresponde a terrenos llanos ocupadas por áreas urbanas que se extiende en las costas de Trujillo. Está conformada por depósitos aluviales y eólicos. Se encuentra asociada a arenamientos y flujos de detritos excepcionales de las estribaciones adyacentes durante eventos del fenómeno de El Niño.

Llanura o planicie inundable (PL-I)

Son terrenos ubicados encima del cauce y llanura de inundación fluvial. Además, son terrenos planos, de ancho variable; su extensión está limitada a los valles. Área adyacente al río, formada por desbordes continuos y recurrentes. Se consideran las planicies inundables a las

corrientes de agua superficiales, como ríos, quebradas y arroyos, las cuales se han formado en el pasado con los sedimentos que periódicamente han depositado las inundaciones fluviales.

Figura 5. Mapa Geomorfológico del Distrito de Trujillo



Nota: elaboración propia.

Pendiente

La Pendiente se refiere al grado de inclinación de los terrenos, Una forma estándar de describir la inclinación de una pendiente es como el porcentaje del cambio vertical en relación con el cambio horizontal. Esto se puede medir en el campo o en un mapa topográfico.

Figura 6. Vista Satelital del Distrito de Trujillo



Nota: elaboración propia.

La pendiente del terreno es una consideración importante para la planificación del uso de la tierra y el desarrollo del sitio. Si la pendiente es demasiado pronunciada, la escorrentía puede precipitarse por la ladera y causar inundaciones repentinas, deslaves y contaminación del agua. Aunque cierta cantidad de inundaciones y erosión es natural, se necesita una gestión cuidadosa del uso de la

tierra en pendientes pronunciadas para reducir los costosos daños a la propiedad y las carreteras.

Metodología para la obtención del mapa de pendientes

El mapa de pendientes del distrito de Trujillo fue elaborado a partir de un Modelo Digital de Elevación (MDE), procesado mediante herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG). A partir del MDE se calcularon los gradientes del terreno, expresados en porcentaje (%), considerando la relación entre la diferencia de elevación y la distancia horizontal.

El procesamiento cartográfico incluyó:

Corrección y depuración del modelo digital de elevación.
Cálculo automático de pendientes mediante algoritmos de análisis espacial.
Reclasificación de los valores de pendiente en rangos representativos, de acuerdo con criterios geomorfológicos y geotécnicos.

Clasificación de los rangos pendientes:

La clasificación de las pendientes en el distrito de Trujillo se realizó en base a los rangos establecido en el Anexo V:

Parámetros Edáficos y de Vegetación, del Reglamento de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor D.S. Nº 005-2022MIDAGRI, cuya distribución espacial se aprecia en el mapa respectivo, simbolizado por colores característicos.

La siguiente tabla detalla los rangos de pendiente:

Tabla 2. Rangos de Pendiente

Rango de Pendientes (%)	Descripción
0–2	Plana o casi a Nivel
2–4	Ligeramente Inclinada
4–8	Moderadamente Inclinada
8–15	Fuertemente Inclinada
15–25	Moderadamente Empinada
25–50	Empinada
50 – 75	Muy Empinada
>75	Extremadamente Empinada

Nota: elaboración propia.

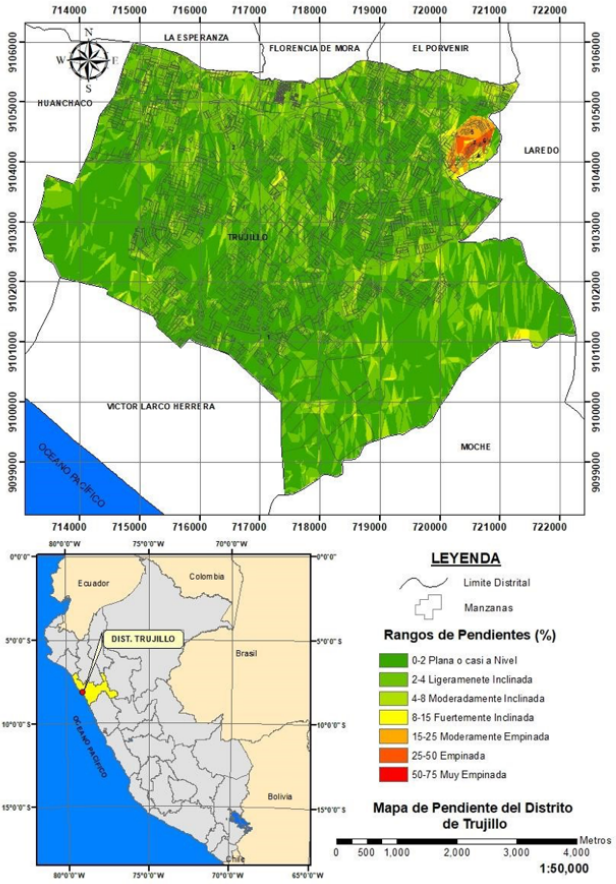
Distribución espacial de las pendientes

El análisis espacial de las pendientes muestra que el distrito de Trujillo presenta mayoritariamente pendientes bajas, inferiores al 5 %, asociadas a planicies aluviales y zonas urbanizadas consolidadas. Las pendientes moderadas a fuertes se localizan de manera puntual en áreas de transición geomorfológica, bordes de terrazas y sectores

próximos a cauces naturales o zonas erosionadas. la pendiente empinada a muy empinada se localiza en el cerro de Pesqueda que puede influir en la seguridad como en el potencial turístico de la zona debido a los riesgos geológicos que puede presentar.

Por otra parte en el distrito de Trujillo se puede apreciar siete (7) rangos de pendiente expresada en porcentaje (%), que están simbolizadas a través de diferentes colores; el color Verde Lima oscuro simboliza la pendiente plana o casi a nivel; el color verde Manzana simboliza la pendiente ligeramente inclinada; el color verde lima simboliza la pendiente moderadamente inclinada; el color amarillo simboliza la pendiente Fuertemente inclinada; el color naranja simboliza la pendiente moderadamente empinada; el color naranja intenso simboliza la pendiente empinada y el color rojo simboliza la pendiente muy empinada.

Figura 7. Mapa de Pendientes del Distrito de Trujillo



Nota: elaboración propia.

Relación de pendiente con la superficie:

Con la finalidad de conocer la superficie y el porcentaje que cubre cada rango de pendiente del Distrito de Trujillo, se calcularon sus respectivas áreas, los cuales se muestran en la Tabla 3.

Asimismo, se calculó las áreas de los rangos de pendiente de los suelos, con el propósito de conocer a mayor detalle la forma como se distribuyen cuantitativamente el distrito de Trujillo, a continuación, se muestran la tabla de Superficie y Porcentaje de los Rangos de Pendiente:

Tabla 3. Superficie y Porcentaje de los Rangos de Pendiente en el distrito de Trujillo

TIPO DE PENDIENTE	RANGO (%)	SÍMBOLO	ÁREA (ha)	AREA EN PORCENTAJE (%)
Plana o casi a Nivel	0–2		2256.41	59.225
Ligeramente Inclinada	2–4		1241.29	32.581
Moderadamente Inclinada	4–8		249.30	6.543
Fuertemente Inclinada	8–15		21.76	0.571
Moderadamente Empinada	15–25		27.02	0.709
Empinada	25–50		14.01	0.368
Muy Empinada	50 – 75		0.12	0.003
TOTAL			3809.91	100

Nota: elaboración propia.

Capítulo 2

Investigaciones geotécnicas

Las Investigaciones geotécnicas constituyen una etapa esencial dentro del proceso de caracterización geotécnica del subsuelo del distrito de Trujillo. A través de ellos se obtiene información directa, confiable y representativa de las condiciones naturales del terreno, permitiendo reducir la incertidumbre asociada al diseño de obras de ingeniería civil. Un adecuado estudio tiene la finalidad de:

- Identificar los tipos de suelo y su estado natural.
- Determinar la estratigrafía del subsuelo y su continuidad lateral.
- Reconocer el nivel freático y su variación
- Proveer información confiable para la zonificación geotécnica.

Trabajos de campo

Los trabajos de campo tuvieron como finalidad reconocer, explorar y registrar las condiciones geotécnicas del subsuelo, mediante exploraciones directas como calicatas y sondeos.

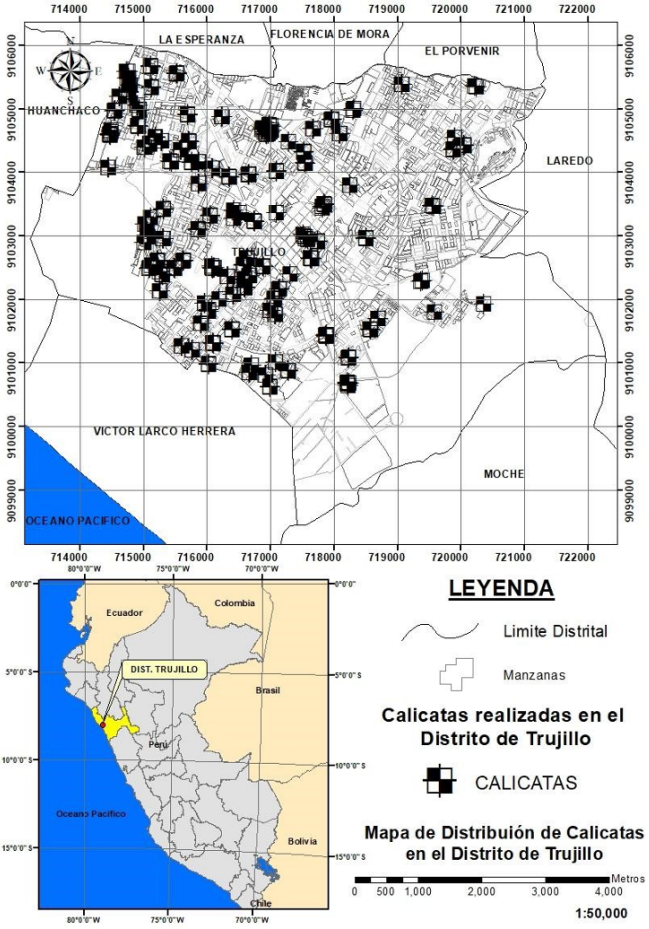
Calicatas

Son excavaciones superficiales de sección generalmente rectangular o trapezoidal, realizadas de manera manual o mecánica en la que constituyen un método fundamental

de investigación de campo, especialmente eficaz para la caracterización de los primeros metros del subsuelo, debido a que permite la observación directa del suelo in situ, la identificación de su estratigrafía superficial, y la obtención de muestras representativas para su clasificación y análisis.

Para el análisis espacial del distrito de Trujillo se registró la base de datos geotécnica de la Empresa SL de Ingeniería que consta de 71 estudios de suelos en la que realizaron 250 calicatas a cielo abierto a profundidad de 3.00 m. además en laboratorio se realizaron los ensayos de humedad natural, granulometría, Limites Atterberg, gravedad especifica de los sólidos, sales, entre otros. Donde los cuales han sido cartografiada.

Figura 8. Mapa de Distribución de Calicatas



Nota: elaboración propia.

Sondeos

Son investigaciones directas del subsuelo que consisten en la perforación del terreno mediante equipos mecánicos especializados, la cual constituyen la principal fuente de información del subsuelo profundo, complementando los datos obtenidos en calicatas, ensayos geofísicos y estudios de laboratorio con el objetivo de identificar la estratigrafía en profundidad, obtener muestras de suelo y roca, y realizar ensayos in situ que permitan evaluar el comportamiento geotécnico del terreno. Los sondeos registrados para esta investigación fueron:

Ensayos de Penetración Estándar (SPT)

Es un ensayo in situ ampliamente utilizado en geotecnia para evaluar la resistencia a la penetración de los suelos, estimar su compacidad o consistencia, y obtener muestras alteradas para identificación visual y ensayos de laboratorio. También se constituye una herramienta fundamental para la zonificación geotécnica y la caracterización mecánica preliminar de los depósitos superficiales y profundos.

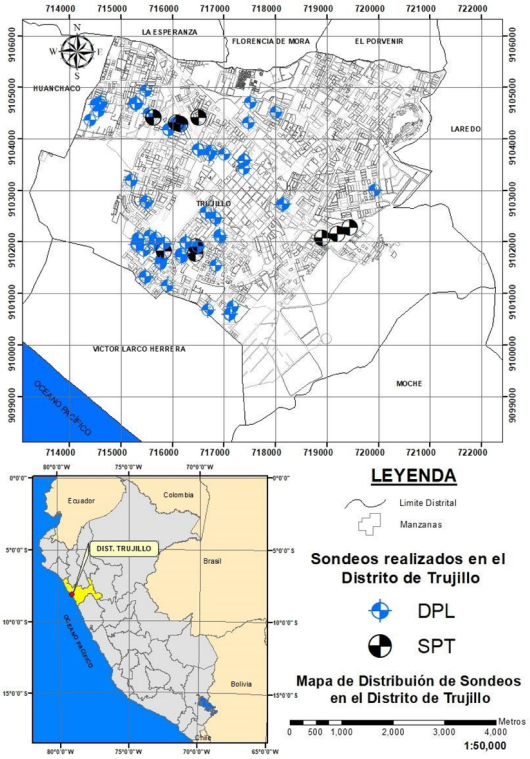
Ensayos de Penetración Dinámica Ligera (DPL)

Es un ensayo in situ de tipo dinámico que permite evaluar la resistencia a la penetración de los suelos superficiales, especialmente en suelos granulares y rellenos, mediante el conteo del número de golpes necesarios para hincar un

cono metálico a una profundidad determinada. De igual manera es una herramienta eficiente para la caracterización geotécnica superficial, complementando los sondeos SPT y calicatas

Por otra parte, los sondeos identificados en el presente atlas fueron obtenidos de la base de datos geotécnica de la Empresa SL de Ingeniería, la cual constan de Quince (15) Ensayos de Penetración Dinámica Ligera (DPL) y Once (11) Ensayos de Penetración Estándar (SPT).

Figura 9. Mapa de Distribución de Sondeos (SPT Y DPL)



Nota: elaboración propia.

Ensayos de laboratorio

Son el conjunto de pruebas normalizadas realizadas sobre muestras de suelo y roca obtenidas en campo, para determinar sus propiedades físicas, mecánicas, hidráulicas y químicas, con el propósito de clasificar, caracterizar y zonificar geotécnicamente los materiales del subsuelo.

Asimismo, los ensayos de laboratorio constituyen la base para la interpretación técnica de las unidades geotécnicas, la evaluación del comportamiento del suelo y la definición de parámetros representativos que sirven de referencia para el diseño de cimentaciones, la gestión del riesgo geotécnico y planeamiento urbano.

Además, en este documento los ensayos de laboratorio fueron obtenidos de la base de datos de la empresa Sl de Ingeniería con la finalidad de identificar, clasificar y analizar cartográficamente de forma sistematizada las muestras de suelo siguiendo los criterios del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), la cual busca contribuir su uso como herramienta técnica para ingenieros, proyectistas y entidades públicas.

Del mismo modo, se realizó el análisis espacial de los diferentes ensayos como contenido de Humedad, Granulometría, Límites de Atterberg, Gravedad Especifica y Sales Solubles.

Contenido de humedad

Es la relación porcentual entre el peso del agua contenida en los poros del suelo y el peso de los sólidos secos, determinada a partir de muestras obtenidas directamente en campo y ensayadas en laboratorio sin alterar su condición natural.

Además, el contenido de humedad natural constituye un parámetro físico fundamental para la caracterización de los suelos, ya que influye directamente en su peso unitario, resistencia al corte, compresibilidad y permeabilidad. Asimismo, permite evaluar el estado de consistencia de suelos finos y su comportamiento frente a cargas y variaciones del nivel freático.

Los valores de humedad natural se utilizan como referencia comparativa entre unidades geotécnicas, y su distribución espacial contribuye a la zonificación geotécnica, especialmente en áreas urbanas, aluviales y costeras.

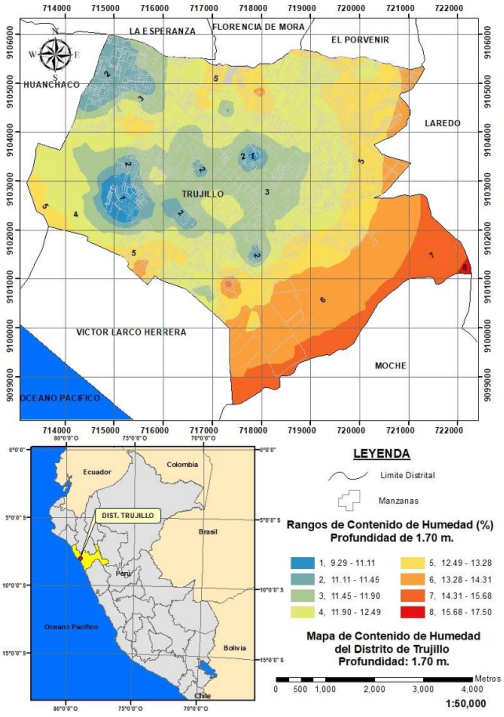
La importancia de ensayo del contenido Humedad es evaluar el estado natural del suelo y se ejecuta conforme a las siguientes normas técnicas reconocidas:

ASTM D2216 – Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass.

NTP 339.127 – Suelos. Determinación del Contenido de Humedad (Norma Técnica Peruana)

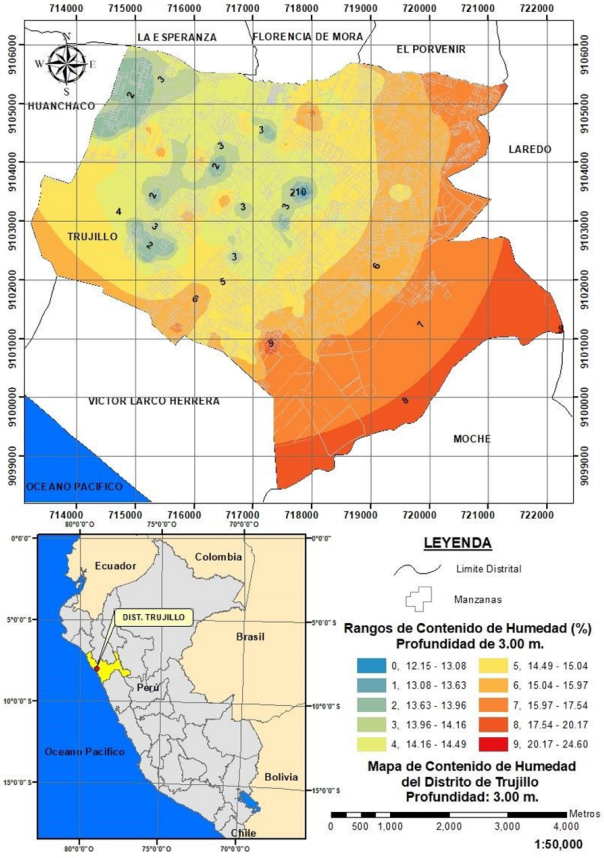
Para este atlas se desarrolló los mapas de contenido de humedad a dos (2) profundidades que fueron de 1.70 m y 3.00 m. En la cual se puede apreciar que a mayor profundidad la humedad del suelo aumenta y los rangos con mayor porcentaje de humedad se encuentran hacia el sur de Trujillo.

Figura 10. Mapa de Contenido de Humedad a Profundidad de 1.70 m.



Nota: elaboración propia.

Figura 11. Mapa de Contenido de Humedad a Profundidad de 3.00 m.



Nota: elaboración propia.

Granulometría

El análisis granulométrico es un ensayo de laboratorio destinado a determinar la distribución del tamaño de partículas que componen un suelo, expresada el peso en

porcentaje y constituye uno de los parámetros fundamentales para su caracterización geotécnica.

Este análisis permite identificar la proporción relativa de gravas, arenas, limos y arcillas, así como evaluar la uniformidad o gradación del suelo, aspectos esenciales para su clasificación, comportamiento mecánico y respuesta hidráulica.

El análisis granulométrico se realiza mediante:

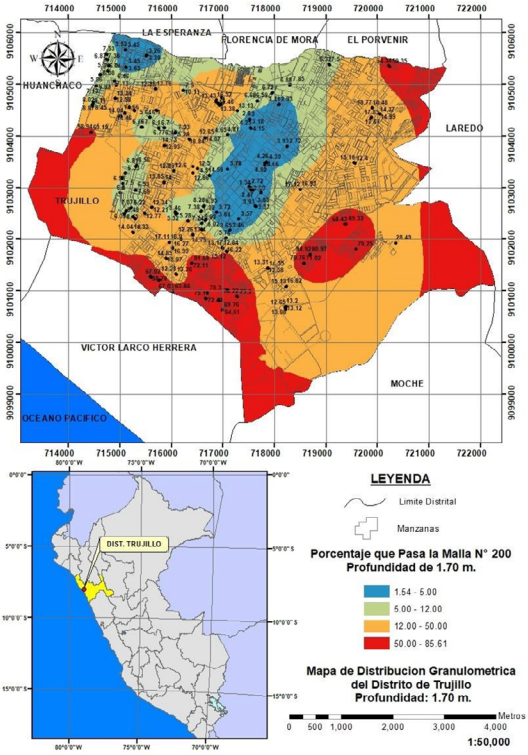
- Tamizado en seco y/o húmedo, para partículas mayores a
- 0.075 mm (tamiz Nº 200).
- Por hidrómetro, para partículas finas menores a 0.075 mm, basado en la ley de Stokes.

Además, se puede realizar conforme a las siguientes normas técnicas:

- ASTM D422-63 – Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils
- NTP 339.128 – Suelos. Método de Ensayo para el Análisis Granulométrico (Norma Técnica Peruana)

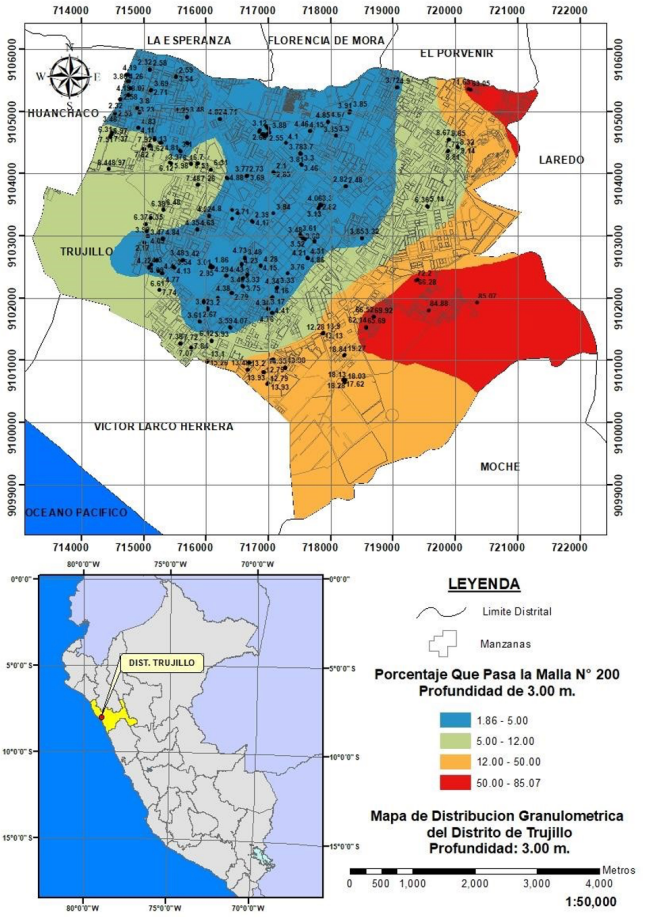
Para elaboración del mapa de distribución granulométrica en este atlas se realizó en relación al porcentaje de material que pasa a través del tamiz N° 200, reclasificándolo en cuatro (4) rangos. En la cual se pude diferenciar las áreas de suelo fino que puede ser Arcilla o Limo (si más del 50 % pasa la malla No. 200 (0.075 mm)), y las áreas del suelo Gruesos que puede ser arena o grava (si menos del 50 % pasa la malla No. 200 (0.075 mm)).

Figura 12. Mapa de Distribución Granulométrica a Profundidad de 1.70



Nota: elaboración propia.

Figura 13. Mapa de Distribución Granulométrica a Profundidad de 3.00



Nota: elaboración propia.

Límites Atterberg

Los Límites de Atterberg son parámetros físicos–mecánicos que permiten caracterizar la consistencia y el comportamiento de los suelos finos (limos y arcillas) en función de su contenido de humedad. Definen los estados de transición del suelo desde un comportamiento sólido, semisólido, plástico y líquido, y son fundamentales para la clasificación geotécnica y la evaluación de la plasticidad del suelo.

Los límites que se determinan son:

- Límite Líquido (LL): contenido de humedad a partir del cual el suelo pasa del estado plástico al estado líquido.
- Límite Plástico (LP): contenido de humedad en el cual el suelo pasa del estado semisólido al estado plástico.
- Índice de Plasticidad (IP): diferencia entre el límite líquido y el límite plástico (IP = LL – LP), que expresa el rango de humedad en el cual el suelo presenta comportamiento plástico.

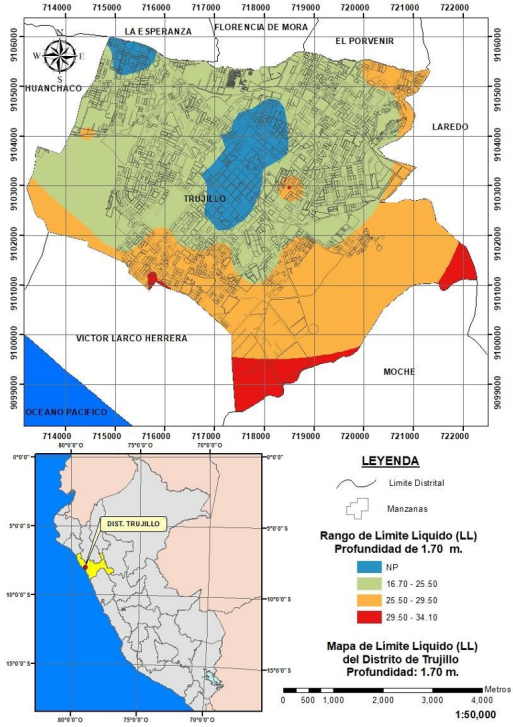
Para estos tipos de ensayos se puede realizar conforme a las siguientes normas técnicas:

- ASTM D 4318-93, Standard Test Method for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils.

- NTP 339.129, Método de Ensayo para Determinar el Límite Líquido, Límite Plástico, e Índice de Plasticidad de suelos (Norma Técnica Peruana)

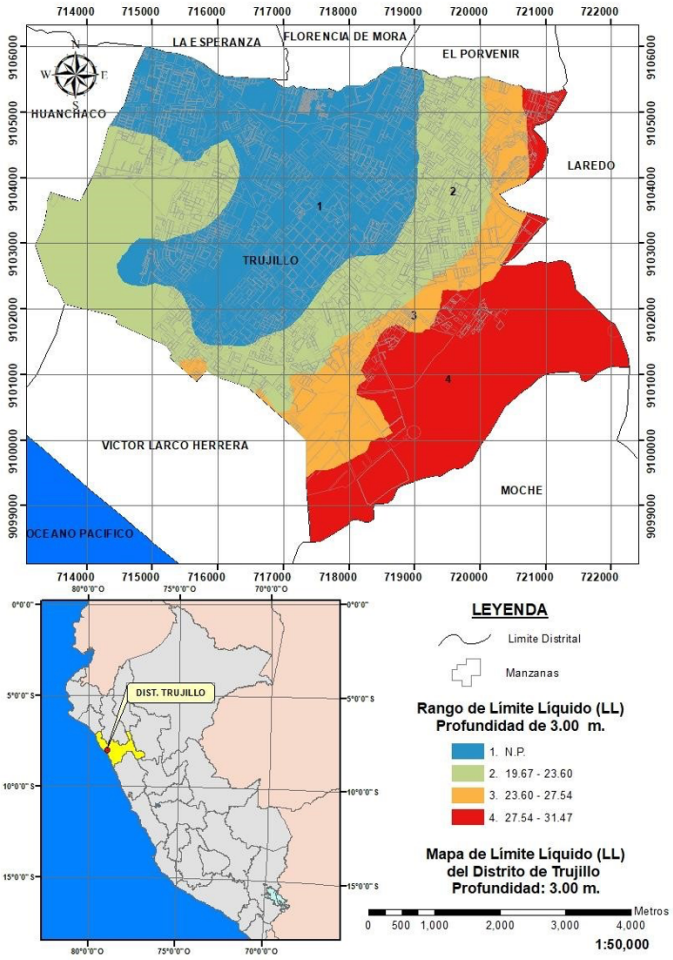
En el presente documento solo se realizó el análisis cartográfico del Limite Liquido y el índice de plasticidad, debido a que junto con la granulometría sus resultados son necesarios para la determinación de la clasificación SUCS.

Figura 14. Mapa de Limite Liquido a Profundidad de 1.70



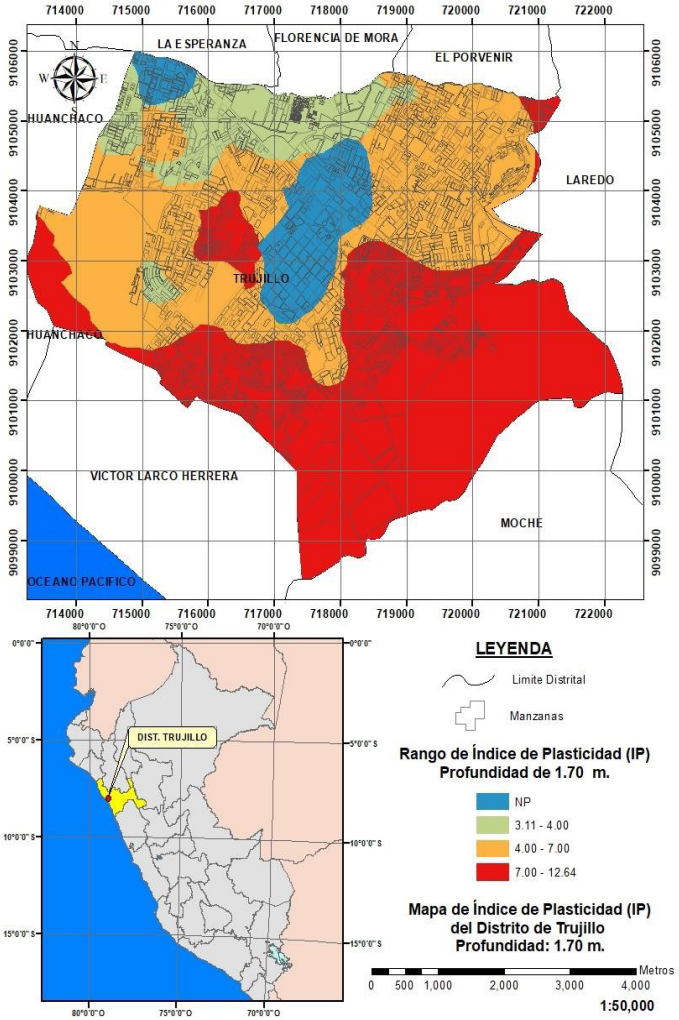
Nota: elaboración propia.

Figura 15. Mapa de Limite Liquido a Profundidad de 3.00



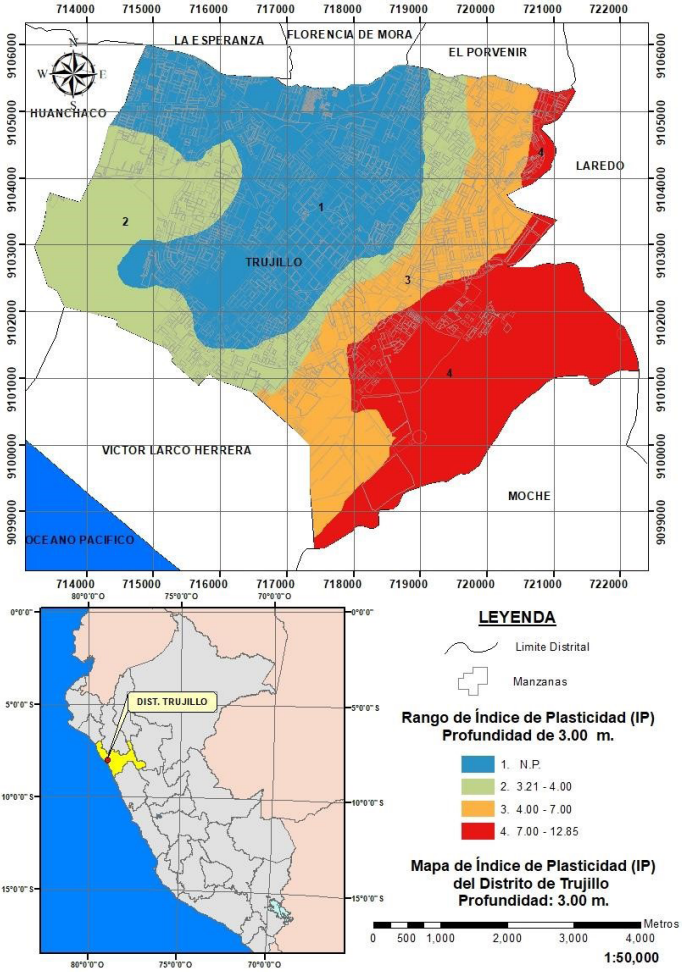
Nota: elaboración propia.

Figura 16. Mapa de Índice de Plasticidad a Profundidad de 1.70



Nota: elaboración propia.

Figura 17. Mapa de Índice de Plasticidad a Profundidad de 3.00



Nota: elaboración propia.

Gravedad especifica

La gravedad específica de los sólidos (Gs) es un parámetro físico esencial en la caracterización geotécnica de los suelos. Se define como la proporción entre el peso específico de las partículas sólidas del suelo y el peso específico del agua destilada a una temperatura de referencia, que suele ser de 20 °C. Este parámetro es adimensional y resulta crucial para la caracterización geotécnica de los suelos, ya que facilita el cálculo de propiedades derivadas como la relación de vacíos, la porosidad, y el peso unitario tanto seco como saturado, además del grado de saturación.

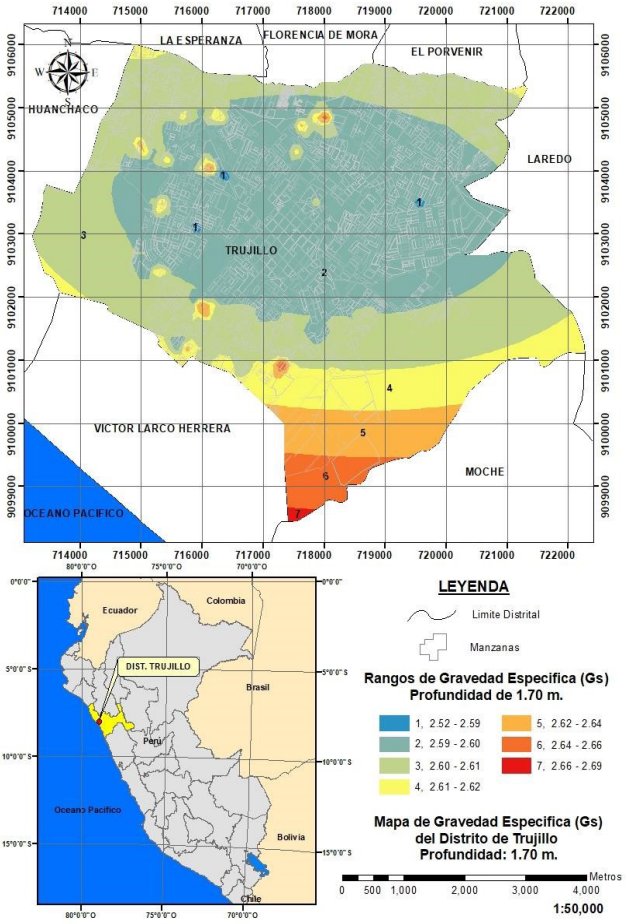
La normativa para la determinación de la gravedad específica es:

- ASTM D854 – Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer
- NTP 339.131–Método de Ensayo para Determinar el Peso Específico Relativo de las Partículas Sólidas de un Suelo (Norma Técnica Peruana)

En términos generales, los valores de $\mathbf{G_s}$ para suelos conformados por arenas, limos y arcillas suelen oscilar entre 2.60 y 2.75, para suelos Orgánicos o Ligeros están por debajo de los 2.50 y para Suelos con minerales pesados están por encima de los 2.80.

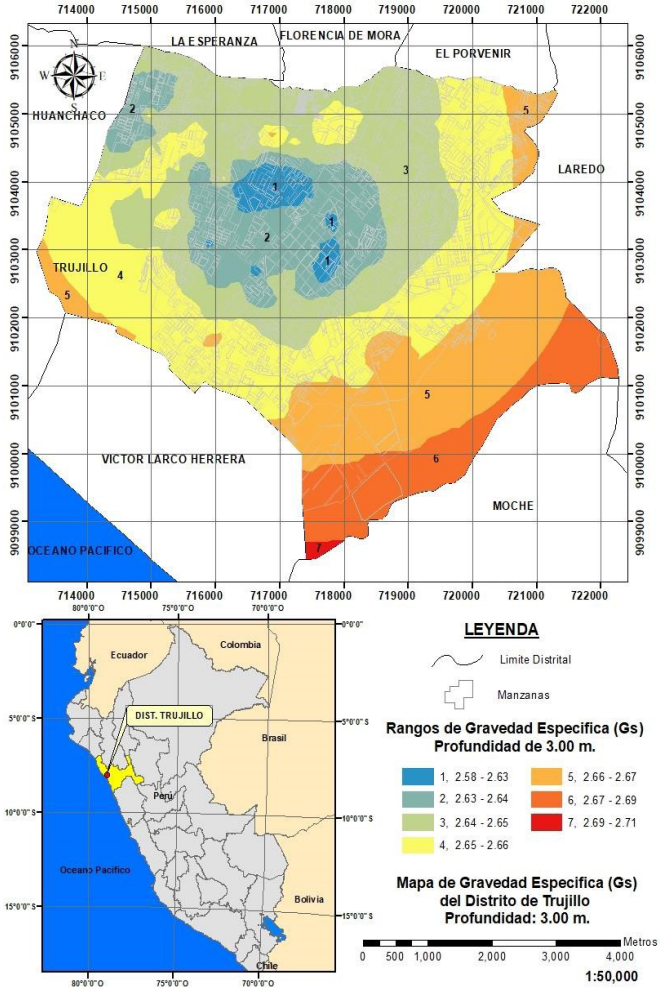
De acuerdo al análisis cartográfico de Gravedad especifica del distrito de Trujillo se puede apreciar que los valores típicos de Gs están entre los rangos de 2.59 a 2.71.

Figura 18. Mapa de Gravedad Especifica a Profundidad de 1.70



Nota: elaboración propia.

Figura 19. Mapa de Gravedad Especifica a Profundidad de 3.00



Nota: elaboración propia.

Sales solubles

Son compuestos químicos inorgánicos presentes en el suelo que se disuelven fácilmente en agua, tales como cloruros, sulfatos, carbonatos y bicarbonatos de sodio, calcio, magnesio y potasio. Su presencia en el suelo puede generar efectos adversos como expansividad, corrosión de elementos metálicos, ataque químico al concreto y variaciones en las propiedades físicas y mecánicas del suelo

La normativa para la determinación de sales solubles es:

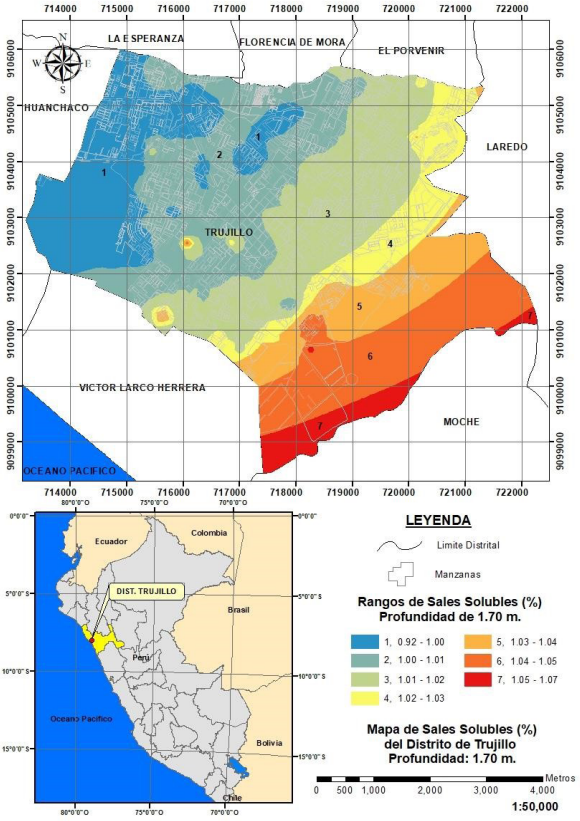
- NTP 339.152 – Suelos. Método de Ensayo Normalizado para la Determinación del Contenido de Sales Solubles en Suelos y Agua subterránea (Norma Técnica Peruana).
- INV E-158-13. Método para determinar sales solubles en suelos.

La agresividad de sales solubles en geotecnia se define principalmente por concentraciones superiores a 15,000 ppm (1.5 %) de sales totales, siendo considerados perjudiciales y muy agresivos, afectando la cimentación y estructura del suelo.

En base a la representación del mapa temático de Sales solubles en el Distrito de Trujillo, se identifica que hacia el norte presenta valores bajos correspondiente a suelos no salinos o ligeramente salinos, con baja agresividad

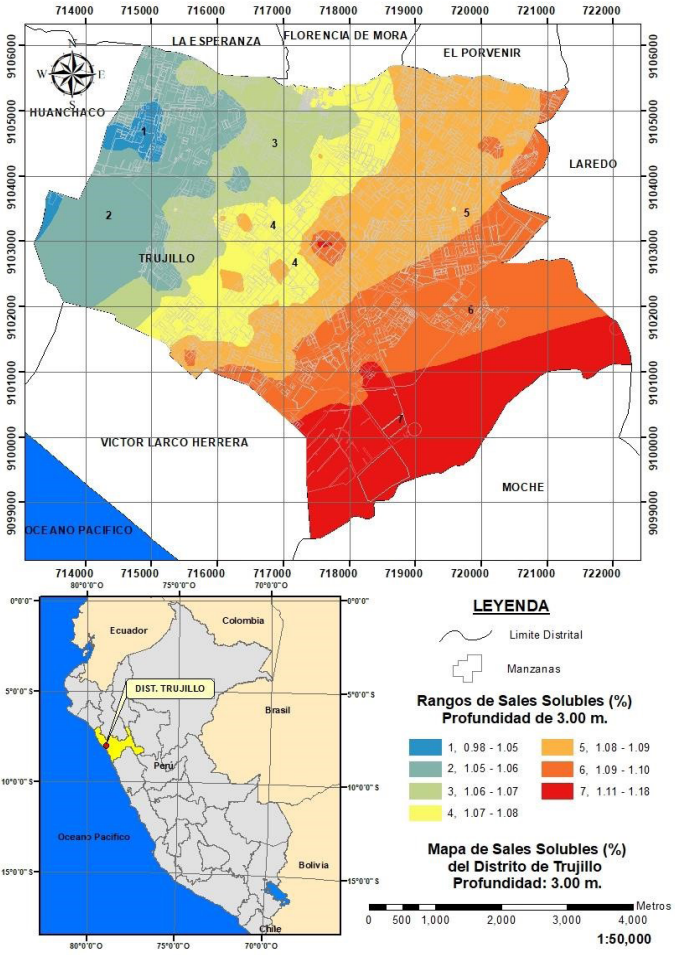
química Mientras que hacia el Sur tenemos valores más altos reconociéndolo como una salinidad moderada. Son característicos de áreas urbanas asentadas sobre depósitos aluviales recientes del río Moche. Para estas zonas, el Atlas recomienda considerar criterios de diseño preventivo, tales como el uso de concretos con mayor resistencia a sulfatos, recubrimientos adecuados y sistemas de drenaje eficiente.

Figura 20. Mapa de Sales Solubles a Profundidad de 1.70



Nota: elaboración propia.

Figura 21. Mapa de Sales Solubles a Profundidad de 3.00



Nota: elaboración propia.

Capítulo 3

Caracterización geotécnica de suelos

La caracterización geotécnica de los suelos del distrito de Trujillo se basa en la integración de la información obtenida mediante investigaciones de campo, ensayos de laboratorio y análisis geológico–geomorfológico. Este proceso permite definir el comportamiento mecánico del suelo, su variabilidad espacial y su respuesta frente a cargas estructurales y acciones sísmicas, constituyendo la base para la zonificación geotécnica y las recomendaciones de diseño.

Descripción geotécnica de los estratos predominantes

Los suelos del distrito de Trujillo corresponden mayoritariamente a depósitos cuaternarios de origen aluvial, eólico y fluvial, caracterizados por una marcada heterogeneidad lateral y vertical. A partir del análisis de calicatas, sondeos y ensayos in situ, se identifican los siguientes estratos predominantes:

- **Estrato superficial:** conformado por arenas finas a medias, ocasionalmente limosas, con compacidad suelta a medianamente compacta. En zonas urbanas es frecuente la presencia de rellenos antrópicos de espesor variable.
- **Estratos intermedios:** constituidos por limos y arcillas de baja a media plasticidad, intercala-

dos con arenas, presentando una resistencia variable y susceptibilidad a deformaciones.

- **Estratos profundos:** formados por arenas medianamente compactas a densas y gravas, que proporcionan mejores condiciones de soporte para cimentaciones profundas.

Esta estratigrafía condiciona el comportamiento geotécnico del terreno y define la necesidad de estudios específicos según el tipo de obra proyectada.

Clasificación SUCS

El Sistema unificado de clasificación de suelos (sucs) es un método estandarizado que permite clasificar los suelos en función de sus características granulométricas y de plasticidad, con el propósito de describir su comportamiento ingenieril y facilitar la interpretación de sus propiedades físicas y mecánicas.

Este sistema clasifica los suelos a partir del porcentaje que pasa el tamiz N.° 200 y de los límites de Atterberg, asignándoles símbolos y denominaciones que reflejan la proporción de gravas, arenas, limos y arcillas, así como su grado de plasticidad y gradación. El SUCS permite distinguir entre suelos gruesos y finos, e identificar suelos limpios, con finos, orgánicos o de alta plasticidad.

Normativa para la clasificación de suelos conforme al SUCS se realiza de acuerdo con:

- ASTM D2487 – Classification of Soils for Engineering Purposes (SUCS)
- ASTM D2488 – Descripción e identificación visual–manual de suelos
- NTP 339.134–Suelos. Método para la Clasificación de Suelos con Propósito de Ingeniería (Sistema Unificado de clasificación de suelos, SUCS)–(Norma Técnica Peruana)

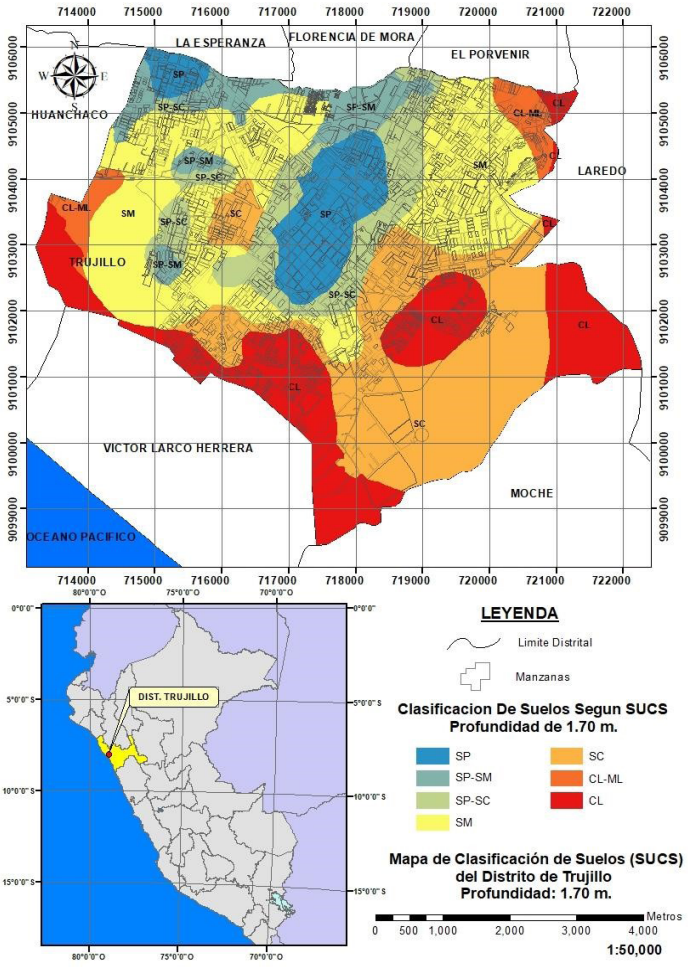
Los resultados del Mapa de Clasificación de suelos (SUCS) evidencian que el distrito de Trujillo tiene predominio de suelos granulares, principalmente arenas pobremente graduadas (SP), arenas pobremente graduadas con limos (SP-SM), arenas pobremente graduadas con arcilla (SP-SC), arenas limosas (SM) y arenas arcillosas (SC), asociados a depósitos aluviales, eólicos y fluviales, característicos de la llanura costera trujillana. Estos suelos presentan, en general, baja a moderada cohesión, buena capacidad de drenaje y una respuesta mecánica favorable para cimentaciones superficiales, siempre que se controle adecuadamente la densidad y el contenido de finos

Por otro lado, la presencia localizada de suelos finos ocupa la menor parte dentro del área del distrito de Trujillo

clasificados como arcillas de baja a mediana plasticidad (CL) y arcilla limo arenosa (CL-ML) se asocia a zonas con menor energía de sedimentación o a antiguos ambientes lacustres y marinos. Estos suelos presentan mayor compresibilidad, menor resistencia al corte y sensibilidad a variaciones de humedad, lo que los hace más susceptibles a asentamientos diferenciales y problemas de estabilidad, requiriendo estudios detallados para el diseño de cimentaciones y obras de infraestructura.

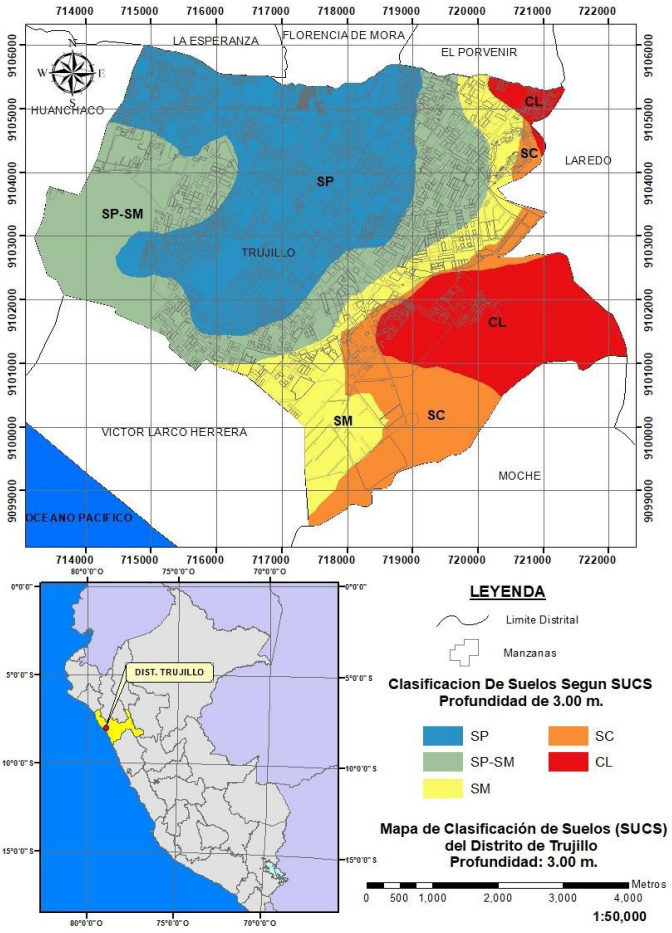
En el marco del Atlas Geotécnico, la clasificación SUCS constituye una herramienta fundamental para la zonificación geotécnica de Trujillo, ya que permite correlacionar la clasificación de los suelos con su capacidad portante y comportamiento mecánico, hidráulico y dinámico, proporcionando criterios técnicos para la planificación urbana, el diseño estructural, la gestión del riesgo geotécnico y la mitigación de amenazas naturales.

Figura 22. Mapa de Clasificación de Suelos (SUCS) a Pro



Nota: elaboración propia.

Figura 23. Mapa de Clasificación de Suelos (SUCS) a Profundidad de 3.00



Nota: elaboración propia.

Capítulo 4
Investigaciones geofísicas

Las investigaciones geofísicas comprenden el conjunto de métodos no invasivos que permiten determinar las propiedades dinámicas y estructurales del subsuelo, a partir de la medición y análisis de la propagación de ondas sísmicas y vibraciones ambientales.

En el Atlas Geotécnico del distrito de Trujillo, estas investigaciones constituyen un complemento fundamental a los estudios geotécnicos tradicionales (calicatas y sondeos), permitiendo una caracterización continua y espacial del subsuelo, especialmente útil para fines de microzonificación sísmica.

Objetivos de las investigaciones geofísicas

Las investigaciones geofísicas en el atlas tienen como objetivos principales:

- Determinar la velocidad de propagación de ondas sísmicas, principalmente la velocidad de ondas de corte (Vs), representativa de los depósitos de suelo del distrito.
- Estimar parámetros dinámicos del suelo como Vs_{30}, períodos dominantes y frecuencias fundamentales.
- Identificar variaciones laterales y verticales de las propiedades dinámicas del subsuelo, asociadas a cambios litológicos y estratigráficos.

- Delimitar zonas con potencial de amplificación sísmica, vinculadas a suelos blandos y depósitos cuaternarios espesos.
- Proporcionar insumos técnicos para la elaboración de mapas de microzonificación sísmica e isoperíodos.
- Integrar los resultados geofísicos con la información geotécnica y geológica para una interpretación geotécnico–sísmica integral del distrito

Métodos geofísicos aplicados

En el contexto urbano del distrito de Trujillo, los métodos geofísicos utilizados para el Atlas Geotécnico son:

Ensayo Masw (Multichannel Analysis of Surface Waves)

Es un método geofísico de exploración del subsuelo que permite determinar el perfil de velocidades de onda de corte (Vs) a partir del análisis de la propagación de ondas superficiales tipo Rayleigh. Además, este ensayo permite caracterizar la rigidez dinámica de los suelos, la estimación del parámetro Vs_{30} y la clasificación sísmica del terreno, fundamentales para la microzonificación sísmica de la ciudad de Trujillo.

El método MASW se basa en el análisis de la dispersión de las ondas Rayleigh generadas por una fuente sísmica superficial (Por ejemplo, impacto en la superficie con un martillo). Las diferentes frecuencias de estas ondas se propagan a distintas profundidades, permitiendo obtener el perfil de Vs en función de la profundidad mediante un proceso de inversión de la curva de dispersión.

Este ensayo es especialmente adecuado para estudios urbanos y de microzonificación sísmica, al proporcionar información confiable sobre la rigidez dinámica del suelo y su variación con la profundidad.

En el distrito de Trujillo se realizaron 10 ensayos geofísicos distribuidos estratégicamente en parques a una profundidad de investigación de 30 m. con la finalidad de:

- Estimar el parámetro Vs a una profundidad de 30 metros, fundamental para la elaboración del mapa de Distribución Vs_{30}.
- Identificar espesores de depósitos aluviales, eólicos y rellenos antrópicos.
- Evaluar la rigidez dinámica del terreno y su relación con la amplificación sísmica.
- Generar insumos para los mapas de microzonificación sísmica y clasificación de suelos.

Identificación de contrastes de rigidez entre estratos.

Base para estimación de períodos dominantes del suelo

Refracción sísmica

Es un método geofísico de exploración del subsuelo que utiliza la propagación de ondas sísmicas longitudinales (ondas P) para determinar la velocidad de los materiales, la profundidad de las capas y la geometría del basamento.

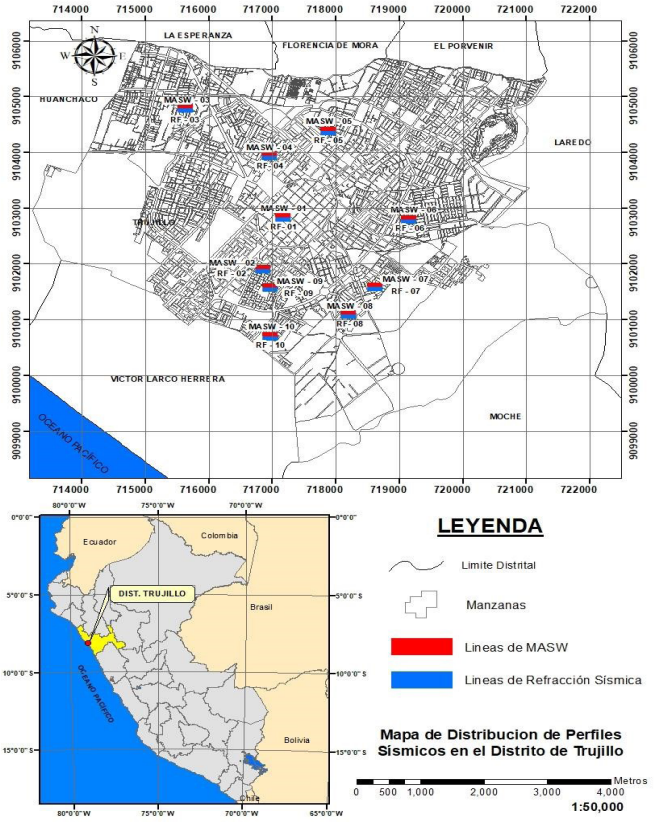
El Principio del método consiste cuando una onda sísmica generada en la superficie (por ejemplo, con un martillo) atraviesa un material y encuentra otro con mayor velocidad sísmica, la onda se refracta críticamente y viaja a lo largo de la interfaz entre ambos medios. Parte de esa energía regresa a la superficie y es registrada por los geófonos. A partir de los tiempos de llegada de las primeras ondas, se construyen curvas tiempo–distancia, que permiten calcular: Velocidad de propagación (Vp), Espesor de las capas y Profundidad de interfaces

Este estudio tiene la finalidad de:

- Complementar la información obtenida mediante MASW, SPT y calicatas.
- Definir la geometría del basamento rígido y espesores de depósitos aluviales y eólicos.

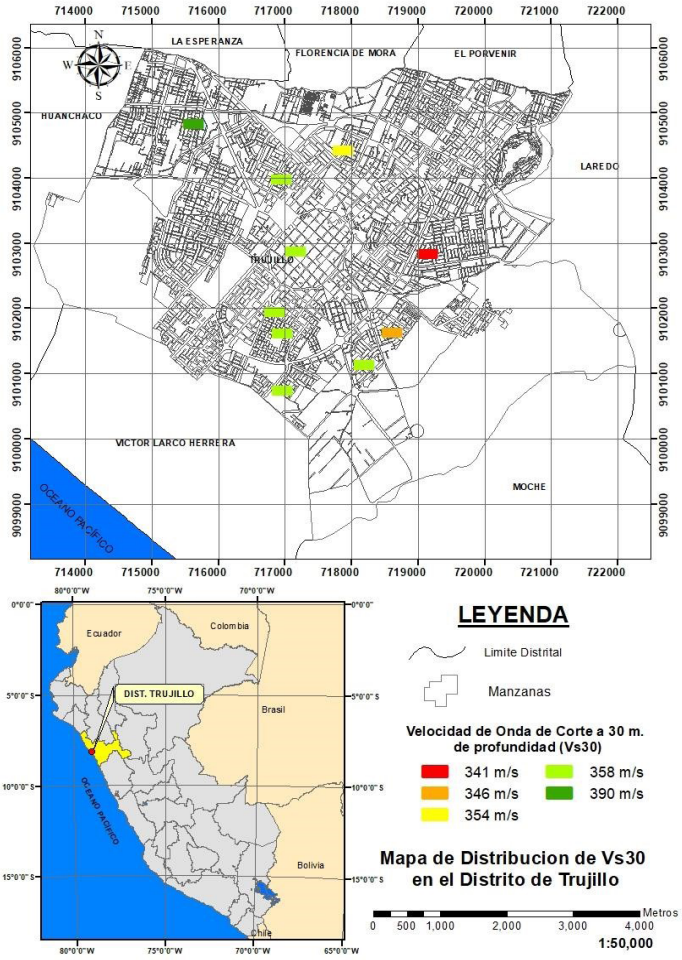
- Apoyar la caracterización geotécnica y sísmica del terreno.
- Determinar la velocidad de ondas P (Vp) en los diferentes estratos del subsuelo.
- Identificar la profundidad del nivel freático, cuando existe contraste de velocidades.

Figura 24. Mapa de Distribución de Perfiles Sísmicos



Nota: elaboración propia.

Figura 25. Mapa de Distribución de Vs30



Nota: elaboración propia.

Microtremores ambientales – método HVSR (Nakamura)

Es una técnica geofísica que permite determinar la frecuencia fundamental (fo) y el período dominante (To) del suelo a partir del análisis espectral de vibraciones ambientales de baja amplitud registradas en tres componentes (dos horizontales y una vertical).

Este método propuesto por Nakamura (1989) se basa en el análisis de las vibraciones ambientales naturales del suelo (microtremores), las cuales son registradas en tres componentes del movimiento:

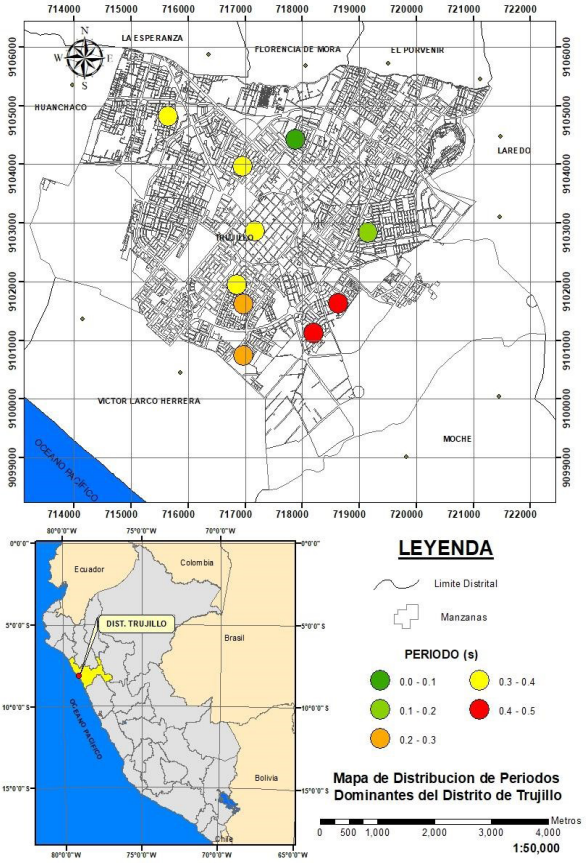
- Horizontal norte–sur (NS)
- Horizontal este–oeste (EW)
- Vertical (V)

Luego se calcula el cociente espectral la cual identifica el pico de resonancia del suelo, asociado al contraste de impedancias entre depósitos blandos y el basamento rígido.

El método de microtremores ambientales HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) tiene como objetivo determinar el período dominante del suelo (To) y la frecuencia fundamental (fo) en la ciudad de Trujillo, con fines de:

- Elaborar el Mapa de períodos dominantes
- Construir el Mapa de isoperíodos
- Complementar la interpretación del Vs30 (MASW)
- Delimitar áreas con mayor amplificación sísmica.

Figura 26. Mapa de Distribución de Períodos Dominantes



Nota: elaboración propia.

Capítulo 5

Mapa de Isoperíodos

El mapa de isoperíodos representa la distribución espacial del período fundamental del suelo (To) en la ciudad, obtenido principalmente mediante el método de microtremores ambientales HVSR (Nakamura) y complementado con perfiles Vs derivados del MASW.

En el distrito de Trujillo se ha identificado cuatro (4) con los siguientes rangos:

La Zona I

Se muestra en color verde claro y de acuerdo a los resultados de la exploración geotécnica se encontró materiales de arena y gravas de compacidad media a compacta. Los períodos de vibración de esta zona varían entre 0,10 s a 0,20 s, las características dinámicas de vibración de esta zona corresponden a un suelo rígido.

La Zona II

Se muestra en color beige pardo y de acuerdo a los resultados de la exploración geotécnica se encontró materiales de arena de compacidad media. Los períodos de vibración de esta zona varían entre 0,20 s a 0,30 s, las características dinámicas de vibración de esta zona corresponden a un suelo medianamente rígido.

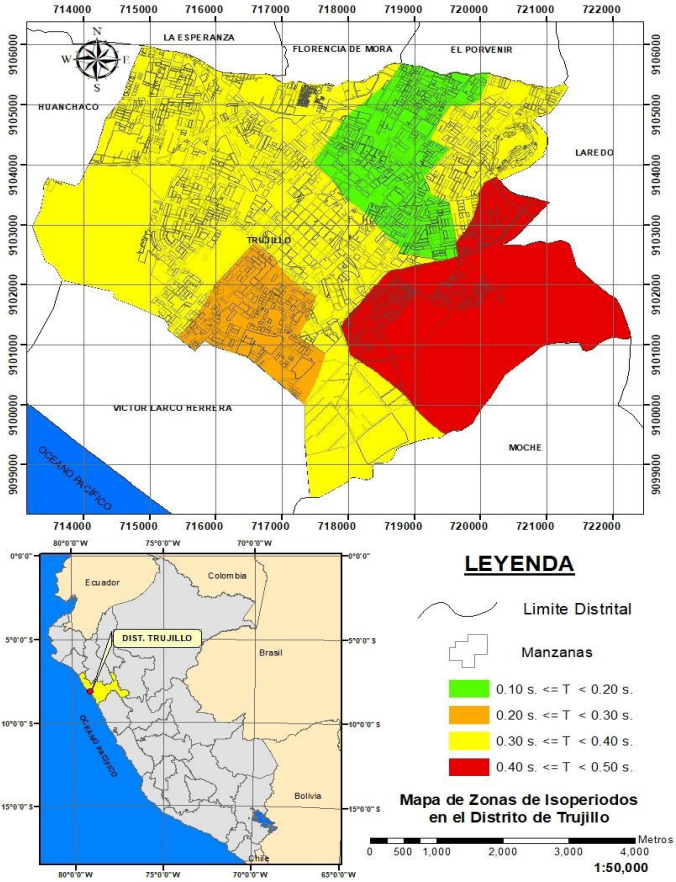
La Zona III

Se muestra en color amarillo y de acuerdo a los resultados de la exploración geotécnica se encontró materiales de arena de compacidad suelta a media. Los períodos de vibración de esta zona varían entre 0,30 s a 0,40 s, las características dinámicas de vibración de esta zona corresponden a un suelo medianamente rígido.

La Zona IV

Se muestra en color rojo y de acuerdo a los resultados de la exploración geotécnica se encontró materiales de limo y arcillas de consistencia media. Los períodos de vibración de esta zona varían entre 0,40 s a 0,50 s, las características dinámicas de vibración de esta zona corresponden a un suelo medianamente flexible.

Figura 27. Mapa de Zonas de Isoperiodos



Nota: elaboración propia.

Capítulo 6

Microzonificación geotécnica

La microzonificación geotécnica del distrito de Trujillo constituye un proceso de integración y síntesis de la información geológica, geomorfológica y geotécnica, con el fin de dividir el territorio en zonas homogéneas desde el punto de vista del comportamiento del suelo frente a cargas estáticas y dinámicas.

Este capítulo permite identificar áreas con condiciones favorables, intermedias o desfavorables para el desarrollo urbano, sirviendo como herramienta técnica para el diseño de edificaciones, infraestructura y la gestión del riesgo.

Objetivos de la microzonificación geotécnica

Los principales objetivos de la microzonificación geotécnica del distrito de Trujillo son:

- Identificar zonas con comportamiento geotécnico similar.
- Evaluar la capacidad portante y deformabilidad del suelo.
- Reconocer áreas con peligros geotécnicos potenciales.
- Apoyar la planificación urbana y el ordenamiento territorial.
- Proporcionar criterios técnicos preliminares para el diseño de cimentaciones.

Metodología empleada

La microzonificación geotécnica se desarrolla mediante la integración de:

- Información geológica y geomorfológica.
- Investigaciones geotécnicas de campo (calicatas y sondeos (SPT y DPL)).
- Investigaciones geofísicas.
- Resultados de ensayos de laboratorio.
- Clasificación SUCS y Capacidad Portante Admisible
- Profundidad del Nivel freático.

Finalmente se analiza y se representa espacialmente mediante sistemas de información geográfica (SIG), permitiendo la delimitación de zonas homogéneas.

Zonas geotécnicas del distrito de Trujillo

Como resultado del análisis integrado, el distrito de Trujillo se identifica cuatro (4) zonas geotécnicas, que se describe a continuación:

Zona I:

Presenta una capa superficial de material de relleno de 0.40 m. de espesor, conformado por suelo orgánico y suelo agrícola. Continúa arena pobremente graduada (SP), de baja humedad, con cierta presencia de gravas menudas y de compacidad relativa media a compacta, hasta 1,50 m de profundidad. Luego se encuentra grava pobremente graduada (GP), de compacidad relativa media a compacta, regular humedad, con cierta presencia aislada de bolonería a medida que nos vamos profundizando.

No se nota la presencia del NAF a la profundidad explorada.

La capacidad de carga admisible para una cimentación corrida de 0,60 m de ancho, en esta zona es de 1,10 a 1,528 Kg/cm2, para una profundidad de cimentación de 0,70 a 0,90 m.

Zona II:

Presenta una capa superficial de material de relleno conformado por suelo orgánico y cierta basura, de 0,30 m. de espesor. Continúa arena pobremente graduada (SP) con cierta presencia de gravas de ½", de baja humedad y de compacidad relativa suelta a media. A continuación, se nota arena limosa (SM) de compacidad relativa media,

de baja a regular humedad, con cierta presencia de gravas de ¾" de diámetro conforme nos vamos profundizando.

La capacidad de carga admisible para una cimentación corrida de 0,60 m. de ancho y una profundidad de cimentación de 0,70 a 0,90 m; varía de 0,939 a 1,129 Kg/cm2.

Zona III:

Presenta una capa superficial de material de relleno de 0,10 m. a 0,30 m. de espesor, conformado por suelo orgánico con cierta basura. Continúa arena pobremente graduada (SP) o arena pobremente graduada con limos (SP-SM), con cierta presencia de gravas de ½ "a ¾", su compacidad relativa varía de suelta a media, conforme nos vamos profundizando, de poca a regular humedad y de nula plasticidad. No se nota la presencia del NAF hasta la profundidad explorada de 4 m a 5 m La capacidad de carga admisible para una cimentación corrida de 0,60 m de ancho en esta zona varía de 0,914 a 1,099 Kg/cm2, para una profundidad de cimentación de 0,70 a 0,90 m.

Zona IV:

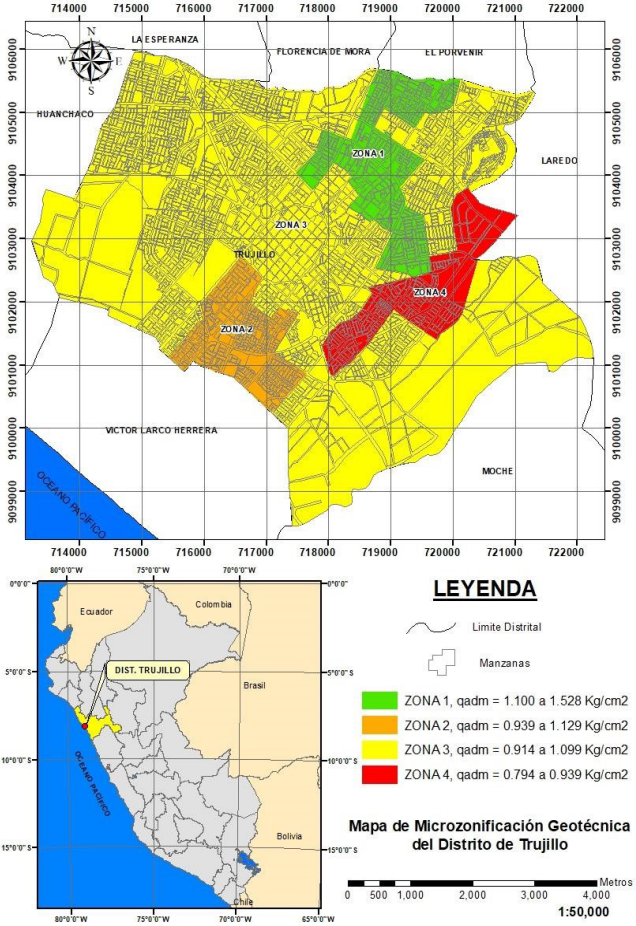
Presenta una capa superficial de material de relleno de 0,40 m. de espesor. Luego continúa arena arcillosa (SC) de regular humedad, de compacidad relativa media hasta la profundidad de 1,30 m. A continuación, se nota arcilla

de baja plasticidad (CL), de consistencia media, regular humedad y con cierta presencia de gravas de ¾" de diámetro. En las urbanizaciones de Santa María IV y V Etapa, Los Laureles, Las Casuarinas, San Vicente, Villa Contadores, se nota presencia del NAF a 1,20 m. de profundidad.

La capacidad de carga admisible para las Urbanizaciones Santa María y Las Casuarinas, para una cimentación corrida de 0,60 m de ancho y una profundidad de cimentación de 0,70 a 0,90 m; varía de 0,794 a 0,939 Kg/cm2.

Por otra parte, la evaluación geotécnica mencionada representa los tipos de suelos a 2,0 m y 3,0 m de profundidad, cuyos resultados se representa en el mapa de microzonificación geotécnica. Esta microzonificación tiene el propósito de identificar zonas favorables y desfavorables para viviendas existentes y proyectadas del tipo convencional. Además, para los valores de capacidad de carga admisible se ha usado la teoría de capacidad de carga de Terzaghi, utilizando los factores de capacidad de carga propuestos por Vesic (1973).

Figura 28. Mapa de Microzonificación Geotécnica



Nota: elaboración propia.

Capítulo 7

Microzonificación sísmica

La microzonificación sísmica constituye una herramienta fundamental para la evaluación del comportamiento dinámico del suelo frente a solicitaciones sísmicas, permitiendo identificar variaciones espaciales en la respuesta sísmica local asociadas a las condiciones geológicas, geomorfológicas, geotécnicas y geofísicas del suelo. En el distrito de Trujillo, caracterizado por depósitos sedimentarios perteneciente al sistema cuaternario poco consolidados, la microzonificación sísmica resulta especialmente relevante debido a su influencia en la amplificación de las ondas sísmicas y en el desempeño estructural de las edificaciones.

Objetivos de la microzonificación geotécnica

- Determinar y delimitar zonas homogéneas de comportamiento sísmico en la ciudad de Trujillo, mediante la integración de información geológica, geomorfológica, geotécnica y geofísica, con la finalidad de evaluar la respuesta sísmica local del suelo y proporcionar parámetros técnicos para el diseño sismorresistente, la planificación urbana y la gestión del riesgo de desastres.
- Elaborar el mapa de microzonificación sísmica.

Metodología empleada

La microzonificación sísmica de la ciudad de Trujillo se desarrolló mediante un enfoque integral y multidisciplinario, que combina:

- Información geológica y geomorfológica
- Investigaciones geotécnicas
- Métodos geofísicos. Para que finalmente con Análisis de Sistemas de Información Geográfica (SIG) se define unidades de respuesta sísmica homogénea.

Zonificación sísmica local de la ciudad de Trujillo

La zonificación sísmica local de la ciudad de Trujillo se establece a partir de la integración de la información geológica, geomorfológica, geotécnica y geofísica, con el propósito de identificar zonas homogéneas de comportamiento dinámico del suelo frente a solicitaciones sísmicas.

La heterogeneidad del subsuelo trujillano, conformado por depósitos aluviales del valle del río Moche, arenas eólicas, terrazas marinas y rellenos antrópicos, genera variaciones significativas en la rigidez del terreno, el

Vs30 y el período predominante del suelo, lo que influye directamente en la amplificación sísmica.

En el distrito de Trujillo se identifica cuatro (4) zonas sísmicas, que se describe a continuación:

Zona I

Presenta una capa superficial de material de relleno de 0,40 m de espesor, conformado por suelo orgánico y suelo agrícola. Continúa arena pobremente graduada (SP), de baja humedad, con cierta presencia de gravas menudas y de compacidad relativa media a compacta, hasta 1,50 m de profundidad. Luego se encuentra grava pobremente graduada (GP), de compacidad relativa media a compacta, regular humedad, con cierta presencia aislada de bolonería a medida que nos vamos profundizando. No se nota la presencia del NAF a la profundidad explorada. El tipo de suelo descrito en esta zona presenta las mejores características geotécnicas para la cimentación de edificaciones.

La capacidad de carga admisible para una cimentación corrida de 0,60 m de ancho, en esta zona es de 1,10 a 1,528 Kg/cm2, para una profundidad de cimentación de 0,70 a 0,90 m.

El comportamiento dinámico del suelo en esta zona es adecuado, se espera que no se incremente el nivel de peligro sísmico estimado. Los periodos dominantes del suelo tienen valores de 0,10 s a 0,20 s.

Zona II

Presenta una capa superficial de material de relleno conformado por suelo orgánico y cierta basura, de 0.30 m. de espesor. Continúa arena pobremente graduada (SP) con cierta presencia de gravas de ½", de baja humedad y de compacidad relativa suelta a media. A continuación, se nota arena limosa (SM) de compacidad relativa media, de baja a regular humedad, con cierta presencia de gravas de ¾" de diámetro conforme nos vamos profundizando.

La capacidad de carga admisible para una cimentación corrida de 0,60 m de ancho y una profundidad de cimentación de 0,70 a 0,90 m; varía de 0,939 a 1,129 Kg/cm2.

Se espera en esta zona un incremento moderado del nivel de peligro sísmico estimado por efecto del comportamiento dinámico del suelo. Los periodos dominantes del suelo tienen valores de 0,20 s a 0,30 s.

Zona III

Capa superficial de material de relleno de 0,10 m a 0,30 m de espesor, conformado por suelo orgánico con cierta basura. Continúa arena pobremente graduada (SP) o arena pobremente graduada con limos (SP-SM), con cierta presencia de gravas de ½ "a ¾", su compacidad relativa varía de suelta a media, conforme nos vamos profundizando, de poca a regular humedad y de nula plasticidad. No se nota la presencia del NAF hasta la profundidad explorada de 4 m a 5 m.

La capacidad de carga admisible para una cimentación corrida de 0,60 m de ancho en esta zona varía de 0,914 a 1,099 Kg/cm2, para una profundidad de cimentación de 0,70 a 0,90 m.

En esta zona se espera un incremento moderado del nivel de peligro sísmico estimado por efecto del comportamiento dinámico del suelo. Los periodos dominantes del suelo tienen valores de 0,30 s a 0,40 s.

Zona IV

Presenta una capa superficial de material de relleno de 0,40 m de espesor. Luego continúa arena arcillosa (SC) de regular humedad, de compacidad relativa media hasta la profundidad de 1,30 m A continuación, se nota arcilla

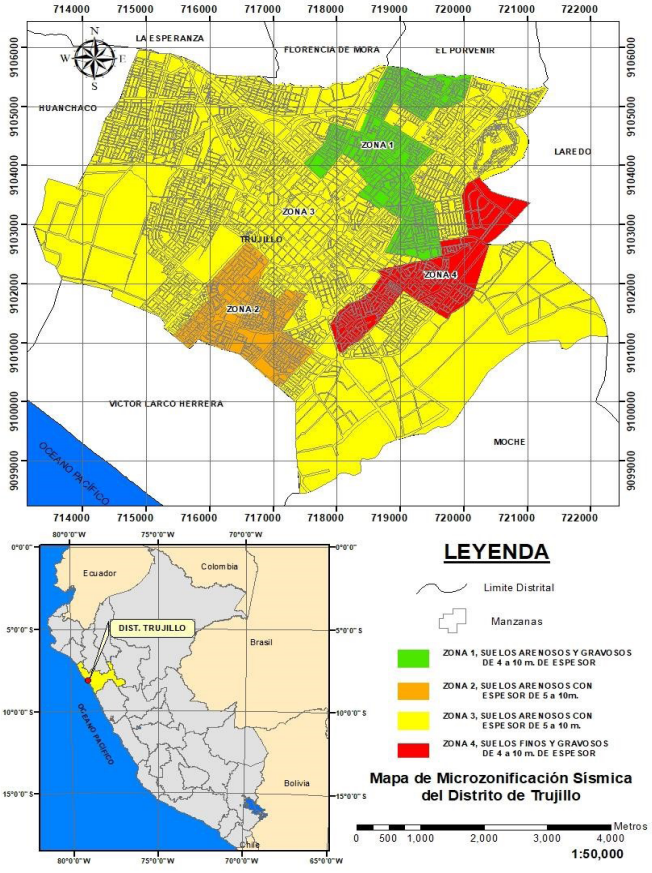
de baja plasticidad (CL), de consistencia media, regular humedad y con cierta presencia de gravas de ¾" de diámetro. En las urbanizaciones de Santa María IV y V Etapa, Los Laureles, Las Casuarinas, San Vicente, Villa Contadores, se nota presencia del NAF a 1,20 m de profundidad.

La capacidad de carga admisible para las Urbanizaciones Santa María y Las Casuarinas, para una cimentación corrida de 0,60 m de ancho y una profundidad de cimentación de 0,70 a 0,90 m; varía de 0,794 a 0,939 Kg/cm2.

El accionar dinámico del terreno en esta zona es desfavorable, se espera un fuerte incremento del nivel de peligro sísmico. Los periodos dominantes del suelo tienen valores de 0,40 s a 0,50 s.

Es bueno precisar que los resultados obtenidos en la Microzonificación Sísmica no deben ser utilizados para fines de diseño y/o construcción de algún tipo de edificación en algún punto específico de la zona de estudio. Estos resultados no reemplazan a los estudios que deben ejecutarse siguiendo los procedimientos exigidos en la Norma Técnica E.030 de Diseño Sismorresistente y la Norma Técnica de Edificación E.050 de Suelos y Cimentaciones, que son de cumplimiento obligatorio y se encuentran vigente a la fecha.

Figura 29. Mapa de Microzonificación Sísmica



Nota: elaboración propia.

Glosario

A

Aluvial (origen aluvial). Depósitos o materiales sedimentarios transportados y depositados por la acción de corrientes de agua, como ríos o quebradas, generalmente compuestos por arenas, gravas, limos y arcillas.

Amplificación sísmica: Incremento de la amplitud de las ondas sísmicas debido a la presencia de suelos blandos o sedimentos no consolidados.

Análisis granulométrico: Ensayo de laboratorio que determina la distribución de tamaños de partículas de un suelo mediante tamizado y/o sedimentación.

Arcilla (CL): Suelo fino con predominio de partículas menores a 0.002 mm, caracterizado por presentar plasticidad baja a media. En el sistema SUCS se clasifica como arcilla inorgánica de baja a mediana plasticidad. Estos suelos presentan mayor compresibilidad y menor resistencia al corte en comparación con los suelos granulares.

Arcilla limo arenosa (CL-ML): Suelo fino compuesto por una mezcla de arcilla, limo y pequeñas

proporciones de arena. Presenta características intermedias entre suelos arcillosos y limosos, mostrando plasticidad moderada y comportamiento mecánico variable según su contenido de humedad.

Arena arcillosa (SC): Suelo granular formado principalmente por arena que contiene una proporción significativa de partículas de arcilla. Presenta cierta cohesión y menor permeabilidad que las arenas limpias.

Arena limosa (SM): Suelo granular formado principalmente por arena con presencia de limo. Se caracteriza por tener menor permeabilidad y mayor susceptibilidad a cambios en su comportamiento mecánico debido a la presencia de partículas finas.

Arena pobremente graduada (SP): Suelo granular compuesto predominantemente por partículas de arena que tienen tamaños muy similares entre sí o que carecen de una distribución uniforme de diámetros (le faltan tamaños intermedios).

Arena pobremente graduada con arcilla (SP-SC): Suelo compuesto principalmente por arena pobremente graduada que contiene cantidades apreciables de arcilla. Su comportamiento mecánico está influenciado por la plasticidad de las partículas finas.

Arena pobremente graduada con limos (SP-SM): Suelo granular donde predominan arenas mal graduadas con presencia de limo. Presenta características intermedias entre arenas limpias y arenas limosas.

Asentamiento diferencial: Deformación desigual del terreno bajo una estructura, causada por variaciones en las propiedades del suelo o en la distribución de cargas. Puede generar grietas o daños estructurales si no se controla adecuadamente en el diseño de cimentaciones.

Atlas geotécnico: Documento técnico que integra información geológica, geomorfológica, geotécnica y geofísica de un territorio mediante mapas y análisis del subsuelo.

C

Capacidad de drenaje: Propiedad del suelo que describe su capacidad para permitir el flujo y evacuación del agua a través de sus poros. Los suelos arenosos presentan generalmente buen drenaje debido a su alta permeabilidad.

Capacidad portante: Capacidad del suelo para soportar cargas provenientes de estructuras sin presentar fallas por corte o deformaciones excesivas.

Cartografía: Ciencia y técnica encargada de la elaboración y representación de mapas.

Clasificación de suelos (SUCS): Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) utilizado en geotecnia para identificar y agrupar los suelos según su granulometría y plasticidad, mediante símbolos como SP, SM, SC, CL, entre otros.

Cohesión: Propiedad del suelo que representa la fuerza de atracción entre sus partículas. Los suelos granulares presentan baja cohesión, mientras que los suelos arcillosos presentan cohesión más elevada.

Componente geológico: Conjunto de características relacionadas con la composición, origen y estructura de rocas y sedimentos de un área.

Compresibilidad: Capacidad del suelo para reducir su volumen cuando se somete a cargas externas. Los suelos finos, como arcillas y limos, suelen presentar mayor compresibilidad.

Condiciones geotécnicas. Conjunto de propiedades físicas y mecánicas del suelo y del subsuelo que influyen en el comportamiento de las estructuras y obras de ingeniería.

Coordenadas geográficas: Sistema de referencia basado en latitud y longitud que permite ubicar puntos en la superficie terrestre.

D

Depósito aluvial: Acumulación de sedimentos transportados por corrientes de agua.

Depósito eólico: Sedimentos transportados y depositados por la acción del viento.

Depósito fluvial: Material sedimentario acumulado por procesos asociados a ríos o corrientes de agua.

Depósitos cuaternarios: Sedimentos recientes formados durante el período geológico Cuaternario.

Dunas: Acumulaciones de arena formadas y modeladas por la acción del viento.

E

Estratigrafía. Estudio de las capas o estratos de rocas y sedimentos y su orden de formación.

Estructura del suelo. Forma en que las partículas del suelo se agrupan o se organizan

G

Geofísica: Ciencia que estudia las propiedades físicas del subsuelo mediante métodos indirectos.

Geoforma: Forma natural del relieve terrestre, como planicies, valles, cerros o terrazas.

Geotecnia: Rama de la ingeniería civil que estudia el comportamiento mecánico de suelos y rocas.

H

HVSR: Método geofísico basado en la relación espectral horizontal/vertical para estimar la frecuencia fundamental del suelo.

I

Investigación Geotécnica: Conjunto de estudios de campo y laboratorio destinados a determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo para fines de ingeniería.

Isoperíodos: Líneas que unen puntos que tienen el mismo período fundamental de vibración del suelo dentro de una región determinada

L

Limo (ML): Suelo fino de baja plasticidad compuesto por partículas de tamaño intermedio entre arena y arcilla.

Llanura: Superficie extensa de relieve plano o ligeramente ondulado.

Llanura Costera: Superficie relativamente planas formadas por depósitos marinos, fluviales y eólicos.

M

MASW: Método geofísico de análisis multicanal de ondas superficiales utilizado para estimar la velocidad de ondas de corte.

Microzonificación geotécnica: Proceso de división detallada de un territorio en zonas con características geotécnicas similares, basado en el análisis de las propiedades del suelo, la geología y los posibles riesgos geológicos que pueden afectar obras de ingeniería.

Microzonificación sísmica: Proceso de división detallada de un área, en zonas con diferente comportamiento sísmico, basado en las características geológicas, geotécnicas y geofísicas del suelo

N

Nivel freático: Superficie superior del agua subterránea que satura los poros del suelo.

Nomenclatura geológica: Sistema de términos utilizados para identificar y clasificar unidades geológicas.

P

Perfil geotécnico: Representación vertical del subsuelo que muestra la disposición de los estratos.

Planicie costera: Superficie plana cercana al litoral formada por sedimentos marinos, aluviales o eólicos.

Planicie aluvial: Área plana formada por la acumulación de sedimentos transportados por ríos.

Planificación urbana: Proceso técnico y político de diseñar y organizar el crecimiento de las ciudades para mejorar la calidad de vida, proteger el medio ambiente y promover un desarrollo sostenible y ordenado.

Plasticidad: Propiedad del suelo que permite deformarse sin romperse cuando está húmedo.

Permeabilidad: Capacidad del suelo para permitir el paso de agua a través de sus poros.

Porosidad: Proporción del volumen total del suelo que corresponde a espacios vacíos o poros.

R

Relieve: Conjunto de formas e irregularidades que presenta la superficie terrestre.

Representación cartográfica: Proceso mediante el cual la información se expresa gráficamente en un mapa, utilizando símbolos, colores, líneas y escalas para mostrar la distribución y características de fenómenos sobre la superficie terrestre.

Resistencia al corte: Capacidad del suelo para resistir esfuerzos que tienden a provocar el deslizamiento entre sus partículas. Depende de la cohesión y del ángulo de fricción interna.

Respuesta sísmica: Comportamiento del suelo o de una estructura cuando es sometido a la acción de ondas sísmicas, el cual depende de las propiedades dinámicas del terreno, la profundidad de los estratos y la intensidad del movimiento sísmico.

Riesgo geológico–sísmico: Probabilidad de que fenómenos geológicos o sísmicos generen daños en estructuras, infraestructura o población

S

Sedimento: Material sólido transportado y depositado por agentes naturales como agua o viento.

Subsuelo: Conjunto de capas de suelo y roca que se encuentran debajo de la superficie terrestre.

Suelo fino: Suelo formado principalmente por par-

tículas de limo y arcilla. Su comportamiento mecánico está fuertemente influenciado por el contenido de humedad **Suelo granular:** Suelo compuesto principalmente por gravas y arenas. Se caracterizan por tener baja cohesión, alta permeabilidad y buen drenaje

T

Terraza fluvial: Superficie plana elevada que representa antiguos niveles del cauce de un río.

U

Unidad geológica: Conjunto de rocas o sedimentos con características litológicas y origen común.

Unidad geomorfológica: Área del terreno con características homogéneas de relieve y procesos geomorfológicos.

V

Valle aluvial: Depresión alargada formada por la acción erosiva de un río y rellenada por sedimentos.

Velocidad de onda de corte (Vs30): Promedio de la velocidad de ondas sísmicas en los primeros 30 m del suelo.

Z

Zonificación Geotécnica: Clasificación del territorio en unidades que presentan características geotécnicas similares, utilizada para planificación y diseño de obras.

Zonificación sísmica: clasificación de un territorio en zonas según el nivel de peligro o intensidad sísmica esperada, con base en estudios geológicos, sismológicos y geotécnicos.

Referencias

Arevalo Ortiz, C. A., & Vazquez Peña, J. C. (2012). *Caracterización de Unidades de Suelo y Roca en Mapas Ingeniero Geológicos de Escala Mediana y de Detalle. XVI Congreso Peruano de Geología*.

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

Lujan Silva, E. F. (2019). *Microzonificación Sísmica del Distrito de Trujillo*. Universidad Privada Antenor Orrego.

Medina Allcca, L., Luque Poma, G., & Pari Pinto, W. (2012). *Boletín N° 50 Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica*. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico–INGEMMET.

Reglamento de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor. (2022). Decreto Supremo Nº 005-2022-MIDAGRI. Parámetros Edáficos y de Vegetación. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego.

Zink, J. A. (1988). *Physiography and Soils. Soil Survey Courses. Subject matter K6* (ITC Lecture Notes SOL-41). ITC.

Zink, J. A., & Valenzuela, C. R. (1990). Soil geographic database: structure and application examples. *ITC Journal*, (3), 270-294.



Religación

Press

Ideas desde el Sur Global



Religación
Press

ISBN: 978-9907-845-28-0

