

# *Soil zoning for foundation purposes in a population center in the Selva Alta del Huallaga, Peru*

Aramis Raúl Altamirano Guerrero, Bachiller<sup>1</sup>, Jeysi Marlleth Casas Alvarado, Bachiller<sup>1</sup>,  
Marco Antonio Cerna Vásquez, Magíster<sup>1</sup>, Segundo Eloy Soto Abanto, Doctor<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad César Vallejo (UCV). Trujillo, Perú. [araltamiranog@ucvvirtual.edu.pe](mailto:araltamiranog@ucvvirtual.edu.pe),  
[casasajm@ucvvirtual.edu.pe](mailto:casasajm@ucvvirtual.edu.pe), [mcernav@ucvvirtual.edu.pe](mailto:mcernav@ucvvirtual.edu.pe), [ssotoa@ucv.edu.pe](mailto:ssotoa@ucv.edu.pe)

**Abstract** – *The population growth, access to services to achieve a better quality of life, access to employment, and other factors have caused rapid urbanization in unsuitable and overcrowded areas in Latin American countries. The 2030 agenda aims to achieve sustainable cities and communities that offer amenities and safety based on construction and planning requirements in line with regional and national development. This motivated the study of a populated area in the Peruvian jungle, conducting a geotechnical zoning of soils based on their chemical, physical, and mechanical properties. Twelve strategically distributed soil pits were excavated in the study area according to the technical requirements of Soil and Foundation standard E050, and this was complemented by six laboratory tests, the most important of which were the Direct Shear and Modified Proctor tests. Based on these, soil types were identified as low and high plasticity clay (CL and CH) and low and high plasticity silt (ML and MH). The Standard Proctor test determined that the maximum density is within the range of 1.598 to 1.933, and the Direct Shear test determined that they exceed the minimum regulatory value of 0.50kg/cm<sup>2</sup>. Regarding the soluble salt analysis, a minimum percentage of salinity was found. Soil zoning maps were developed, and it was concluded that the study area in the Peruvian High Jungle is suitable for constructing buildings no taller than three floors. Additionally, due to its low salinity, the soil can be used as a material for construction using Portland Type I cement*

*Keywords: Population growth, urban area, soil, jungle*

**Digital Object Identifier:** (only for full papers, inserted by LACCEI).  
**ISSN, ISBN:** (to be inserted by LACCEI).  
**DO NOT REMOVE**

# Zonificación de suelos para fines de cimentación en un centro poblado de la Selva Alta del Huallaga, Perú

Aramis Raúl Altamirano Guerrero, Bachiller<sup>1</sup>, Jeysi Marlleth Casas Alvarado, Bachiller<sup>2</sup>,  
Marco Antonio Cerna Vásquez, Magíster<sup>3</sup>, Segundo Eloy Soto Abanto, Doctor<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidad César Vallejo (UCV). Trujillo, Perú. araltamiranog@ucvvirtual.edu.pe,  
casasajm@ucvvirtual.edu.pe, mcernav@ucvvirtual.edu.pe, ssotoa@ucv.edu.pe

**Resumen – El crecimiento poblacional, el acceso a servicios para alcanzar una mejor calidad de vida, el acceso al empleo y otros factores han provocado una rápida urbanización en sitios inadecuados y sobrecargados en países de América Latina. En la agenda 2030 se tiene como meta alcanzar ciudades y comunidades sostenibles que ofrezcan las comodidades y seguridad basados en exigencias constructivas y de planificación acorde con el desarrollo regional y nacional. Esto motivó estudiar a un centro poblado de la selva peruana, realizando una zonificación geotécnica de suelos a partir de sus propiedades químicas, físicas y mecánicas. Fueron doce calicatas realizadas y distribuidas de manera estratégica en la zona de estudio según las exigencias técnicas de la norma E050 de Suelos y Cimentaciones, esto fue complementado por seis tipos de ensayos de laboratorio, siendo los más importantes el ensayo de Corte Directo y Proctor Modificado. A partir de estos se obtuvo los tipos de suelos: arcillosos de baja y alta plasticidad (CL Y CH) y suelos limosos de baja y alta plasticidad (ML Y MH). Con el ensayo del Proctor estándar se determinó que su máxima densidad está dentro del rango de 1.598 a 1.933, así como, con el ensayo del corte directo se determinó que superan el valor mínimo normativo de 0.50kg/cm<sup>2</sup> y con respecto al análisis de sales solubles se comprobó que existe un porcentaje mínimo de salinidad. Se elaboraron los mapas de zonificación de suelos. Se concluyó que la zona de estudio en la Selva Alta del Perú es apta para realizar construcciones no mayores de tres pisos, asimismo por su baja salinidad se puede utilizar como material para construcción el cemento “Portland tipo I”.**

**Palabras claves-** Crecimiento demográfico, Zona urbana, Suelo, Selva.

## I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años la población se ha incrementado, superado los 8 mil millones de habitantes, siendo el 8,3% de América Latina y el Caribe. Ésta ha presentado un crecimiento significativo en los últimos setenta años, desde 168 millones en 1950 a 660 millones en 2022. En los próximos treinta años se espera que la región registre su valor máximo superando los 750 millones [1].

En la agenda 2030 sobre el desarrollo sostenible, en el objetivo de desarrollo sostenible (ODS) número 11 contempla lo siguiente: “Lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles”, se tiene entre sus metas el asegurar el acceso de la población a viviendas y servicios básicos; y aumentar la urbanización inclusiva y sostenible [2].

En el Perú se refleja un incremento sustancial de la población. En el año 2010 se registraba 29 millones de habitantes y en el 2022 se alcanzó los 33 millones 35 mil 304 habitantes. Actualmente se tiene estimaciones que la población peruana se incrementará hasta los 34 millones al año 2025 [3], lo que conlleva a que los pobladores busquen lugares donde vivir, edificando sus viviendas en asentamientos humanos y centros poblados donde no se tienen los estudios adecuados y los conocimientos de la calidad y características del suelo de fundación.

Lo antes mencionado trae como consecuencia el aumento de edificaciones, creando metas y desafíos en el hombre para tomar decisiones y realizar los estudios de zonificación de suelos que son empleados como base para la estructuración de una obra civil. Todo esto frente a las necesidades del orden y planificación de la utilización del espacio optimizando, el empleo de recursos naturales que reduzcan la vulnerabilidad y encontrando la mejor alternativa que sea compatible con el desarrollo social y económico.

El estudio del comportamiento de los suelos es un tema de mucha prioridad e importancia para el mundo de la construcción. Se evidencia a nivel internacional la existencia de un sinnúmero de investigaciones relacionadas a las propiedades físicas, mecánicas y químicas que desarrolla el suelo, con la finalidad realizar una construcción civil adecuada y que en un futuro no presente daños.

Diversos investigadores están contribuyendo al conocimiento de propiedades de diseño y estructuración acerca del suelo. Uno de los tipos del suelo más complejo es cuando tiende a ser expansivo, debido a que este tipo se hincha y luego se contrae generando grietas en la cimentación de las estructuras; de forma frecuente estos presentan contenidos coloidales altos, con un alto contenido en su límite líquido y un índice alto de plasticidad. Asimismo, suelen ser de orígenes variados, duros en estados secos, pero que luego se tornan blandos cuando absorben agua y ejercen gran presión de expansión; sus permeabilidades son bajas cuando el suelo tiene fisuras, cuando se encuentra en estado seco y el agua circula por una grieta abierta.

El suelo presenta múltiples características ya que no tiene homogeneidad y su perfil es distinto en cada punto. De igual forma, presenta diversa tipología ya que son productos de diversos procesos de formaciones productos de las sedimentaciones, deposiciones eólicas, meteorización y residuos orgánicos. Otros factores que inciden en la

**Digital Object Identifier:** (only for full papers, inserted by LACCEI).  
**ISSN, ISBN:** (to be inserted by LACCEI).  
**DO NOT REMOVE**

problemática del suelo, corresponde al aspecto climatológico, ya que en periodo de lluvia los suelos absorben el agua que suele aparecer en los incrementos de niveles freáticos, sufriendo aumento de sus volúmenes, y en la temporada de sequías, reducen la disminución de su volumen debido a que existe vegetación de árboles aledaños que absorben el agua que está depositada en los suelos, y tienden a secarse de forma abrupta generando hundimiento consecuentemente a las construcciones cercanas. Se debe hacer mención que, en el país, se tiene una afectación adicional por el tema sísmico por encontrarse frente dos placas tectónicas Nazca y Sudamericana. Es por ello, la importancia en Ingeniería Civil de realizar investigaciones sobre la zonificación del suelo.

A raíz de lo mencionado anteriormente se formula el siguiente problema: ¿Cuál es la zonificación de suelos para fines de cimentación del centro poblado de Nuevo Sacanche? Teniendo como objetivo general elaborar una propuesta modelo de zonificación para que sea utilizada en toda la región San Martín.

### III. MARCO TEÓRICO

#### A. Antecedentes

En la referencia [4] se determinó la capacidad de carga del suelo en una ciudad ecuatoriana, con la ayuda de un software de análisis estructural se identificó la relación de la capacidad de carga del suelo con los cimientos estructurales y utilizando la norma NEC 2015 se obtuvo los asentamientos de una fundación deformable de la interacción del suelo – estructura. Se utilizó los ensayos de resistencia, métodos de obtención de resultados y observación de la zona con los cuales se verificó la estabilidad de la estructura y a través de una clasificación de suelos, con el método del SUCS se identificó un suelo limoso arenoso con contenidos de humedad bajo y en otros sectores se encontró limos de baja plasticidad y de humedad alta recomendando hacer una cimentación profunda para evitar los suelos inestables.

En la referencia [5], realizada en Colombia, se analizó el grado de expansividad del suelo. Asimismo, se empleó un tipo de estudio descriptivo con enfoque cuantitativo, se realizaron ensayos de tamaño de partículas y granulometría por hidrómetro. Se obtuvo, un índice alto de expansión, un índice de plasticidad en un 50%. Se concluyó que, a mayor índice de plasticidad y límites de contracción, el suelo posee un gran potencial de expansividad por ello es de gran importancia el estudio de suelos para conseguir detecciones a tiempo sobre la presencia del tipo de suelo expansivo, antes de la realización de un proyecto de ingeniería.

En la referencia [6], desarrollada en España, se relacionó a través de técnicas, el límite líquido a través de la prueba de la copa de Casagrande. En el proceso de investigación se reunieron 113 muestras para determinar el tipo de suelo con plasticidad media a baja. Se compararon los resultados dando 113 datos de un suelo fino con plasticidad de media a baja. Se concluyó que el algoritmo *extra-trees* es el mejor método para relacionar el límite líquido.

En la referencia [7] realizada en el Ecuador, se establecieron las cantidades de polímeros óptimos para la estabilización del suelo expansivo del distrito de Guayas. Se utilizó un tipo de estudio descriptivo – aplicativo. Se tomó de muestra tres localizaciones de la zona de estudio, como resultado se obtuvo que el límite líquido disminuyó en razones de 21.40, 36.39 y 30.39%. No obstante, en las tres muestras realizadas, el índice de plasticidad fluctuó entre 50.70, 39.20 y 32.17%. Se concluyó que los ensayos realizados para medir la expansión libre son grandes indicadores en la evaluación de las capacidades de incremento de los volúmenes del suelo y la misma capacidad que presenta el polímero para eludir estas acciones.

A nivel nacional también se encontraron algunos aportes, entre estos se destaca a:

La referencia [8], determinó la capacidad de carga del suelo en la ciudad capital del distrito de Catilluc en Cajamarca y brindar seguridad a su proceso de expansión. Asimismo, se desarrollaron veinte calicatas para determinar las características del suelo, haciendo uso de la teoría de Karl Terzaghi se lograron tres zonas bien definidas. La primera de ellas presentó un suelo areno limoso, en la segunda zona se identificó un suelo de arcilla orgánica y por último en la tercera zona se dio como resultado una arcilla orgánica, una arcilla inorgánica de alta plasticidad y un limo inorgánico con alta plasticidad. Se concluyó que en la primera y en la segunda zona era admisible para la urbanización y la expansión de la ciudad capital del distrito de Catilluc.

En la referencia [9] se realizó un estudio de suelos para encontrar la capacidad portante en la Ciudad de Satélite en Huacho. En esta zona acontecían problemas de asentamiento diferencial y otros problemas de cimentación, para esto se realizó 10 calicatas de la mano con sus respectivas fichas de ensayo clasificando el suelo por el método de SUCS dando como resultado una gran parte como suelo arenoso limoso y el resto como arena mal graduada de alto contenido de sulfatos. En conclusión, se recomendó utilizar el cemento tipo V para las cimentaciones y no expandir por la zona del litoral por el alto contenido de sulfatos y asentamientos diferenciales.

En la referencia [10] se desarrolló un estudio del suelo buscando sus características físicas, químicas y mecánicas mediante ensayos en el Distrito de Monsefú - Chiclayo, haciendo uso de la NTP, a fin de determinar el aporte que genera una zonificación del suelo para su respectiva cimentación de viviendas y posteriormente se realizó un mapa de zonificación. El resultado de esta investigación según sus propiedades físicas, a través de un estudio de contenido de humedad dio como resultado una baja plasticidad. Además, presentó arenas arcillosas y arcillas de alta plasticidad. Según sus propiedades químicas, a través de un estudio de sales solubles y la ACI, se consideró que la salinidad en la mayor parte no es perjudicial. Por último, según sus propiedades mecánicas, a través de un estudio de *corte directo* encontró una capacidad portante admisible.

En la referencia [11], se estableció los efectos del suelo expansivo en las cimentaciones de las edificaciones de las expansiones urbanas del Distrito de Nepeña - Santa. Además, su investigación tuvo enfoque cuantitativo. Se utilizó como técnica a la observación y se consideró una muestra de 115 viviendas contiguas a las expansiones urbanas de Nepeña. Como resultados se obtuvo que la zona de estudio presentó tres tipos de suelo que fueron: arena mal graduada con gravas (SP), arena con limo (SP-SM) y arena arcillosa (SC-SM). Se concluyó que el tipo de suelo expansivo si produce un efecto en la cimentación de la vivienda en la cual es posible realizar mejoramientos del suelo expansivo agregándole cal.

En la referencia [12], desarrollado en la región San Martín, se realizó un estudio en Juan Guerra, a fin de obtener la carga admisible del suelo y utilizó los métodos empíricos de Karl Terzaghi. Se hicieron los estudios de granulometría, límites de consistencia y densidad del suelo con lo que se llegó a conocer la capacidad de carga y el suelo; la clasificación fue por el método de SUCS, determinando arcilla de alta y mediana plasticidad; arenas arcillosas, limosas y mal graduadas y por último gravas más graduadas. Se trabajó en cuatro zonas: la zona 1 estuvo conformada por suelos arcillosos de plasticidad alta, la zona 2 estuvo conformada por arenas limosas, arenas mal graduadas y gravas mal graduadas, la zona 3 estuvo conformada por arenas arcillosas y arenas limosas arcillosas y, por último, la zona 4 estuvo conformada por suelos arcillosos de baja plasticidad (p.22-26).

En la referencia [13] se determinó la capacidad portante a fin de identificar las zonas inestables del asentamiento humano Satélite en la región de San Martín. Asimismo, se desarrollaron ensayos de laboratorio tales como su contenido de humedad, sus límites de consistencia, el análisis granulométrico, la densidad de campo y el corte directo. Para luego, clasificar los suelos por el método de SUCS, dando como resultante arcilla fina con bajo porcentaje de humedad, se determinó 2 zonas geotécnicas bien marcadas: zona 1, se desarrollaron 11 calicatas dando la capacidad para máximo viviendas de 3 pisos de altura y en la zona 2 se realizaron 9 calicatas dando la capacidad para máximo casas unifamiliares de 2 pisos de altura.

En la referencia [14] se desarrolló una zonificación de la capacidad de soporte del suelo en Villa Autónoma de la Banda de Shilcayo en la región de San Martín. Esta investigación fue descriptiva, aplicada, de diseño no experimental - transversal. Se desarrolló 18 calicatas de 3 metros de profundidad para clasificar de suelo y su capacidad de soporte para obtener un mapa de zonificación con estas propiedades del suelo desarrollando diversos ensayos y clasificado los por el método de SUCS, se encontró arcilla inorgánica de baja plasticidad, arena arcillosa y limosa. Luego se desarrolló sus propiedades mecánicas dando 2 zonas, la primera inferior a  $1\text{kg/cm}^2$  y la segunda superior a  $1\text{kg/cm}^2$ , por último, desarrolló el plano de zonificación a partir de sus vías de tránsito, así como lo demanda el Decreto Supremo, concluyendo que la zona es habitable, pero se debe desarrollar una cimentación adecuada

como lo demanda la norma E050 para el proceso constructivo de las viviendas.

En la referencia [15] se desarrolló una zonificación de la capacidad portante de San Francisco del Río Mayo para identificar los tipos de suelos y su capacidad de carga y así elaborar un plano de zonificación para utilizarlo como material de fundación y evitar posibles problemas de cimentación. Así es como se aplicó la Norma E050 y los ensayos de laboratorio respectivos, tales como, el contenido de humedad, los límites de consistencia, el análisis granulométrico, la densidad, la triaxialidad. Dándose así la clasificación de suelos por el método SUCS. Asimismo, se desarrollaron 15 calicatas dando 2 zonas bien definidas la primera presentó un suelo arcilloso inorgánico de baja plasticidad y la segunda presentó un suelo arcilloso inorgánico con baja humedad.

En la referencia [16] estableció los impactos de estabilizadores químicos en suelos expansivos de la ciudad de Trujillo. Tipo de estudio experimental, se empleó la técnica de observación en una muestra de calicatas localizadas en diferentes sectores de la Urb. Santa María. Asimismo, se obtuvo como resultados, que el tipo de suelo encontrado en los análisis fueron de tipo arcilloso de bajo índice de plasticidad, densidad seca a 1.90 en control, 2.17 en suelo con cal al 10% y 2.20 de muestra con cal al 8%  $\text{gr/cm}^3$ . Se concluyó que los estabilizadores como la cal influyen de forma positiva en la propiedad mecánica del suelo expansivo, que depende de las densidades del suelo, humedades, y capacidades de cargas.

En la referencia [17] se elaboró la zonificación de suelos del Centro el Poblado el Milagro y se estableció como esto influye en la determinación de propiedades físicas y mecánicas. Se realizó una investigación de enfoque cuantitativo y de tipo descriptivo. Se tuvo como muestra, tres calles de la zona de estudio y, se obtuvo como resultado que el suelo tiene una capa granular de grava bien graduada con humedad mediana y una capacidad de carga de hasta  $15.75\text{ kg/cm}^2$ . Se concluyó que el estudio de zonificaciones si influyen en la determinación de las propiedades mecánicas como física.

### *B. Conceptos*

Dentro de los dispositivos legales a emplear en la implementación de propuestas de urbanización se tiene a la zonificación. Para su realización se requiere de pre requisitos como el plan de usos de suelo, trata del uso del suelo y la intensidad de su uso de manera generalizada [18]. Esta zonificación se centra en el contexto de la planificación territorial de manera sistemática considerando la percepción del territorio y sus procesos [19].

Entre los tipos de zonificación se destaca a la urbana, que es considerada como una técnica de organización del espacio físico y del buen uso del suelo mediante estándares sociales y técnicos. Esta zonificación tiene como propósito que las ciudades crezcan de manera ordenada, contemplando los derechos de la población, el crecimiento económico, y las necesidades básicas de los ciudadanos [20].

### III. METODOLOGÍA

El proceso de zonificación se realiza considerando estas cuatro fases [21]:

Fase 1: Recopilación y análisis de la información existente. Existe mucha información actualizada en repositorios académicos, así como en los gobiernos regionales y locales, que debe ser contrastada con la realidad

Fase 2: Investigación de campo. La visita técnica al área de estudio consolida las ideas y metas establecidas.

Fase 3: Ensayos de laboratorio. Las muestras del suelo de fundación se evalúan y se determina sus características físicas y mecánicas en cumplimiento a los procesos y exigencias normativas ASTM y EG2013.

Fase 4: Procesamiento y análisis de resultados. Con toda la información recolectada se hacen las evaluaciones individuales y colectivas en gabinete.

En la ingeniería geotécnica se encuentran diversas clases de suelos, que presentan características especiales, que provoca problemas y retos a la ingeniería. Estos pueden dividirse en cinco tipos: *expansivos*, aquellos que se descontran o expanden dado a los cambios en su contenido de humedad; *los colapsables*, que tienen un origen eólico, su estructura está ligeramente cementada por sales acarreadas por la brisa marina; *los orgánicos*, de gran compresibilidad y bajo esfuerzo cortante, provoca problemas de asentamientos e inestabilidad; *dispersivos*, son susceptibles a la separación de las partículas individuales y a la posterior erosión a través de grietas en el suelo bajo la filtración de flujos y *rellenos sanitarios* [22]. Las cimentaciones construidas en suelos de tipo expansivo, independiente al conocimiento de sus características, se someten a grandes problemas de agrietamiento y ruptura de la cimentación por las grandes fuerzas de expansión que presentan [23]. Estas grietas, se caracterizan por su *asentamiento puntual*, que se muestran como una “V” invertida, abierta desde su base. Entre otras se tiene las de *asentamiento puntual por apertura superior en “V”*, por *asentamiento puntual por cortante*, los cuales se presentan de manera horizontal; *asiento continuo*, que se presentan de manera horizontal arqueada, *de empujes verticales*, las que originan curvaturas fuera del plano con grietas horizontales [24]. El presente estudio requiere de ensayos normativos como el Proctor, el cual se emplea a fin de determinar la relación entre la densidad y la humedad de compactación de los materiales a utilizar tanto en explanadas como en capas granulares de firmes. Existen dos tipos de ensayos Proctor, el normal y el modificado, cuyos procedimientos son similares, y su diferencia se centra en los valores de los parámetros básicos [25]. El ensayo de corte directo consiste en colocar el espécimen de una caja de corte directo (CD), en la cual se aplica un esfuerzo normal determinado, con una humedad característica, para lo cual se drena el espécimen de ensayo, consolidando el espécimen bajo el esfuerzo normal, soltando los marcos que contiene la muestra y desplazado un marco horizontalmente respecto al otro, considerando una velocidad constante de deformación, midiendo la fuerza de corte y los desplazamientos horizontales a medida que la muestra es llevada a la falla [26].

#### A. Área de Estudio

Se encuentra ubicado en la región de San Martín, provincia de Huallaga, distrito de Piscocoyacu, en el centro poblado de Nuevo Sacanche - Selva Alta. El centro poblado de Nuevo Sacanche tiene un área de 12 hectáreas, a una altura de 544.84 m.s.n.m. y cuenta con aproximadamente 170 viviendas particulares, de las cuales en su gran mayoría son viviendas construidas de madera y son pocas las viviendas construidas a base de ladrillo y cemento. Los datos oficiales de las estaciones del levantamiento topográfico fueron solicitados a la municipalidad de Nuevo Sacanche. Con la información de la libreta electrónica de las coordenadas del levantamiento topográfico se elaboró el plano topográfico en Autodesk Civil 3D para obtener las curvas de nivel. Cabe mencionar que el equipo investigador validó la información proporcionada por la entidad.

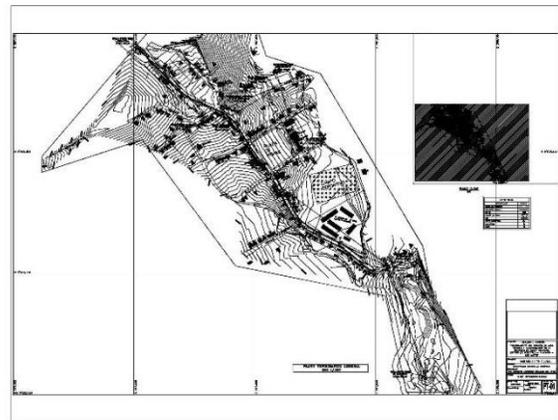


Fig. 1 Curvas de nivel del área de estudio.

#### B. Métodos de procesamiento y análisis

Se realizaron 12 calicatas según las exigencias de la norma de E-050 de Suelos y Cimentaciones, ubicadas en áreas libres disponibles para la investigación. Además, cada una de estas calicatas tuvieron un área de 2 metros de ancho, 1.5 metros de largo y una profundidad de 3 metros.

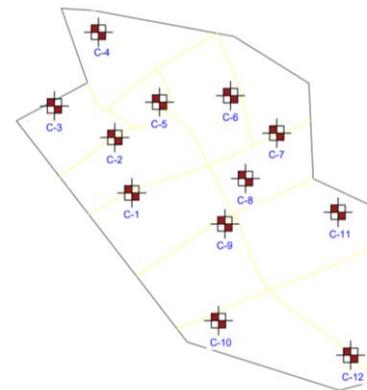


Fig. 2 Ubicación de Calicatas en área de estudio

En laboratorio se desarrolló los ensayos para encontrar las propiedades físicas del suelo: análisis granulométrico (ASTM D422), límites de Atterberg (ASTM D4318) y el contenido de humedad (ASTM D2216); las propiedades mecánicas del suelo: Proctor estándar (ASTM D1557) y el corte directo; las propiedades químicas: sales solubles. Todos estos datos obtenidos se analizaron mediante el uso de hoja de cálculo Excel y posterior, se realizó un mapa de zonificación en una escala de 1:2500 de cada propiedad obtenida.

### C. Procedimientos

Para una correcta ejecución de la investigación se estableció en 5 puntos generales que se describen a continuación:

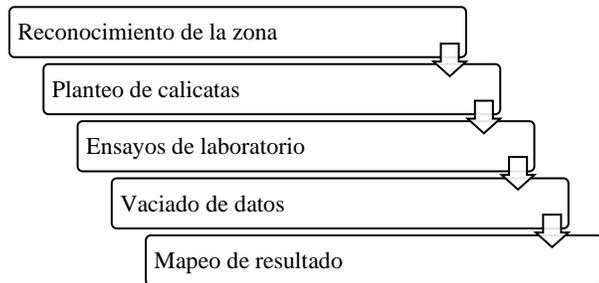


Fig. 3 Procedimiento para el desarrollo de la investigación

1) Se solicitó la ejecución del estudio topográfico y la elaboración del plano catastral del centro poblado de Nuevo Sacanche a la Municipalidad Distrital de Piscoyacu, para luego recopilar datos de la topografía de la zona como demandan los propósitos de la presente investigación.

2) Se plantearon doce calicatas que cubren 1 hectárea cada una según lo demandado en la norma de E-050 de suelos y cimentaciones ubicadas en áreas libres disponibles. Las calicatas tuvieron un área de 2 metros de ancho, 1.5 metros de largo y una profundidad de 3 metros, se utilizaron 4 palos y una cinta de peligro amarillo para delimitar cada una de las calicatas realizadas en la zona de estudio. Se utilizaron: una wincha y cal para marcar la zona a excavar; palas, picos, barretas y baldes para realizar la excavación; plástico, bolsas y parafina para llevar la muestra al laboratorio y proceder con los ensayos respectivos.

3) En el laboratorio se desarrolló los siguientes ensayos para encontrar las propiedades físicas, mecánicas y químicas del suelo:

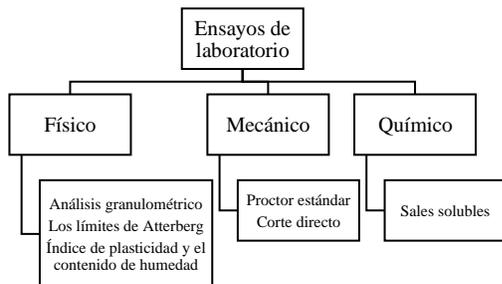


Fig. 4 Ensayos de laboratorio realizados

4) Se trasladaron los datos obtenidos a una hoja de cálculo Excel para obtener los resultados.

5) Se realizó un mapa de zonificación en una escala de 1:2500 de cada propiedad obtenida, tanto físicas, mecánicas y químicas de Nuevo Sacanche obtenida.

### D. Clima

SENAMHI en una investigación titulada “CLIMAS DEL PERÚ, Mapa de Clasificación Climática Nacional” realizada en el 2021 nos dice que Huallaga está ubicado en la Selva Norte del país en donde se presenta un clima tipo B(r)A’ y B(r)B’. Esto quiere decir que presenta un comportamiento lluvioso con humedad abundante en casi todas las estaciones del año y con una temperatura que va de templado a caluroso en el rango de 20°C a 32°C por estar en la región central del departamento de San Martín.

### E. Geomorfología

Según Ramos y Alva (2020) en una investigación al río Huallaga se obtuvo como resultado un relieve homogéneo, no obstante, por los cambios del río ya sea por las grandes precipitaciones, el cambio climatológico, geológica, geomorfológico o la cobertura vegetal obtenemos un relieve variado. Por su orogénesis este pasó por un origen magmático por el movimiento de las placas tectónicas, hasta su solidificación generando grandes colinas. Asimismo, por su fisiografía se diferenciaron 5 unidades fisiográficas como las islas, terrazas bajas, inundables y terrazas de presión causadas por el cambio volumétrico del caudal. Por un lado, según su geodinámica es variable por sus constantes desbordamientos del río, socavaciones y redireccionamiento del río. Por otro lado, según su morfología, se debe a su erosión debido a la humedad constante de la zona, la escorrentía y la sedimentación.

En el lugar de estudio se encuentran suelos de textura arcillosa y limosa de estructura muy fina. Estos son llamados slickensides (barnices de frotamiento) que son partículas expandibles como la montmorillonita, de color amarillento claro y oscuro, rojizo claro y oscuro y de consistencia húmeda por las constantes precipitaciones del lugar.

### F. Requisitos para concretos expuestos a soluciones que contienen sulfatos

Según lo indicado por el comité 318 del ACI y comparando con nuestros resultados iniciales se presenta suelos con una salinidad insignificante con valores en el rango de 0.3% a 0.5%; en base a lo indicado se utilizó el cemento portland Tipo I porque es un cemento de uso General.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### A. Exploración de suelos

En lo que corresponde al nivel freático se puede apreciar, una variabilidad importante en los datos obtenidos, que conlleva en un horizonte más desfavorable a un mayor riesgo de inestabilidad y hundimientos.

TABLA 1  
EXPLORACIÓN DE CAMPO

Código	Profundidad Nivel Freático (m)	Profundidad Cielo Abierto (m)
C-1	2.50	3.00
C-2	1.10	3.00
C-3	N.P.	3.00
C-4	1.50	3.00
C-5	N.P.	3.00
C-6	1.30	3.00
C-7	2.10	3.00
C-8	N.P.	3.00
C-9	2.60	3.00
C-10	1.40	3.00
C-11	1.60	3.00
C-12	N.P.	3.00

De igual forma, se obtuvieron 04 tipos de perfiles estratigráficos (CH, CL, ML, MH) encontrados en la zona de estudio. Se presenta un resumen respectivo:

TABLA 2  
PERFILES ESTRATIGRÁFICOS DEL ÁREA DE ESTUDIO

Calicata	Profundidad	Clasificación	Tipo de Suelo
C-1	0.80-3.00m		High Plasticity Clay
C-2	0.50-1.10m		
C-2	1.10-3.00m		Low Plasticity Slime
C-5	0.80-3.00m		High Plasticity slime
C-6	0.80-3.00m		
C-7	1.10-3.00m		
C-9	0.60-3.00m		
C-3	0.30-3.00m		Low Plasticity Clay
C-4	1.00-3.00m		
C-8	0.50-3.00m		
C-10	1.10-3.00m		
C-11	0.70-3.00m		
C-12	0.60-3.00m		

Al tener una cantidad considerable de calicatas estudiadas (12 lugares) y valores obtenidos (6 ensayos) se presentan un consolidado detallado de los mismos en las tablas 03 y 04.

TABLA 3  
RANGOS DE VALORES DE PROPIEDADES DEL SUELO EN ÁREA DE ESTUDIO

Características	Rango de Resultados	
Físico - Mecánicas – Químicas		
Límite Líquido (%)	40.54 al 71.66	
Límite Plástico (%)	23.21 al 39.70	
Índice de plasticidad (%)	10.83 al 40.90	
Clasificación SUCS	CH, CL, ML, MH	
Clasificación AASHTO	A-7-6, A-6, A-7-5	
Humedad Natural (%)	13.0 al 36.9	
Proctor Estándar	M.D.S	1.598 - 1.933
	H.O (%)	12.45 - 18.80
Sales Solubles (%)	0.03 a 0.05	

TABLA 4  
VALORES DE ENSAYO DE CORTE DIRECTO DEL SUELO EN ÁREA DE ESTUDIO

Calicata	Cohesión "C" (Kg/cm2)	Ángulo de fricción "φ"	Peso específico del suelo "γ" (gr/cm3)
C-1	0.26	15.3°	1.78
C-2	0.12	22.1°	1.83
C-3	0.18	19.5°	1.97
C-4	0.18	20.0°	1.98
C-5	0.23	17.2°	1.81
C-6	0.20	18.7°	1.89
C-7	0.19	18.2°	1.82
C-8	0.21	18.1°	1.83
C-9	0.20	19.8°	1.80
C-10	0.18	20.15°	1.69
C-11	0.16	20.96°	1.68
C-12	0.17	20.37°	1.63

### B. Suelos Colapsables

Según la norma E050 es necesario conocer si los suelos pueden llegar a ser colapsables ya sea al someterse a cargas, al desplazamiento diferencial, hundimiento o al saturarse de líquidos; es obligatorio hacer un estudio de mecánica de suelos para conocer el potencial de colapso comparando el límite líquido y la máxima densidad seca del suelo.

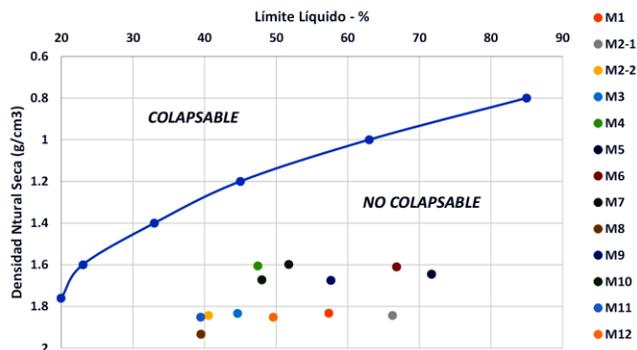


Fig. 5 Criterios de potencial de colapso.

Los resultados obtenidos de los suelos de fundación en el centro poblado de Nuevo Sacanche son no colapsables ante un incremento de carga, humedecimiento o saturación de líquidos por ende como menciona en la norma E050, es apto para cimentación.

### C. Expansividad de Suelos

Cuando se cuentan con suelos expansivos es necesario analizar el cambio de volumen que puede generarse al humedecerse o saturarse de líquidos, para esto es obligatorio realizar un estudio de aquellos suelos que contengan un límite líquido mayor a 50%. Este análisis tuvo la finalidad de evaluar el grado de expansión del suelo cohesivo en función de sus partículas (menores a 2  $\mu\text{m}$ ) encontrado en la granulometría y su índice de plasticidad

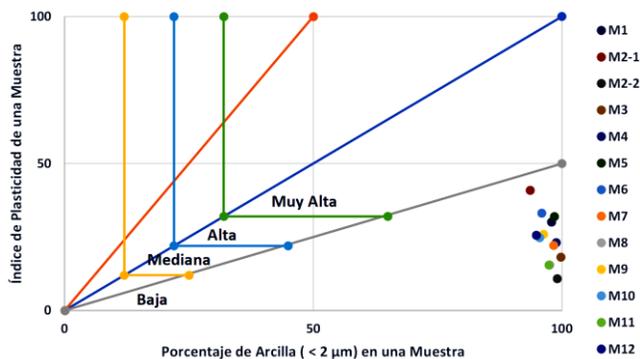


Fig. 6 Clasificación de cambio de potencial de volumen.

Según los datos obtenidos, representados en la imagen anterior el grado de expansividad de los suelos es bajo por ende es apto para cimentaciones.

### D. Licuación de Suelos

En la norma E050 nos da como obligatoriedad evaluar la licuación de suelos que se encuentran en el centro poblado de Nuevo Sacanche. En esta investigación se encontró suelos finos y cohesivos, por lo tanto, es importante analizar las condiciones planteadas en la norma.

En la primera condición nos indica que las partículas más finas no pueden ser menores al 15%. No obstante, también explica que si el contenido de arcilla es mayor al 20% considerar que este no es licuable. Los resultados obtenidos presentan valores favorables en el rango de 93.6% a 99.7%

En la segunda condición explica que si el límite líquido del ensayo del límite de consistencia es menor que el 35% entonces este será licuable. Así que, al comparar nuestros resultados estos se encuentran entre el 39.43% y el 71.66% superando el antes mencionado.

Por último, en la tercera condición podemos encontrar que, si el contenido de humedad es mayor al 0.9LL entonces el suelo se considerará licuable. Según lo expuesto en la tabla 05, las muestras del suelo analizado son no licuables.

TABLA 5  
COMPROBACIÓN DE LICUACIÓN DE LOS SUELOS

Muestra	Límite líquido	0.9*LL	Contenido de humedad	Resultado
M1	57.39	51.65	16.20	No Licuable
M2-1	66.22	59.60	12.45	No Licuable
M2-2	40.54	36.49	12.45	No Licuable
M3	44.58	40.12	14.95	No Licuable
M4	47.43	42.69	18.80	No Licuable
M5	71.66	64.49	17.00	No Licuable
M6	66.82	60.14	15.15	No Licuable
M7	51.75	46.55	15.00	No Licuable
M8	39.51	35.56	14.90	No Licuable
M9	57.65	51.89	15.05	No Licuable
M10	48.00	43.20	16.86	No Licuable
M11	39.43	35.49	14.90	No Licuable
M12	49.57	44.61	15.50	No Licuable

### E. Planos de Zonificación

Teniendo en consideración la exploración de suelos realizada y los ensayos de las muestras obtenidas en campo, se elaboró un plano según las propiedades física del suelo, como se detalla a continuación:

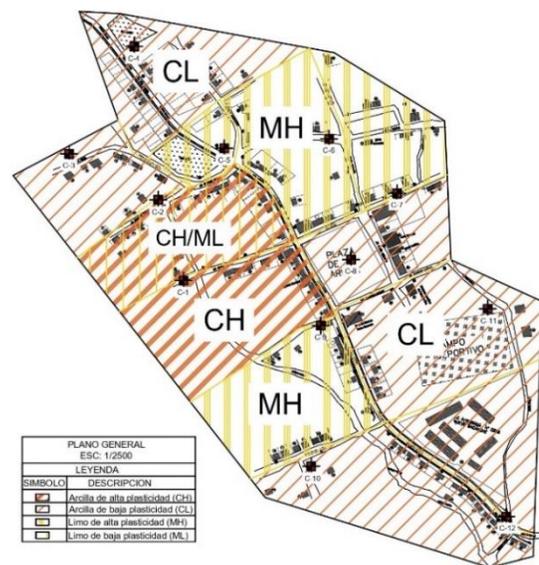


Fig. 7 Plano de propiedades físicas del suelo.

En el estudio realizado por Astocondor (2020) en suelos de arenas arcillosas y arcillas de alta plasticidad estableció no considerarse una cimentación directa en estos tipos de suelos.

Es importante recalcar que en los trabajos realizados por Ayala (2017) y Rivera (2020) en los suelos expansivos se podría incluir el uso de polímeros o aditivos químicos para la estabilización del suelo. De igual forma, se elaboró el plano de propiedades mecánicas del suelo, donde se recalca que la capacidad admisible de los diversos puntos de análisis, superan el valor de 0.50 kg/cm<sup>2</sup>, considerándose aceptable y por lo tanto una zona que puede ser habitable.

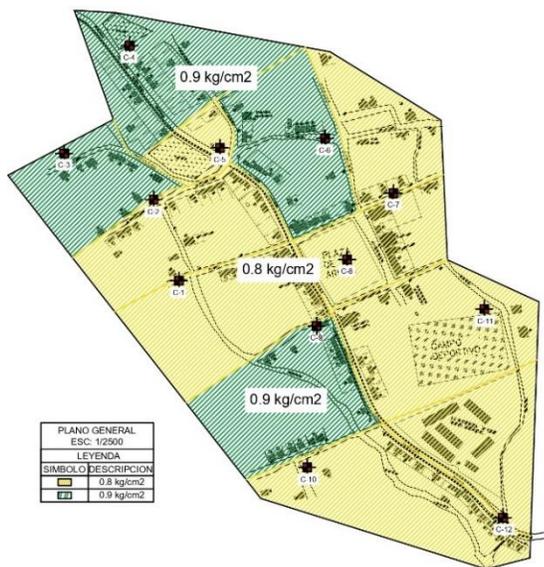


Fig. 8 Plano de propiedades mecánicas del suelo.

En comparación con la investigación realizada por Vigil (2017), se realizaron estudios profundos con el sustento del ensayo de corte directo, recomendándose construcciones de vivienda para un máximo de 2 o 3 pisos de altura. Teniendo en cuenta la salinidad que se encuentran en los suelos, se elaboró el plano de propiedades químicas del suelo, como se muestra a continuación.

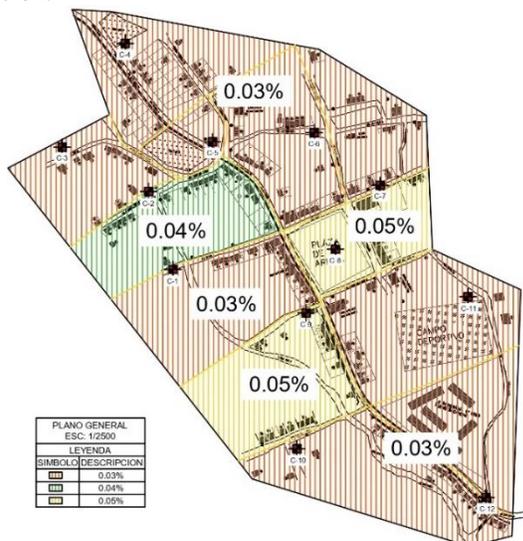


Fig. 9 Plano de propiedades químicas del suelo.

Los resultados obtenidos nos presentan una clara perspectiva que el grado de salinidad que tiene el suelo de estudio es bajo, por lo cual, se puede considerar en los diseños de mezclas el uso del cemento Portland Tipo I. En comparación con la investigación de Morales (2019) en suelos cerca al litoral por el alto contenido de sulfatos y sales, se debe utilizar en el diseño de cimentaciones el cemento tipo V en esta zona.

## V. CONCLUSIONES

En cuanto a las propiedades físicas, se estableció que los tipos de suelos corresponde a arcillas de baja y alta plasticidad (CL y CH) y limos de alta y baja plasticidad (ML y MH), presentando un índice de plasticidad en el rango de 10.83% y 40.90%. En lo que corresponde a las propiedades mecánicas, considerando el ensayo de corte directo se tiene una capacidad admisible dentro del rango de 0.80 y 0.90 kg/cm<sup>2</sup>, siendo estos valores mayores a la que nos exige la norma E.050 de suelos y cimentaciones que es de 0.50 kg/cm<sup>2</sup>, mediante la teoría de Karl Terzaghi, en caso de fallas locales en cimentaciones. Considerando las propiedades químicas, mediante el ensayo de salinidad se obtuvo un rango de 0.03% a 0.05%, siendo estos valores bajos, por lo que se puede optar por el uso de un cemento normal para el diseño de cimentaciones en la zona de estudio.

Con la investigación realizada se tendrá una base para la réplica en diversas zonas de la selva peruana, con la visión que los pobladores tengan el conocimiento adecuado sobre la caracterización de los suelos y puedan proponer futuros proyectos seguros y en cumplimiento de la normatividad vigente.

Es necesario que la aplicación de esta metodología utilizada se masifique y estandarice para conocer las características de los suelos, dado al crecimiento poblacional en el Perú y LATAM, y cumplir lo esperado en la agenda 2030 (ODS) – desarrollo sostenible o (ODS) número 11: “Lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles”

## VI. REFERENCIAS

- [1] Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPAL, “Tendencias de población en América Latina y el Caribe”, 2022, <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/48478>
- [2] Naciones Unidas, UN. “Objetivo 11: Lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles”, 2023, <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/cities/>
- [3] Instituto Nacional de Estadística e Informática, INEI. “Información estadística: Población total al 30 de junio de cada año, según departamento, 1995-2025”, 2009, <https://sinia.minam.gob.pe/download/file/fid/39452>
- [4] J. Garcés, y M. Castillo, “Estudio de zonificación en base a la determinación de la capacidad portante del suelo en las cimentaciones de las viviendas del casco urbano de la Parroquia la Matriz del Cantón Patate Provincia de Tungurahua”, 2017, *Repositorio de la Universidad Técnica de Ambato*, 2017, <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/25755>.
- [5] J. Pérez, y J. Orjuela, “Análisis de la expansividad en suelos bentoníticos”, *Repositorio de la Universidad Católica de Colombia*, 2018, <https://hdl.handle.net/10983/22861>
- [6] E. Díaz, J. Pastor, Á. Rabat, and R. Tomás. “Machine learning techniques for relating liquid limit obtained by Casagrande cup and fall cone test in low-medium plasticity fine grained soils”, *Engineering Geology*, Vol 294, 2021, <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2021.106381>

- [7] G. Ayala, "Estabilización y control de suelos expansivos", *Repositorio de Universidad de Especialidades Espíritu Santo*, 2017, <http://repositorio.uees.edu.ec/handle/123456789/1945>
- [8] W. Hernández, y H. Torres, "Expansión urbana y zonificación de la capacidad portante del suelo en el ámbito periurbano de la ciudad capital del distrito de Catilluc, provincia San Miguel, región Cajamarca 2019", *Repositorio de la Universidad Privada del Norte*, 2019, <https://hdl.handle.net/11537/27749>
- [9] K. Morales, "Zonificación mediante el sistema unificado de clasificación de suelos y capacidad portante para la construcción de viviendas unifamiliares en la Ciudad Satélite - Huacho 2019", *Repositorio de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión*, 2019, <http://repositorio.unjpsc.edu.pe/handle/UNJFSC/3232>
- [10] D. Astocondor, "Estudio de zonificación de los suelos para fines de cimentación superficial del sector Pómape del Distrito de Monsefú - Chiclayo", *Repositorio de la Universidad de San Martín de Porres*, 2020, <https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/7468>
- [11] V. Sánchez, "Efectos del suelo expansivo en las cimentaciones de las viviendas en la Expansión Urbana del Distrito Nepeña - 2017", *Repositorio de la Universidad César Vallejo*, 2017, <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/12243>
- [12] L. Rosales, "Determinación de la capacidad portante de los suelos para establecer la zonificación en la localidad de Juan Guerra - 2017", *Repositorio de la Universidad Cesar Vallejo*, 2017, <https://hdl.handle.net/20.500.12692/31698>
- [13] R. Vigil, "Zonificación de la capacidad portante del suelo en el Asentamiento Humano Satélite, Distrito de la banda de Shilcayo, Provincia de San Martín", *Repositorio de la Universidad Nacional de San Martín*, 2017, <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/25755>
- [14] A. Ore, "Zonificación de la capacidad portante del suelo de la localidad de Villa Autónoma del distrito de la Banda de Shilcayo - provincia de San Martín - región San Martín", *Repositorio de la Universidad Nacional de San Martín*, 2019, <http://hdl.handle.net/11458/4121>
- [15] W. Sánchez, "Zonificación de la Capacidad Portante del Suelo para construcción de Edificaciones en la Localidad de San Francisco del Río Mayo, Distrito de Cuñumbuque, Provincia de Lamas, Departamento de San Martín", *Repositorio de la Universidad Nacional de San Martín*, 2019, <https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/3318>
- [16] I. Rivera, "Impacto de los estabilizadores químicos en las propiedades mecánicas de un suelo expandible en la urbanización Santa María Trujillo", *Repositorio de la Universidad Privada de Trujillo*, 2020, <http://repositorio.uprit.edu.pe/handle/UPRIT/343>
- [17] I. Carranza, y A. Ponce, "Estudio de zonificación geotécnica en el sector III del Centro Poblado el Milagro para el diseño de cimentaciones superficial", *Repositorio de la Universidad Privada Antenor Orrego*, 2017, <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/3559>
- [18] P. Acuña, "La zonificación y el uso del suelo", *Hatun Llaqta Urbano Perú*, 2006, <http://www.ipdu.pe/documentos/articulos/zonificacionyusodesuelo.pdf>
- [19] Y. Vásquez, "Estudio de zonificación del suelo con fines de pavimentación de la habilitación urbana Yencala León 2, distrito de Mórrope, provincia de Lambayeque, departamento de Lambayeque", *Repositorio de la Universidad Pedro Ruiz Gallo*, 2020, <https://hdl.handle.net/20.500.12893/8723>
- [20] S. Quiquia, "Zonificación Urbana: Instrumento para el Ordenamiento de la Economía Local", *Repositorio de la Pontificia Universidad Católica del Perú*, 2018, <http://hdl.handle.net/20.500.12404/13956>
- [21] J. Soriano, "Estudio de suelos para la zonificación geotécnica del camino", *Repositorio de la Universidad de Chiclayo*, 2019, <http://repositorio.udch.edu.pe/handle/UDCH/935>
- [22] Z. Aguilar, "Suelos problemáticos", *Centro Peruano Japonés de Investigaciones sísmicas y mitigación de desastres - UNI*, s.f., <https://www.academia.edu/17014194/02>
- [23] W. Gutiérrez, "E050-Suelo y cimentaciones CE.020 Estabilización de Suelos y Taludes", *Dirección Nacional de Construcción*, <http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/difusion/eventos/2011/puno/4.%20INGENIERIA%20GEOTECNICA%20EN%20EDIFICACIONES.pdf>
- [24] V. Sánchez, "Efectos del suelo expansivo en las cimentaciones de las viviendas en la Expansión Urbana del Distrito de Nepeña - Propuesta de Solución - 2017", *Repositorio de la Universidad César Vallejo*, 2017, <https://hdl.handle.net/20.500.12692/12243>
- [25] G. López, "Ensayos de compactación en carreteras: Proctor Normal y Modificado", *Universitat Politècnica de Valencia*, 2020, <http://hdl.handle.net/10251/139866>
- [26] C. Patiño, "Análisis de la influencia de la presión de confinamiento en la determinación del ángulo de fricción en la prueba de Corte Directo", *Colecciones digitales Biblioteca UDLAP*, 2006, [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lic/patino\\_r\\_ca/](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/patino_r_ca/)
- [27] Comité ACI 318, "Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-05)", *american concrete institute*, 2005, [https://www.oaxaca.gob.mx/sinfra/wp-content/uploads/sites/14/2016/02/ACI\\_318\\_2005.pdf](https://www.oaxaca.gob.mx/sinfra/wp-content/uploads/sites/14/2016/02/ACI_318_2005.pdf)