





# Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

## INFORME DE SIMILITUD

(Aprobado por Resolución Nro. CU-321-2025-UNSAAC)

El que suscribe, el Asesor Jose Dionicio Cardenas Roque del trabajo de investigación/tesis titulada: Evaluación del peligro y la vulnerabilidad para determinar los niveles de riesgo por sismos de la Institución Educativa de Nivel Inicial N° 532 del Centro Poblado de Morcaconga, distrito de Sangari, provincia de Acumayo del departamento del Cusco

Presentado por: Brizel Lisreth Pineda Lopez con DNI Nro: 76947813

Para optar el título Profesional/Grado Académico de Ingeniero Geólogo

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 02 veces, mediante el Software de Similitud, conforme al Art. 6° del Reglamento para **Uso de Sistema Detección de Similitud en la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 5%

**Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis.**

Porcentaje	Evaluación y acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio	<input checked="" type="checkbox"/>
DEL 11 AL 30%	Devolver al usuario para las correcciones	<input type="checkbox"/>
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley	<input type="checkbox"/>

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto las primeras páginas del reporte del Sistema de Detección de Similitud.

Cusco, 19 de enero de 2026

  
Firma

Post Firma JOSE DIONICIO CARDENAS ROQUE

Nro. De DNI 23.873.595

ORCID del Asesor 0000-0002-5261-419X

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema de Detección de Similitud: 272598546768936

# Brizel Pineda

## EVALUACIÓN DE PELIGRO VULNERABILIDAD PARA DETERMINAR NIVELES DE RIESGO POR SISMOS EDUCATIVA...

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

### Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:546768936

Fecha de entrega

16 ene 2026, 11:17 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

16 ene 2026, 12:06 p.m. GMT-5

Nombre del archivo

EVALUACIÓN DEL PELIGRO Y LA VULNERABILIDAD PARA DETERMINAR LOS NIVELES DE RIESGO P....pdf

Tamaño del archivo

13.3 MB

118 páginas

22.234 palabras

139.137 caracteres

# 5% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...




## Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 8 palabras)

## Exclusiones


- N.º de coincidencias excluidas

## Fuentes principales

- 4%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 3%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

## Marcas de integridad

### N.º de alerta de integridad para revisión

-  **Texto oculto**  
16 caracteres sospechosos en N.º de páginas  
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

## **DEDICATORIA**

A mi papito, Percy Javier Pineda Valdez, por haberme guiado y darme el amor más puro y cálido que pude vivir, verdaderamente espero que donde esté pueda estar orgulloso de mí y mandarme muchos abrazos. Su pequeña ya es ingeniera así que ya lo puede presumir, si pudiera quisiera darle el mundo entero como él me dio el suyo.

A mi PurrPurr (mi princesa Pineda) y Hoku (mi Figaro Silvestre Hoku Pineda), tenerlos me ha hecho saber que el amor no distingue especies, por las noches de estudio que ambos estuvieron a mi lado y por los ronroneos que fueron un arrullo en tiempos difíciles.

A mi hermano Roger por haberme dado la posibilidad de estudiar y cuidar de mí, siempre sentiré que la vida no me alcanza ni alcanzará para darle las gracias.

A mi hermana Gianella por siempre estar ahí para mí, haber cuidado de mí cuando era pequeña y siempre estar alentándome. Ella construyó parte de la confianza que tengo hoy, poder ser su hermana es una bendición.

A mi mamá Esperanza porque como su nombre lo dice, me enseñó a no sucumbir ante las adversidades.

A todas las personas que me dieron ánimos en el transcurso de mi vida, mis amigos, compañeros, familiares y más personas que espero no olvidar.

A mi yo del pasado, presente y del futuro...

**Brizel Lisseth Pineda Lopez**

## AGRADECIMIENTO

Dentro de estos años, mi agradecimiento más profundo es hacia mi papito, mis hermanos, familia y mascotas.

A la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, mi alma mater, por darme el apoyo del vicerrectorado de investigación mediante el programa de subvención de tesis “Yachayninchis Wiñarinanpaq” – 2024.

A mi asesor, Mgt. Ing. José Dionicio Cárdenas Roque, sin duda uno de los mejores ingenieros geólogos que he conocido. Ha sido un docente y guía en todo el transcurso de mi carrera y la realización de la presente investigación.

A mis docentes y escuela profesional, los 5 años de carrera fueron una etapa crucial en mi vida.

Al ingeniero Paul Bazan Hurtado por ser un profesional admirable, quien en todo el proceso de la presente investigación me dio enseñanzas, apoyo y motivación. Ha y sigue siendo una fuente de confianza y gran compañía para mí.

A mis amigos, la familia que pude elegir: Flooor, Roger, Yovmel y sus chicos, Abraham, Raul, Chanz, Código 18-II y aaah espero no olvidar a alguien, lamento si lo hago; muchas gracias.

A todas las personas que me han ayudado, apoyado y dado los mejores ánimos en la realización de mi tesis, infinitas gracias. Así inicio con el primer peldaño de mi vida profesional.

*Words are pale shadows of forgotten names (TNOTW)*

**Brizel Lisseth Pineda Lopez**

## ÍNDICE

<b>RESUMEN.....</b>	<b>1</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>2</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>3</b>
<b>CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES .....</b>	<b>4</b>
1.1.    UBICACIÓN .....	4
1.2.    ACCESIBILIDAD .....	4
1.3.    PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	6
1.3.1.    Descripción del problema.....	6
1.3.2.    Problema general.....	6
1.3.3.    Problemas específicos .....	7
1.4.    OBJETIVOS.....	7
1.4.1.    Objetivo general.....	7
1.4.2.    Objetivos específicos .....	7
1.5.    JUSTIFICACIÓN .....	7
1.6.    MARCO TEÓRICO .....	8
1.6.1.    Marco conceptual .....	8
1.6.2.    Antecedentes .....	11
1.7.    HIPÓTESIS .....	20
1.7.1.    Hipótesis general.....	20
1.7.2.    Hipótesis específicas .....	21
1.8.    IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES Y DIMENSIONES .....	21
1.8.1.    Variables .....	21
1.9.    METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN .....	22
1.9.1.    Tipo de investigación .....	22
1.9.2.    Enfoque de la investigación .....	22
1.9.3.    Nivel de investigación.....	22
1.9.4.    Diseño de investigación .....	23
1.9.5.    Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	23
1.9.6.    Metodología y procedimiento de trabajo.....	23
<b>2.    CAPÍTULO II: CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ÁREA DE ESTUDIO .....</b>	<b>26</b>
2.1.    Área de estudio .....	26
2.2.    Área de influencia.....	26
2.3.    Programa arquitectónico de la institución educativa .....	26
2.3.1.    Aulas .....	28
2.3.2.    Salón de Usos Múltiples.....	29
2.3.3.    Patio y área de juegos.....	29

2.3.4.	Área de ingreso .....	29
2.3.5.	Gestión administrativa y pedagógica .....	29
2.4.	Situación actual de la I.E.I. N° 532 .....	30
2.5.	Características sociales .....	31
<b>3.</b>	<b>CAPÍTULO III: GEOMORFOLOGÍA .....</b>	<b>34</b>
3.1.	GEOMORFOLOGÍA REGIONAL .....	34
3.1.1.	Cordillera Oriental .....	35
3.1.2.	Zona intermedia Altiplano – Cordillera Oriental: Anticlinal del Vilcanota .....	35
3.1.3.	Altiplano .....	35
3.1.4.	Cordillera occidental .....	35
3.2.	GEOMORFOLOGÍA LOCAL .....	36
3.2.1.	UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS LOCALES .....	36
3.3.	MODELO DE ELEVACIÓN DIGITAL .....	37
<b>4.</b>	<b>CAPÍTULO IV: GEOLOGÍA .....</b>	<b>38</b>
4.1.	Geología regional .....	38
4.1.1.	Grupo Copacabana (PE-i) .....	39
4.1.2.	Grupo Mitu – Formación Pachatusan (PET-m2) .....	39
4.1.3.	Formación Caicay (Jmc-cc) .....	39
4.1.4.	Formación Maras (Kis-ma) .....	39
4.1.5.	Formación Ayabacas (Kis-ayb) .....	39
4.1.6.	Formación Puquin (Kis-puq) .....	40
4.1.7.	Formación Ausangate (KsP-a) .....	40
4.1.8.	Formación Quilque (Pp-qu) .....	40
4.1.9.	Grupo San Jerónimo – Formación Kayra (Peo-k) .....	40
4.1.10.	Formación Anta - Miembro 1 .....	40
4.1.11.	Depósito glaciar (Qh-gl) .....	40
4.1.12.	Depósito aluvial .....	41
4.1.13.	Depósito lacustrinos (Qh-la) .....	41
4.2.	Geología local .....	42
4.2.1.	Formación Maras (Kis-ma) .....	43
4.2.2.	Depósito aluvial .....	43
4.2.3.	Depósito fluvial .....	43
4.2.4.	Depósito coluvial .....	43
4.3.	Geología Estructural .....	43
4.3.1.	Falla Sangarara .....	43
4.3.2.	Falla Paruro .....	45
<b>5.</b>	<b>CAPÍTULO V: ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS .....</b>	<b>46</b>



5.1.	Geodinámica interna.....	46
5.2.	Exploración de suelos.....	47
5.2.1.	Número de Puntos a Investigar .....	47
5.2.2.	Tipo y secuencia de muestras a extraer .....	49
5.2.3.	Equipo y personal a Utilizar.....	49
5.2.4.	Tipo y número de ensayos a realizarse in-situ y en laboratorio .....	49
5.2.5.	Ejecución de trabajo de campo.....	49
5.2.6.	Análisis y cálculo de parámetros requeridos.....	49
5.2.7.	Perfiles estratigráficos .....	49
5.2.8.	Ensayos especiales .....	52
<b>6.</b>	<b>CAPÍTULO VI: DETERMINACIÓN DEL PELIGRO.....</b>	<b>56</b>
6.1.	Metodología para la determinación del peligro.....	56
6.2.	Identificación del peligro.....	56
6.3.	Susceptibilidad del territorio .....	56
6.3.1.	Análisis de los factores condicionantes.....	56
6.3.2.	Análisis de factor desencadenante.....	61
6.4.	Parámetro de evaluación.....	63
6.5.	Identificación de suelos de frontera.....	63
6.6.	Identificación de elementos expuestos .....	63
6.6.1.	Elementos expuestos susceptibles.....	63
6.7.	Niveles de peligro.....	65
<b>7.</b>	<b>CAPÍTULO VII: ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD.....</b>	<b>66</b>
7.1.	Metodología para el análisis de vulnerabilidad .....	66
7.2.	Análisis de la dimensión social .....	66
7.2.1.	Análisis de la exposición social .....	66
7.2.2.	Análisis de la fragilidad social .....	67
7.2.3.	Análisis de resiliencia social .....	67
7.3.	Análisis de la dimensión económica .....	67
7.3.1.	Análisis de la exposición económica .....	67
7.3.2.	Análisis de la fragilidad económica .....	68
7.3.3.	Análisis de la resiliencia económica .....	68
7.4.	Análisis de la dimensión ambiental.....	68
7.4.1.	Análisis de la exposición ambiental.....	68
7.4.2.	Análisis de fragilidad ambiental.....	69
7.4.3.	Análisis de la resiliencia ambiental.....	69
7.5.	Niveles de vulnerabilidad .....	69
<b>8.</b>	<b>CAPÍTULO VIII: CÁLCULO DEL RIESGO .....</b>	<b>71</b>

8.1.	Metodología probabilística para determinar el nivel de riesgo.....	71
8.1.1.	Determinación para los niveles de riesgo.....	71
8.1.2.	Niveles de riesgo .....	71
<b>9.</b>	<b>CAPÍTULO IX: CONTROL DEL RIESGO.....</b>	<b>73</b>
9.1.	Valoración de las consecuencias .....	73
9.2.	Valoración de frecuencia de recurrencia .....	73
9.3.	Nivel de consecuencias y daños .....	74
9.4.	Aceptabilidad y/o tolerancia.....	74
9.5.	Matriz de aceptabilidad y/o tolerancia.....	75
9.5.1.	Medidas de prevención y reducción de riesgo de desastres .....	75
9.5.2.	Medidas de prevención de riesgo estructurales.....	75
9.5.3.	Medidas de prevención de riesgo no estructurales.....	76
9.5.4.	Medidas de reducción de riesgo estructurales.....	76
9.5.5.	Medidas de reducción de riesgo no estructurales.....	76
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>77</b>
	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>79</b>
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>81</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>85</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de ubicación y accesibilidad del área de estudio.....	5
Figura 2: Esquema que muestra a los diferentes sismos que ocurren en zonas de convergencia de placas: Placas de Nazca y Sudamérica.....	9
Figura 3: Efectos mecánicos de las ondas sísmicas, ondas de cuerpo (a) ondas P y (b) ondas S, ondas superficiales: (c) ondas Rayleigh y (d) ondas love.....	10
Figura 4: Neotectónica de Cusco .....	15
Figura 5: Mapa de intensidades sísmicas correspondientes al sismo de Paruro (5.1ML). .....	17
Figura 6: Vista general de la falla activa entre Sangarará y Yanaoca .....	19
Figura 7: Mapa de Peligros Ante Sismos.....	20
Figura 8: Distribución arquitectónica de la I-E-I- N° 532 .....	27
Figura 9: Mapa del área de influencia.....	28
Figura 10: Situación actual de la I-E-I- N° 532 .....	31
Figura 11: Mapa de geomorfología regional .....	34
Figura 12: Mapa de unidades geomorfológicas locales .....	36
Figura 13: Mapa de geología regional .....	38
Figura 14: Mapa de geología local.....	42
Figura 15: Escarpe de la falla Sangarara.....	44
Figura 16: Escarpe de la falla Sangarara.....	44
Figura 17: Segmento norte de la Falla Paruro .....	45
Figura 18: Plano de ubicación de calicatas .....	48
Figura 19: Mapa de clasificación SUCS .....	57
Figura 20: Mapa de tipo de suelo (según perfil dinámico del terreno).....	58
Figura 21: Nivel freático .....	59
Figura 22: Mapa de capacidad portante .....	60
Figura 23: Mapa de magnitudes sísmicas .....	62
Figura 24: Mapa de elementos expuestos .....	64
Figura 25: Mapa de peligro por sismos.....	65
Figura 26: Mapa de vulnerabilidad por sismos.....	70
Figura 27: Mapa de riesgo por sismos .....	72

## RESUMEN

Esta investigación evalúa el riesgo sísmico en la I.E.I. N.º 532 (Marcaconga, Sangarará–Acomayo, Cusco), en un contexto de tectónica activa asociada a las fallas Sangarará (<1 km) y Paruro, con antecedentes sísmicos relevantes en el entorno.

La metodología integra la determinación del peligro y la vulnerabilidad bajo el enfoque de CENEPRED (2014), apoyada con SIG para sistematizar y espacializar los resultados. En el componente geotécnico se realizaron exploraciones y clasificación SUCS, además de evaluación de licuación mediante el método simplificado de Seed & Idriss con  $a_{max} = 0.30 g$ .

Como verificación geofísica complementaria, el MASW 2D (línea ~84 m) estimó  $V_{s30} = 627 \text{ m/s}$ , confirmando condición de terreno rígido e incremento de rigidez en profundidad; asimismo, evidenció un horizonte competente (roca) hacia ~30 m, por lo que la profundidad de cimentación no se considera condicionante del peligro, predominando las condiciones superficiales y presencia localizada de agua subterránea.

Los resultados determinan un riesgo sísmico de nivel medio a alto para la institución, inaceptable y de priorización II, con peligro global medio y vulnerabilidad heterogénea (muy alta a baja), dominada por exposición social (niños de 3–5 años) y desempeño constructivo (adobe y elementos frágiles). Se propone un paquete de medidas: demolición/retiro de infraestructura obsoleta, diseño sismorresistente según RNE y R.V.M. N.º 010-2022-MINEDU, refuerzo estructural donde corresponda, control de elementos no estructurales, y fortalecimiento de PGRD, señalización y simulacros.

Palabras clave: Riesgo Sísmico, MASW 2D, Vulnerabilidad, Peligro Sísmico, Falla Sangarará, I.E. Marcaconga.

## ABSTRACT

This research assesses seismic risk at Early Childhood Education Institution No. 532 (Marcaconga, Sangarará–Acomayo, Cusco), within a context of active tectonics associated with the Sangarará (<1 km) and Paruro faults, with relevant seismic precedents in the surrounding area.

The methodology integrates the determination of seismic hazard and vulnerability under the CENEPRED (2014) framework, supported by GIS to organise, process and spatially represent the results. The geotechnical component included field investigations and SUCS classification, as well as liquefaction assessment using the Seed & Idriss simplified method with  $a_{max} = 0.30$  g.

As complementary geophysical verification, MASW 2D ( $\approx 84$  m profile) estimated  $V_{s30} = 627$  m/s, confirming a stiff ground condition and increasing rigidity with depth; it also identified a competent horizon (rock) at approximately 30 m. Therefore, foundation depth is not considered a conditioning factor in the hazard assessment, with near-surface conditions and localised groundwater presence being more influential.

The results indicate a medium-to-high seismic risk level for the institution, deemed unacceptable and classified as Priority II, with an overall medium hazard and heterogeneous vulnerability (very high to low), driven mainly by social exposure (children aged 3–5) and construction performance (adobe and fragile elements). A package of measures is proposed: demolition/removal of obsolete infrastructure, seismic-resistant design in accordance with the Peruvian Building Regulations (RNE) and R.V.M. No. 010-2022-MINEDU, structural strengthening where applicable, control of non-structural elements, and reinforcement of the Disaster Risk Management Plan (PGRD), signage, and drills.

**Keywords:** Seismic Risk, MASW 2D, Vulnerability, Seismic Hazard, Sangarará Fault, Marcaconga Educational Institution.

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación tiene como objetivo principal evaluar el riesgo sísmico en la Institución Educativa Inicial N° 532, ubicada en el centro poblado de Marcaconga, distrito de Sangarará, provincia de Acomayo, departamento de Cusco. Este análisis resulta esencial para proponer medidas que garanticen la seguridad de la comunidad educativa, considerando la vulnerabilidad estructural y los factores geológicos y socioambientales del entorno.

El estudio se organiza en diez capítulos, cada uno con un enfoque específico. En el primer capítulo, se presentan los aspectos generales del trabajo, incluyendo la fundamentación de la investigación, el objetivo central y el marco conceptual y referencial, que incorpora definiciones clave sobre el área de estudio y el peligro sísmico. Además, se describe la metodología empleada, de carácter mixto, que combina enfoques cualitativos y cuantitativos.

El segundo capítulo aborda las características generales del entorno, describiendo el área de estudio, su zona de influencia, la infraestructura arquitectónica de la institución educativa y las particularidades sociales de la población local. En el tercer capítulo, se examinan las unidades geomorfológicas regionales y locales, la pendiente del terreno y un modelo de elevación digital generado a partir de datos topográficos.

El cuarto capítulo está dedicado a la geología, iniciando con información regional proporcionada por el INGEMMET y avanzando hacia la geología local, donde se identifican depósitos cuaternarios a través de la cartografía en campo. El quinto capítulo analiza la geodinámica, determinando parámetros sísmicos según la norma E030, como el factor de zona, el perfil del suelo y los periodos de vibración. También se constata la ausencia de procesos de inestabilidad externa (geodinámica externa) significativos debido a la topografía llana y la baja erosión. Se realiza un estudio de mecánica de suelos que incluye ensayos de laboratorio, la apertura de cinco calicatas conforme a normativa vigente y el análisis de cimentaciones para calcular la capacidad portante del terreno.

El sexto capítulo aborda la determinación del peligro sísmico mediante visitas de campo, encuestas a la población y la caracterización de factores condicionantes y desencadenantes, estratificando el nivel de peligro en cuatro clases mediante la matriz de Saaty y generando un mapa correspondiente.

El séptimo capítulo examina la vulnerabilidad considerando las dimensiones social, económica y ambiental, y analiza factores de fragilidad y resiliencia de los elementos expuestos. En el octavo capítulo, se integran los datos de peligro y vulnerabilidad para establecer los niveles de riesgo y elaborar un mapa de riesgo sísmico.

Finalmente, el noveno capítulo propone medidas de prevención y reducción del riesgo, tanto estructurales como no estructurales. Este capítulo incluye recomendaciones y conclusiones generales, además de anexos y referencias bibliográficas que respaldan el trabajo. Este enfoque estructurado y detallado busca contribuir a la mitigación y gestión del riesgo sísmico, promoviendo la seguridad y resiliencia de la comunidad educativa.

## CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES

### 1.1. UBICACIÓN

El área de estudio se ubica en el centro poblado de Marcaconga, al sureste de la ciudad del Cusco, aproximadamente a 101 km (Tabla 1 y Fig. 1)

**Tabla 1: Ubicación política**

<b>Departamento/Región</b>	Cusco
<b>Provincia</b>	Acomayo
<b>Distrito</b>	Sangarará
<b>Centro poblado</b>	Marcaconga
<b>Altitud</b>	3,763 m.s.n.m.
<b>Norte</b>	8,453,600.00 m
<b>Este</b>	222,557.00 m
<b>Zona</b>	19 L

### 1.2. ACCESIBILIDAD

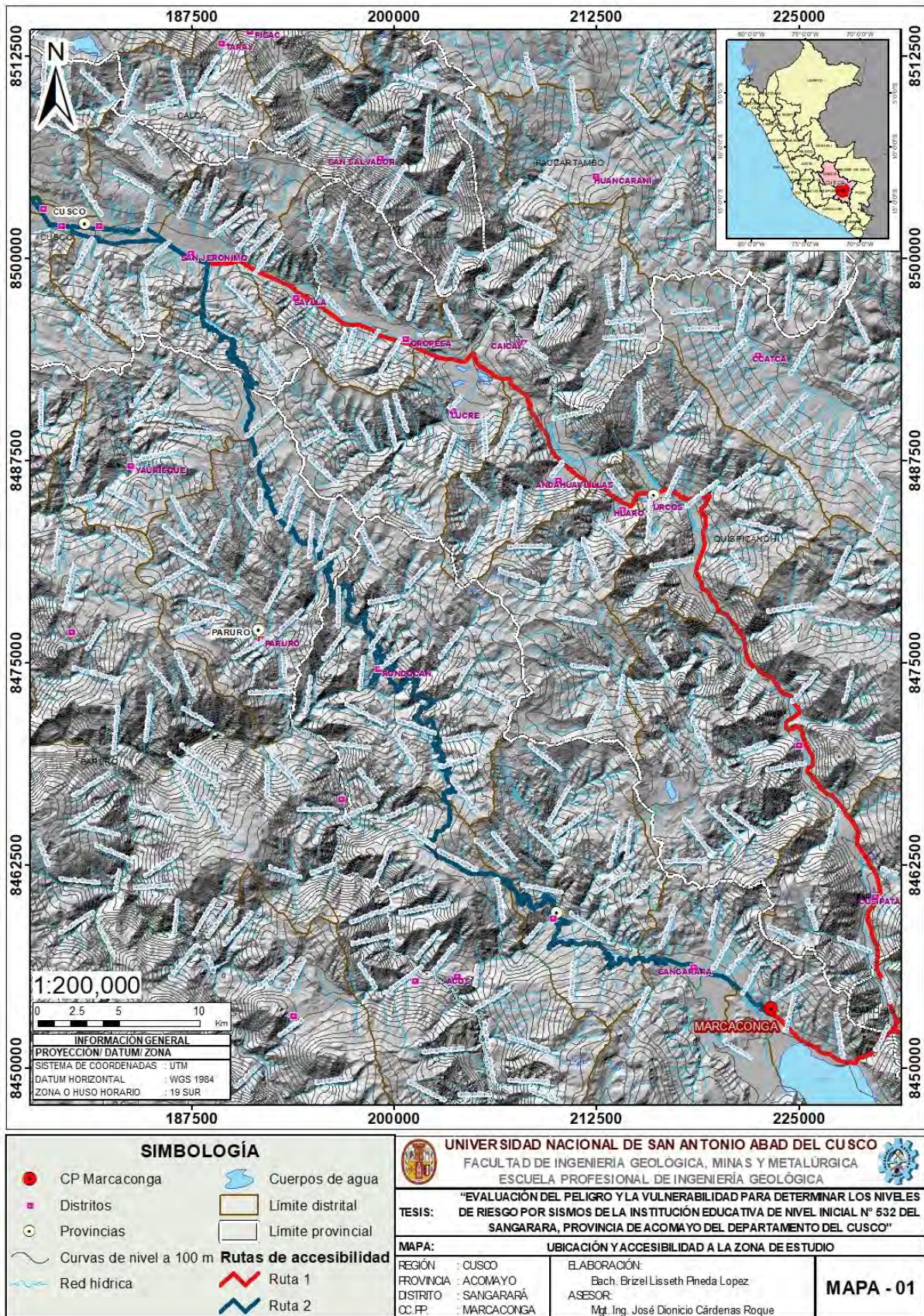
La accesibilidad al centro poblado de Marcaconga se realiza mediante dos carreteras asfaltadas: Una carretera que inicia desde la ciudad del Cusco-puente Chuquicahuana-Acopia-Marcaconga y; una segunda carretera desde Cusco-Urcos-Acomayo-Sangarará-Marcaconga. La ruta más transitada es la carretera Cusco-puente Chuquicahuana-Acopia-Marcaconga con una distancia de 101 km en un tiempo de 2 horas y media (Tabla 2 y Fig. 1)

**Tabla 2: Rutas al centro poblado de Marcaconga**

	<b>Ruta</b>	<b>Distancia</b>	<b>Duración</b>	<b>Tipo de vía</b>
1	Cusco-Puente Chuquicahuana- Acopia-Marcaconga	101 km	2 horas 15 minutos	Asfaltada
2	Cusco-Urcos- Acomayo-Sangarará- Marcaconga	107 km	2 horas y 30 minutos	Asfaltada y afirmada



**Figura 1: Mapa de ubicación y accesibilidad del área de estudio**





### **1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.3.1. Descripción del problema**

La presente investigación se enfoca en la evaluación de los niveles de riesgo sísmico de la Institución Educativa de Nivel Inicial N° 532, ubicada en el centro poblado de Marcaconga, distrito de Sangarará, provincia de Acomayo, departamento del Cusco; el desarrollo de la investigación se inició a finales del año 2023 y se ha extendido hasta inicios del 2026, considerando como periodo de estudio el tiempo comprendido entre el inicio de la recopilación de información, el análisis de datos y la elaboración progresiva del trabajo de tesis. El Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET) describe a la zona de estudio como depósitos aluviales conformados por arenas, limos y arcillas, colindantes con la Formación Maras, de litología caótica, y la Formación Auzangate, con limoareniscas rojizas con estratificación horizontal y laminaciones paralelas y en artesa. No existen estudios geotécnicos específicos en el área, lo cual representa una debilidad importante en la planificación estructural y en la prevención de desastres.

Como parte del diagnóstico actual, se ha identificado que la infraestructura existente está construida predominantemente con adobe, material que carece de refuerzos estructurales y presenta un comportamiento sísmico deficiente. Esta condición, sumada a la naturaleza del terreno y la alta sismicidad del entorno, representa un escenario de riesgo considerable. Además, la infraestructura proyectada, aunque más moderna, no cuenta aún con una evaluación detallada del terreno que permita garantizar un diseño sismo-resistente acorde con las condiciones locales.

La zona presenta un contexto sísmico activo, documentado por instituciones oficiales como el INGEMMET y el Instituto Geofísico del Perú (IGP). La Falla de Paruro ha registrado eventos sísmicos significativos los años 1986 (5.7 Mw), 2014 (5.1 Mw) y 2021 (3.9 Mw a 35 km del área de estudio). Por su parte, la Falla de Sangarará, ubicada a menos de 1 km de la institución educativa, presentó un sismo el 2 de octubre de 1995 con una magnitud de 4.9 y una profundidad de 36 km. La Municipalidad Distrital de Sangarará ha clasificado el nivel de peligrosidad sísmica como muy alto, lo que incrementa la necesidad de intervención.

Desde un enfoque de pronóstico, la ocurrencia de un sismo de moderada o gran magnitud podría desencadenar colapsos estructurales, daños materiales severos y poner en grave riesgo la vida de los ocupantes de la institución, en especial de los alumnos de 3, 4 y 5 años, quienes no pueden evacuar sin la asistencia de un adulto capacitado. Este riesgo se extiende también al personal docente, administrativo y a la población circundante.

Frente a este escenario, el control del pronóstico implica la necesidad de implementar una estrategia integral de gestión del riesgo sísmico, que combine evaluaciones geológicas, geotécnicas y estructurales con acciones preventivas. Estas deben incluir tanto propuestas de mejora en la infraestructura como el diseño e implementación de protocolos de evacuación, señalización de rutas seguras, capacitación en simulacros y fortalecimiento institucional. La finalidad es reducir significativamente la vulnerabilidad y mejorar la capacidad de respuesta ante un evento sísmico, asegurando la protección de la población escolar y garantizando la continuidad del servicio educativo.

#### **1.3.2. Problema general**

¿Cuál sería el nivel de riesgo por movimientos sísmos en la Institución Educativa N°532 de nivel inicial y en su área de influencia ubicada en el centro poblado de Marcaconga, distrito de Sangarara, provincia de Acomayo del departamento de Cusco?

### **1.3.3. Problemas específicos**

1. ¿Cuáles son los niveles de peligro por movimientos sísmicos dentro del ámbito de influencia del área de estudio?
2. ¿Cuáles son los niveles de vulnerabilidad ante movimientos sísmicos que presenta la población del área de estudio?
3. ¿Cuáles son las medidas de mitigación dentro del ámbito de influencia del área de estudio para reducir el nivel de riesgo?

## **1.4. OBJETIVOS**

### **1.4.1. Objetivo general**

Determinar el nivel de riesgo por movimientos sísmicos en la institución educativa de nivel inicial N° 532 y en su área de influencia ubicada en el centro poblado de Marcaconga, distrito de Sangarara, provincia de Acomayo del departamento de Cusco.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

1. Determinar son los niveles de peligro por movimientos sísmicos dentro del ámbito de influencia del área de estudio.
2. Determinar los niveles de vulnerabilidad que presenta la población del área de estudio.
3. Plantear medidas de mitigación dentro del ámbito de influencia del área de estudio.

## **1.5. JUSTIFICACIÓN**

La presente investigación es necesaria debido a la exposición sísmica de la Institución Educativa N° 532, ubicada en el centro poblado de Marcaconga, distrito de Sangarará, Acomayo, Cusco. Esta institución atiende a niños de 3, 4 y 5 años, un grupo etario altamente vulnerable ante emergencias y con incapacidad de reacción adecuada sin la presencia de un adulto, así como el personal docente y administrativo lo cual exige condiciones adecuadas mediante medidas de mitigación estructurales y no estructurales.

#### **– Conveniencia**

La realización del estudio es conveniente porque permitirá contar con información específica sobre el nivel de peligro sísmico y vulnerabilidad de la institución educativa, considerando que no existen estudios técnicos detallados del área y la cercanía de la zona de estudio a la falla de Sangarará y el registro de sismos leves en Marcaconga, asociados a la falla de Paruro. Esto facilitará la planificación de intervenciones que reduzcan el riesgo y mejoren la seguridad física de la infraestructura y sus ocupantes.

#### **– Relevancia social**

Este estudio adquiere una alta relevancia social, ya que la seguridad de la infraestructura escolar impacta directamente en la protección de la población más vulnerable: los niños de 3, 4 y 5 años, quienes dependen de la capacidad de los adultos para evacuar y resguardar sus vidas en caso de emergencia. Además, el análisis contribuye a salvaguardar la integridad del personal docente, administrativo y de las familias, promoviendo la confianza en el servicio educativo y fortaleciendo la resiliencia de la comunidad ante eventos sísmicos.

#### **– Implicancias prácticas**

La investigación proporcionará resultados que orienten la implementación de medidas preventivas y correctivas, tanto estructurales como no estructurales, para mitigar el

impacto de posibles sismos. Entre las implicancias prácticas se destacan el desarrollo de protocolos de evacuación, señalización y capacitación en gestión de riesgos, además de recomendaciones técnicas para el diseño y reforzamiento de la infraestructura escolar. Estas propuestas contribuirán a la mejora de la seguridad física y a la continuidad del proceso educativo en situaciones de emergencia.

– **Valor teórico**

En el plano académico, el estudio aporta un importante valor teórico al integrar de forma sistemática el análisis del riesgo sísmico con la evaluación de factores geológicos, geotécnicos y socioambientales. La formulación de una metodología integral para la evaluación del riesgo, orientada a contextos específicos como el de Maracaonga, contribuye al desarrollo de modelos metodológicos existentes y establece un marco de referencia que podrá ser replicado o adaptado en investigaciones futuras y en otros escenarios con condiciones similares.

## 1.6. MARCO TEÓRICO

### 1.6.1. Marco conceptual

- a) **Riesgo de desastre:** Se entiende como la probabilidad de que la población y sus medios de vida experimenten daños o pérdidas, en función de su vulnerabilidad y del impacto de un peligro según se menciona la Presidencia del Consejo de Ministros (PCM, 2011, art. 2, num. 2.19).
- b) **Peligro:** Corresponde a la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno potencialmente dañino, natural o inducido por actividades humanas, en un lugar y periodo definidos, con cierta intensidad y frecuencia (PCM, 2011, art. 2, num. 2.15).
- c) **Vulnerabilidad:** Es la susceptibilidad de la población, la infraestructura o las actividades socioeconómicas a sufrir daños cuando se presenta un peligro o amenaza (PCM, 2011, art. 2, num. 2.20).

Asimismo, según la Resolución Jefatural 058-2020 (2020), se evalúan los factores que podrían generar la misma fuente al peligro en la que se encuentre expuesta describiendo:

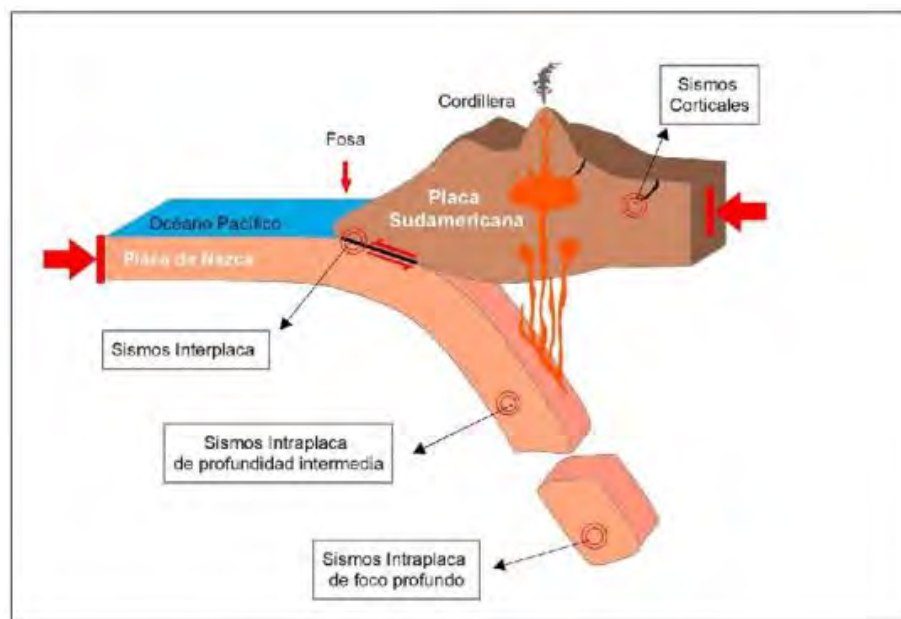
- d) **Fragilidad:** Es la resistencia de la unidad productiva (UP) se entiende como la capacidad que esta y sus activos poseen para soportar los efectos generados por un peligro. En el diagnóstico de la UP es necesario evaluar si los factores de producción, especialmente la infraestructura y los equipos, presentan condiciones suficientes para enfrentar los impactos a los que se encuentran expuestos. En este contexto, la fragilidad se define a partir del conjunto de factores o variables considerados para estimar el nivel de resistencia de la UP frente al impacto de cada uno de los peligros identificados (Resolución Jefatural 058-2020, 2020).
- e) **Resiliencia:** La resiliencia de la Unidad Productiva se refiere a su capacidad para absorber los efectos de un peligro y recuperarse de manera eficiente tras su ocurrencia. Esta permite identificar y evaluar los factores o variables asociados a la capacidad de absorción, preparación, recuperación y adaptación de la UP y de sus usuarios frente a interrupciones en su funcionamiento. Asimismo, la resiliencia se vincula con la capacidad de respuesta ante eventos adversos, orientada a reducir los tiempos de interrupción del servicio (Resolución Jefatural 058-2020, 2020).
- f) **Sismos:** Un sismo es un evento asociado a la liberación súbita de energía acumulada en la corteza terrestre por cambios en el estado de esfuerzos y deformaciones. Esta energía se propaga principalmente en forma de ondas sísmicas y, en menor proporción, se disipa como calor por fricción a lo largo del plano de falla. Los sismos pueden generarse tanto

en zonas de interacción de placas tectónicas como dentro de ellas (CENEPRED, 2014). Véase la Figura 2.

Asimismo, el Instituto Geofísico del Perú mediante la publicación (Tavera, 2020), en Perú se definen los siguientes tipos de sismos en un contexto de convergencia entre una placa continental (placa sudamericana) y otra de tipo oceánica (placa de Nazca):

- g) **Sismo interplaca (o de interfase):** Estos sismos se originan a partir de la convergencia y el rozamiento entre las placas tectónicas de Nazca y Sudamérica, generándose principalmente como sismos de foco superficial debido a las fuerzas tectónicas que impulsan el desplazamiento relativo de ambas placas en direcciones opuestas. (Tavera, 2020).
- h) **Sismos corticales:** Su origen es por la formación y reactivación de fallas geológicas a lo largo de la cordillera de los Andes y son causados por esfuerzos compresivos y extensivos en la cordillera, suelen tener magnitudes menores a M6.5 (Tavera, 2020).
- i) **Sismos intraplaca:** Se forman por la deformación interna de la placa de Nazca durante el proceso de subducción bajo la corteza continental y son causados por esfuerzos que impiden el desplazamiento de la placa y su introducción en el manto, pueden alcanzar magnitudes de hasta M8.0 por lo que pueden provocar licuefacción y/o deslizamientos (Tavera, 2020).

**Figura 2: Esquema que muestra a los diferentes sismos que ocurren en zonas de convergencia de placas: Placas de Nazca y Sudamérica**

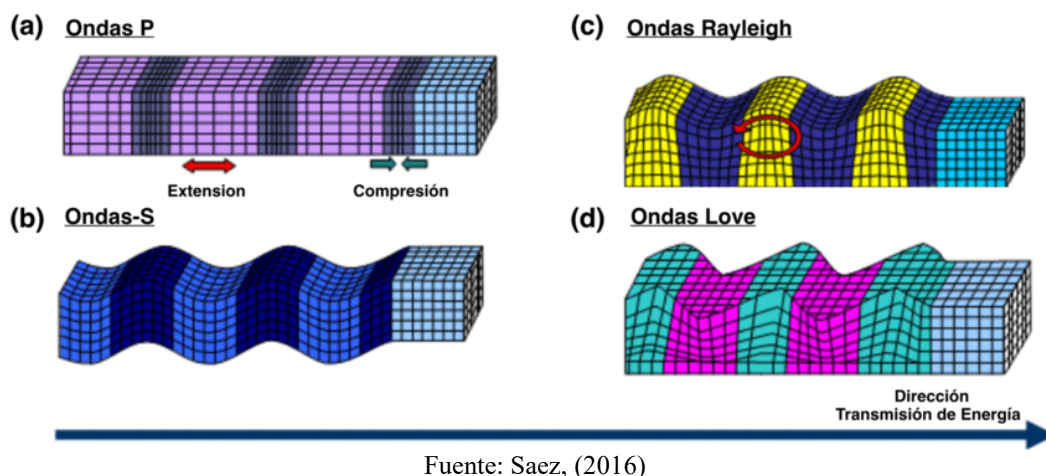


Fuente: Tavera, (2020).

- a) **Movimiento sísmico:** Son las “vibraciones de la corteza terrestre, de corta duración, pero de intensidad variable”, inducidas por la liberación de energía que genera ondas que recorren el interior de la Tierra (Los Movimientos Sísmicos, 2014)
- b) **Relación fallas activas y sismos:** “Esta relación se da de la siguiente forma, primero se tiene la estructura (falla geológica), esta, al interior de la corteza terrestre origina una ruptura la que posteriormente genera una liberación de energía en forma de ondas que conocemos como sismo, este movimiento ondulado llega a la superficie y su amplificación de ondas en superficie está condicionado por el tipo de suelo” (Delgado et al., 2014).

- c) **Epicentro:** Se define como tal al “punto exacto en la superficie que representa la proyección del hipocentro o foco sísmico” (Instituto Geofísico del Perú, 2012).
- d) **Hipocentro:** Es el punto en el interior de la Tierra donde inicia la ruptura y, con ello, la liberación de energía que origina un sismo; por tanto, representa la ubicación de la fuente sísmica (Instituto Geofísico del Perú [IGP], 2012).
- e) **Intensidad:** Es la medida de los efectos que un sismo produce en un lugar específico sobre personas, animales, edificaciones y el terreno. Se expresa con números romanos mediante la escala de Mercalli modificada, la cual clasifica los efectos en doce niveles de severidad. La intensidad depende no solo de la magnitud, sino también de la distancia epicentral, la geología local, el tipo de suelo y las características constructivas (Instituto Geofísico del Perú, 2012).
- f) **Escala de magnitud** Corresponde a una medida de la energía liberada en el foco sísmico. La escala de Richter (1935) fue una de las primeras formulaciones y se basa en una relación logarítmica; en ese marco se emplea la magnitud local (MI). Actualmente, la magnitud de momento (Mw) es la referencia más utilizada por su aplicabilidad a sismos de diferentes tamaños (Instituto Geofísico del Perú, 2012).
- g) **Onda:** Una onda es una perturbación que se transmite desde su fuente a través del medio circundante hasta atenuarse. En sismología se denominan ondas sísmicas, y sus características de propagación pueden variar al atravesar materiales con propiedades distintas (Instituto Geofísico del Perú [IGP], 2012). Véase la Figura 3.

**Figura 3: Efectos mecánicos de las ondas sísmicas, ondas de cuerpo (a) ondas P y (b) ondas S, ondas superficiales: (c) ondas Rayleigh y (d) ondas love.**



- h) **Aceleración sísmica:** Es la “medida más utilizada para cuantificar la intensidad del sacudimiento del suelo durante un terremoto. Cuando ocurre uno, el deterioro en los edificios y las infraestructuras está relacionado directamente con la velocidad y la aceleración sísmica, y no con la magnitud del sismo. De ahí la importancia de esta información para los estudios e investigaciones en ingeniería sísmica” (Instituto Geofísico del Perú, 2024)
- i) **Falla geológica:** Corresponde a una superficie de discontinuidad que separa dos bloques de roca, a lo largo de la cual se registra o se ha registrado desplazamiento diferencial. En términos geológicos, se considera “falla activa” a aquella con evidencias de movimiento durante los últimos 2 millones de años; desde el enfoque sísmico, se asume activa si es capaz de generar sismos, independientemente de su magnitud (Instituto Geofísico del Perú [IGP], 2012).

## 1.6.2. Antecedentes

### 1.6.2.1. Antecedentes Internacionales

#### **Antecedente 1. Artículo científico “Youd et al. (2001): Resistencia a la licuación de suelos (Liquefaction Resistance of Soils: Summary Report from the 1996 NCEER/NSF Workshop)”**

Youd et al. (2001), establecen los criterios estandarizados del SPT para evaluar la licuación de suelos en caso de sismos, metodología adoptada en la presente tesis para los ensayos de campo y clasificación de suelos. El documento destaca la corrección a la energía dinámica del 60% ( $N_{1,60}$ ) y los ajustes por presión de sobrecarga ( $C_n$ ) cuya metodología consensuada por expertos en el taller NCEER/NSF, homogeniza la interpretación del SPT al normalizar factores como la eficiencia del martillo, procedimientos de campo y correcciones por profundidad.

**Aporte.** En esta tesis, se aplica este marco técnico para garantizar la comparabilidad de resultados en ensayos in situ y la clasificación de suelos cohesivos y granulares, siguiendo las directrices internacionalmente reconocidas para estudios geotécnicos en zonas sísmicas.

#### **Antecedente 2. Norma técnica internacional “ASTM D1586 (2018): Método de prueba estándar para el ensayo de penetración estándar (SPT) y muestreo con sacamuestras partido de suelos (Standard Test Method for Standard Penetration Test (SPT) and Split-Barrel Sampling of Soils)”**

ASTM D1586 (2018), establece los requisitos técnicos para la ejecución del Ensayo de Penetración Estándar (SPT), especificando los parámetros de equipamiento (martillo de 63.5 kg con caída libre de 76 cm), procedimiento de ensayo (penetración en tres tramos de 15 cm con registro de golpes para los últimos 30 cm) y controles de calidad. Esta norma técnica garantiza la uniformidad en la obtención del parámetro  $N$ -SPT, asegurando la confiabilidad y comparabilidad internacional de los resultados.

**Aporte.** En el desarrollo de la presente investigación, esta norma constituye el referente técnico para la correcta ejecución de los ensayos de campo, validando la calidad de los datos geotécnicos obtenidos. Su aplicación sistemática permite fundamentar los análisis de capacidad portante y comportamiento dinámico de suelos, aportando solidez técnica a los resultados y cumpliendo con los estándares internacionales exigidos en ingeniería geotécnica peruana.

#### **Antecedente 3. Informe técnico “Torres et al. (2012): Propuesta de un modelo de cálculo del riesgo sísmico en términos de daño físico para Puerto Príncipe (Haití)”**

Torres et al. (2012) desarrolla el documento mediante una metodología para la estimación del riesgo sísmico, especificando los pasos para el desarrollo de un modelo de cálculo del daño físico, su calibración con datos de un evento sísmico real y su aplicación para la generación de escenarios de daño. El documento detalla la caracterización del peligro sísmico, la evaluación de la vulnerabilidad estructural y la consideración de las condiciones locales del terreno.

**Aporte.** Este documento constituye un referente metodológico para la correcta estimación del riesgo, validando la integración de datos sísmicos, geotécnicos y de edificación.

#### 1.6.2.2. Antecedentes Nacionales

##### **Antecedente 4. Norma técnica nacional “INDECOPI (1999): NTP 339.134:1999. Suelos. Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, SUCS)”**

INDECOPI (1999). Establece la metodología estandarizada para la clasificación de suelos según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), basado en parámetros geotécnicos como la granulometría (ASTM D422), límites de Atterberg (ASTM D4318) y comportamiento plástico. La norma detalla los criterios para categorizar suelos en grupos (GW, CL, MH, etc.) mediante pruebas de laboratorio y análisis comparativos con tablas de clasificación, asegurando uniformidad en la identificación de suelos cohesivos y granulares para aplicaciones de ingeniería civil.

**Aporte.** En el marco de esta investigación, constituye el fundamento normativo para la clasificación sistemática de los suelos estudiados, garantizando la compatibilidad de resultados con estándares nacionales e internacionales. Su aplicación permite validar la correlación entre las propiedades identificadas (plasticidad, granulometría) y los análisis de capacidad portante o estabilidad geotécnica desarrollados en la tesis, aportando rigor técnico y respaldo institucional a las conclusiones presentadas.

##### **Antecedente 5. Informe técnico “Tavera (2014): Evaluación del peligro asociado a los sismos y efectos secundarios en Perú”**

Tavera (2014). Caracteriza zonas de riesgo sísmico, priorizando regiones costeras y andinas de alta sismicidad. La metodología combina el análisis histórico y actual de sismos, la elaboración de mapas de intensidades máximas (escala Mercalli Modificada), modelos probabilísticos para estimar la intensidad y distribución de eventos, y la identificación de fuentes sismogénicas, como fallas geológicas y procesos de subducción. Además, estudia efectos secundarios como deslizamientos y licuación de suelos, y evalúa la vulnerabilidad estructural de edificaciones e infraestructura.

**Aporte:** La presente tesis utiliza los parámetros sísmicos reportados base para los análisis de amenaza en el área de estudio. El aporte al presente documento es el brindar un marco teórico sobre sismicidad, zonas de riesgo y efectos secundarios en Perú, útil para contextualizar el peligro sísmico. Los mapas de distribución espacial permiten correlacionar la sismicidad histórica con características geotécnicas locales, los criterios para licuación (suelos granulares saturados). Esta información validada científicamente fortalece los argumentos técnicos del estudio y garantiza la confiabilidad de los resultados obtenidos.

##### **Antecedente 6. Guía técnica “CENEPRED (2014): Manual para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales. (2a ed.)”**

CENEPRED (2014). Propone una metodología sistemática basada en el análisis integrado de amenazas, vulnerabilidad y exposición, aplicando técnicas de cartografía temática, modelamiento geoespacial y evaluación multicriterio para identificar y priorizar riesgos. El proceso incluye: (1) caracterización de fenómenos naturales mediante datos históricos y modelos probabilísticos, (2) evaluación de vulnerabilidad física y social usando indicadores estandarizados, y (3) estimación de riesgo mediante superposición de capas en Sistemas de Información Geográfica (SIG), complementado con validación en campo mediante muestreos y ensayos técnicos. Los resultados se presentan en matrices de riesgo y mapas de zonificación, orientados a la planificación territorial y gestión preventiva.

**Aporte:** El aporte en la tesis es el marco teórico-conceptual sobre la peligrosidad sísmica en el Perú, identificando las zonas de mayor recurrencia de eventos (costa centro-sur y región subandina) y sus efectos secundarios (licuación, deslizamientos). Su metodología integrada -que combina análisis histórico-estadístico, modelamiento tectónico y evaluaciones geotécnicas- sirve como base científica para el análisis de amenazas en el área de estudio. Particularmente, los criterios de evaluación de suelos licuables y los mapas de intensidades sísmicas históricas permiten contrastar las condiciones locales de la Institución Educativa N° 532 con los patrones regionales documentados. No obstante, para garantizar la aplicabilidad de los resultados, este marco referencial debe complementarse con estudios geotécnicos in situ y análisis de vulnerabilidad estructural específicos, siguiendo los lineamientos de la normativa sismorresistente peruana (Norma E.030).

#### **Antecedente 7. Reglamento de construcción “Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2018a): Norma Técnica E.030 Diseño sismorresistente”**

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2018a). Establece una metodología basada en principios de ingeniería y sismología para garantizar que las construcciones resistan los sismos. Para ello, primero analiza el riesgo sísmico según la ubicación geográfica y el tipo de suelo, determinando las fuerzas sísmicas esperadas. Luego, define cómo deben diseñarse los elementos estructurales (columnas, vigas, muros) para absorber esas fuerzas mediante criterios de resistencia, rigidez y ductilidad, asegurando que los edificios no colapsen ante movimientos intensos. Finalmente, exige verificaciones mediante modelos matemáticos y simulaciones que validen el comportamiento de la estructura ante eventos sísmicos, priorizando la seguridad de las personas y la integridad de las edificaciones.

**Aporte:** Se contextualiza al establecer los requisitos mínimos para el diseño sismorresistente de edificaciones, contribuye a la reducción de la vulnerabilidad estructural ante eventos sísmicos, promoviendo la seguridad de los ocupantes y la continuidad de las funciones de la edificación. Su aplicación, basada en el análisis de las características sísmicas del sitio, las propiedades de los materiales y los sistemas estructurales, busca garantizar un comportamiento adecuado de la edificación ante sollicitaciones sísmicas, minimizando los daños y previniendo el colapso.

#### **Antecedente 8. Guía técnica “CENEPRED (2020): Lineamientos para la elaboración del Informe de Evaluación del Riesgo de Desastres en Proyectos de Infraestructura Educativa”**

CENEPRED (2020), propone una metodología para evaluar y gestionar riesgos en proyectos de infraestructura educativa, enfocándose en la identificación de peligros naturales o inducidos, el análisis de vulnerabilidades estructurales y no estructurales, y el cálculo del riesgo mediante la combinación de estos factores. Con base en este análisis, se establecen medidas de reducción del riesgo, tanto correctivas como prospectivas, que deben ser incorporadas en el diseño y ejecución de los proyectos, asegurando la resiliencia de las infraestructuras educativas y la seguridad de la comunidad estudiantil.

**Aporte:** Establece una guía metodológica para la evaluación y gestión del riesgo de desastres en proyectos de infraestructura educativa, permitiendo identificar peligros, analizar vulnerabilidades y calcular el riesgo específico de la institución educativa en estudio. Su aplicación facilita la formulación de medidas de reducción del riesgo



adaptadas a la realidad local, fortaleciendo la resiliencia de la infraestructura y la seguridad de la comunidad educativa ante posibles eventos adversos.

### 1.6.2.3. Antecedentes Regionales

#### **Antecedente 9. Boletín técnico “Benavente et al. (2013): Neotectónica y peligro sísmico en la Región Cusco”**

Benavente et al. (2013), desarrolla una metodología para evaluar el peligro sísmico en la región Cusco, centrada en la identificación y análisis de fallas cuaternarias activas. Esta metodología combina etapas de gabinete, como recopilación bibliográfica, fotointerpretación y mapas preliminares, con trabajo de campo enfocado en el cartografiado geológico-estructural, análisis de morfologías tectónicas y excavación de trincheras paleosismológicas. En gabinete final, los datos se procesan para elaborar mapas temáticos que consideran aceleraciones sísmicas máximas, atenuaciones y vulnerabilidad regional.

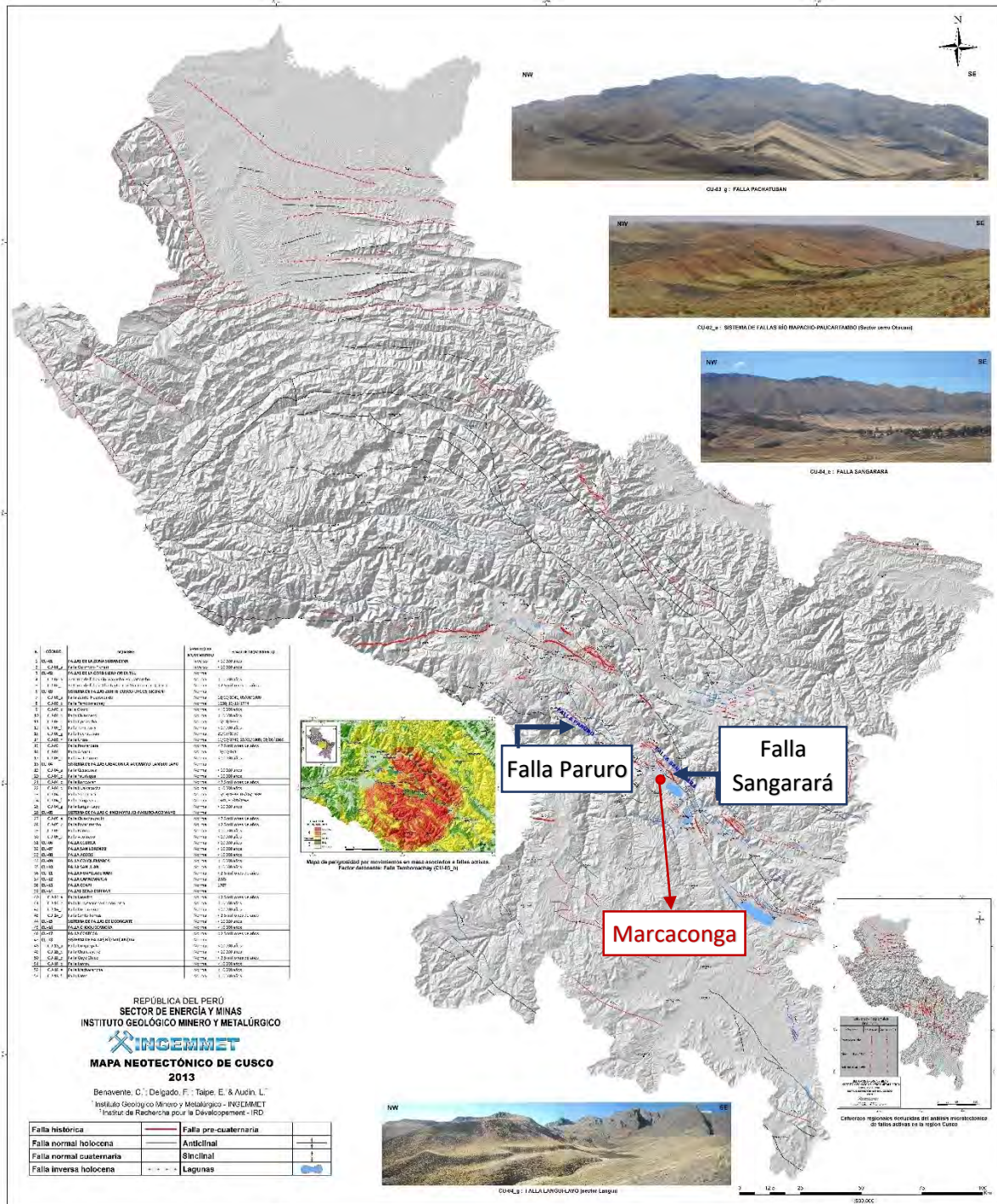
**Aporte:** El documento proporciona evidencia textual de que sus movimientos (y los de fallas similares en el sistema) pueden generar ondas sísmicas capaces de afectar áreas alejadas, lo que justificaría que sus sismos se perciban en tu zona de estudio. Esto refuerza la necesidad de considerar no solo fallas locales, sino también fuentes sísmicas regionales en tu evaluación de riesgo.

Brinda un marco de referencia técnico-científico sobre la peligrosidad sísmica en el Perú, identificando las zonas de mayor actividad sísmica, los efectos secundarios asociados y los parámetros de intensidad sísmica histórica lo que permite contextualizar el riesgo en el área de estudio y establecer correlaciones con las condiciones geotécnicas locales de la Institución Educativa Inicial N° 532. Principalmente se han utilizado los datos correspondientes a fallas geológicas con influencia en el área de estudio desarrolladas (Fig. 4):

- a) La **falla Sangarará**, ubicada al noroeste de la ciudad del Cusco, es una falla inversa con una longitud aproximada de 25 km y una dirección noroeste-sureste. Se encuentra principalmente en rocas del Paleozoico inferior (Formación San José y Formación Yuncaypata) y rocas intrusivas del Pérmico-Triásico (Granito de San Rafael). El estudio indica que esta falla ha generado deformaciones cuaternarias, evidenciadas por escarpes de falla que afectan depósitos glaciares y fluvio-glaciares. A pesar de no tener registros históricos de sismos importantes asociados a esta falla, su actividad neotectónica sugiere que representa una amenaza sísmica potencial para la región. El análisis morfotectónico revela que la falla Sangarará tiene una tasa de desplazamiento vertical promedio de 0.1 mm/año, lo que indica una actividad lenta pero constante. Además, se estima que esta falla es capaz de generar sismos con magnitudes de hasta 6.5 Mw, lo que podría causar daños significativos en áreas cercanas y que la identifica como una fuente sismogénica relevante en la región.
- b) La **falla Paruro**, situada al sur de la ciudad de Cusco, se caracteriza por ser una falla normal con una longitud de aproximadamente 60 km y una dirección norte-sur. La falla corta principalmente rocas del Paleozoico superior (Formaciones Paucartambo y Copacabana), rocas volcánicas del Grupo Mitu (Pérmico-Triásico) y depósitos aluviales y fluviales del Cuaternario. El estudio señala que esta falla presenta evidencias de actividad cuaternaria, como escarpes de falla que afectan depósitos aluviales y terrazas fluviales. A diferencia de la falla Sangarará, la falla Paruro cuenta con registros históricos de sismos de magnitud

moderada asociados a su actividad. El análisis sismotectónico muestra que la falla Paruro tiene una tasa de desplazamiento vertical promedio de 0.2 mm/año, lo que indica una actividad ligeramente mayor que la falla Sangarará. Se estima que esta falla puede generar sismos con magnitudes de hasta 6.8 Mw, lo que representa una amenaza sísmica considerable para las poblaciones cercanas, incluyendo la ciudad de Cusco.

**Figura 4: Neotectónica de Cusco**



Nota. Modificado de Benavente et al., (2013)

#### **Antecedente 10. Estudio técnico-institucional “Gobierno Regional Cusco (2021): Estudio de diagnóstico y zonificación de la provincia de Acomayo”**

Gobierno Regional Cusco (2021). El estudio de la Provincia de Acomayo integra análisis geológico (Grupo San José, Formaciones Maras y Ayavacas, Huancané, Ananea, Grupo Mitu, Batolito de Andahuaylas-Yauri, depósitos aluviales, coluviales y glaciares), geomorfológico, hidrológico e hidrogeológico para evaluar el medio físico y generar una zonificación. Se basa en datos de cartografía, imágenes y estudios geotécnicos. Se realiza una caracterización geológica y un análisis geomorfológico. Se evalúan las características hidrológicas e hidrogeológicas. Finalmente, se integra la información para generar una zonificación con diferentes grados de susceptibilidad a peligros geológicos. El estudio se centra en el análisis de peligros geológicos, utilizando métodos para evaluar la susceptibilidad, peligrosidad y riesgo. Se realiza un análisis geotécnico, se evalúan las pendientes, la red de drenaje y la cobertura vegetal, y se analizan registros históricos y simulaciones. Se generan mapas de zonificación que muestran la distribución espacial de los diferentes grados de peligrosidad.

**Aporte:** Es un sustento de la elección del peligro por sismos, así como la influencia de la Falla Paruro en el sector del área de estudio, se fundamenta que la provincia de Acomayo se ubica dentro de una zona tectónicamente activa con consecuente sismicidad siendo las fallas las principales estructuras geológicas con dirección Andina, mencionando falla definidas como activas como la falla Sangará.

#### **Antecedente 11. Informe técnico “Delgado et al. (2014): Reactivación del Segmento Activo Misca-Cusibamba Falla Paruro Cusco”**

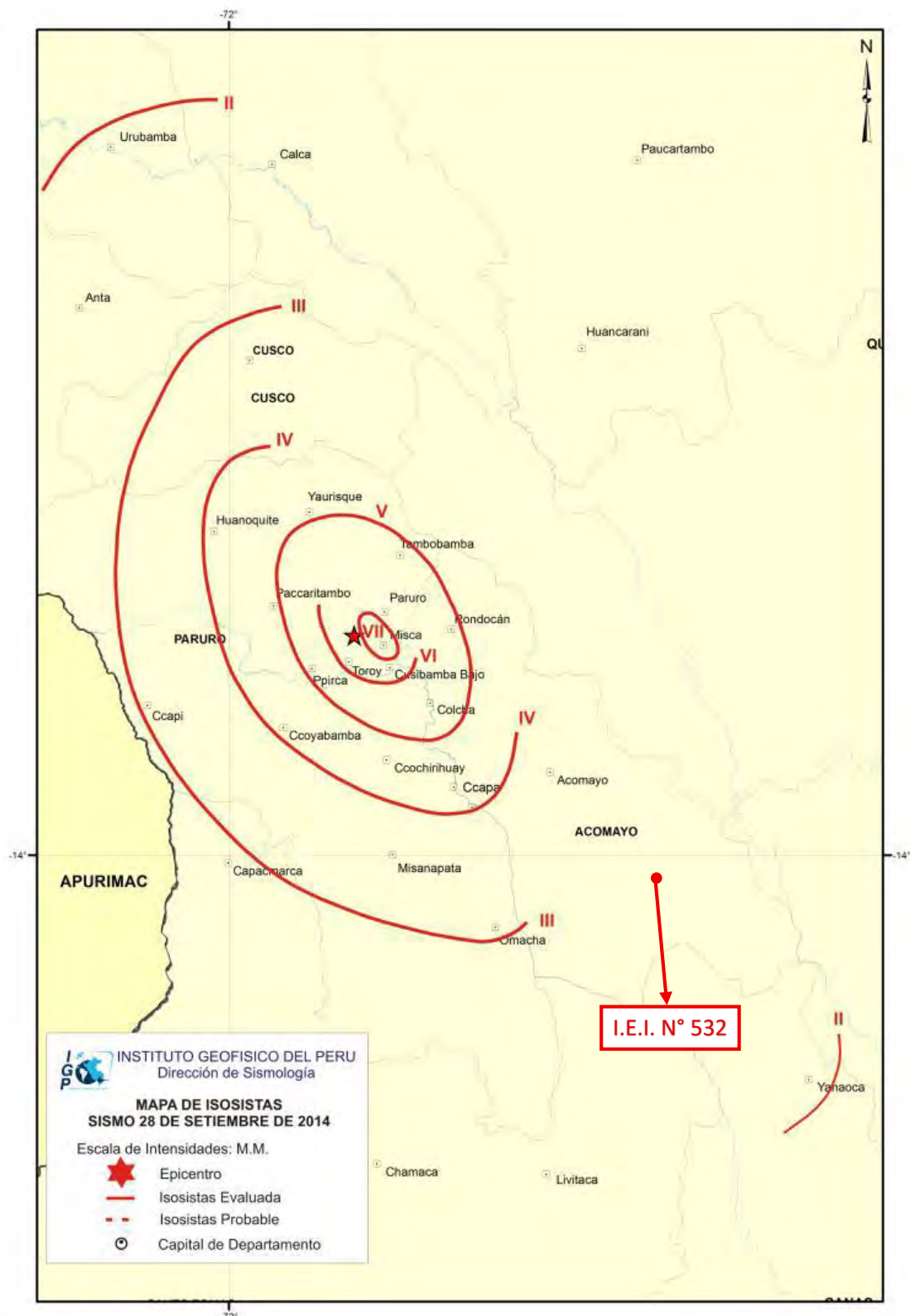
Delgado et al. (2014). Emplean una metodología descriptiva-analítica basada en evaluación post-sismo, integrando datos de campo, cartografía geológica, análisis estructural y revisión de fuentes secundarias. Se enfoca en la reactivación del segmento Misca-Cusibamba de la falla Paruro tras el sismo de magnitud 5.1 ML del 27/09/2014, evaluando efectos cosísmicos (grietas, deslizamientos), daños a infraestructura y vulnerabilidad de localidades afectadas. La metodología incluye: (1) caracterización de parámetros sísmicos (IGP), (2) contextualización geológica y geomorfológica, (3) mapeo de peligrosidad mediante superposición de factores (litología, pendientes), y (4) recomendaciones técnicas para gestión de riesgo.

**Aporte:** El análisis de riesgo sísmico realizado para la I.E.I. N° 532 incorpora los datos del sismo de 2014 (M5.1), evento que afectó directamente el área de estudio, como referencia fundamental para la evaluación de amenazas y vulnerabilidades.

El estudio sobre la reactivación del segmento Misca-Cusibamba de la falla Paruro emplea una metodología multidisciplinaria que incluye: análisis geomorfológico y geológico, con la identificación de unidades como montañas en roca sedimentaria, vertientes con depósitos coluviales, terrazas aluviales las cuales son más susceptibles a sufrir daños ante sismos y el cauce del río Paruro, además del mapeo de formaciones como Kayra, Soraya, Maras y depósitos cuaternarios, junto con la descripción de estructuras tectónicas como la falla Paruro y fallas menores; análisis sismológico, con la recopilación de información del sismo del 27 de septiembre de 2014 con epicentro a 10 km del suroeste de Paruro de Mw 5.1 con profundidad de 8 km y mecanismo de falla normal (Fig. 5).

En la zona de estudio se encuentra entre dos isosistas de magnitud II y III respecto al sismo estudiado, se menciona una geología de calizas de la Formación Maras y depósitos aluviales, coluviales y fluviales.

**Figura 5: Mapa de intensidades sísmicas correspondientes al sismo de Paruro (5.1ML).**



Nota. Modificado de Delgado et al. (2014).

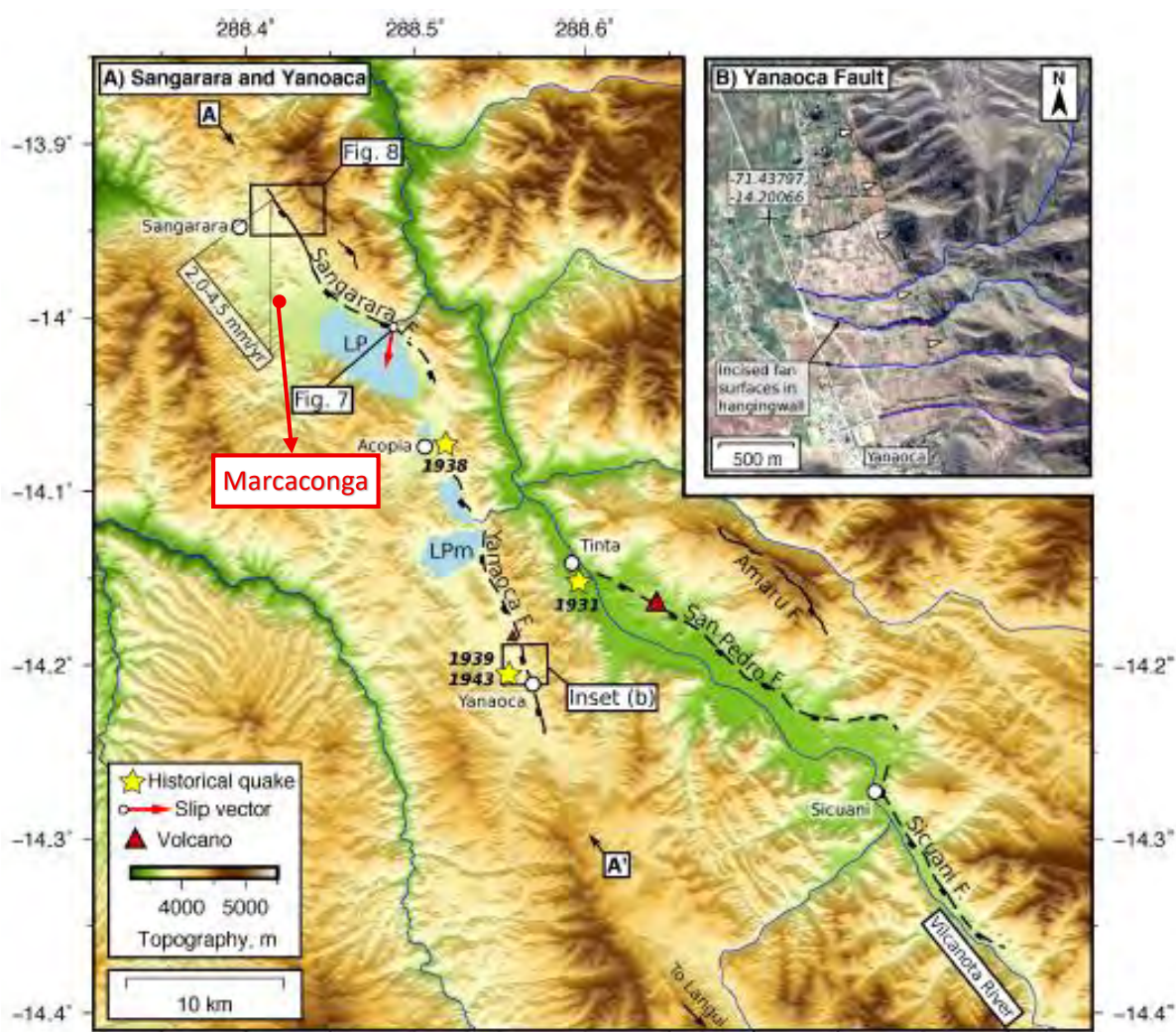
**Antecedente 12. Artículo científico “Wimpenny et al. (2020): Fallas normales activas en el sur del Perú: observaciones e implicancias dinámicas (Observations and Dynamical Implications of Active Normal Faulting in South Peru, Wimpenny)”**

Wimpenny et al. (2020). Aplican una metodología de este estudio comprende la caracterización de la cinemática, morfología y tasas de deslizamiento de fallas normales activas en el Altiplano del sur de Perú, mediante estudios de campo, análisis de Modelos de Elevación Digital (DEM) de alta resolución, datación cuaternaria y teledetección. Se integran observaciones de topografía y drenaje asociados a las fallas, evidencias de terremotos recientes, indicadores geológicos del tiempo y tasas de fallamiento, y la cinemática de las fallas más activas. Los datos obtenidos se utilizan para desarrollar un modelo físico que relaciona los cambios en la resistencia del despegue del antepaís subandino con el estilo de fallamiento y la deformación en el interior de la meseta.

**Aporte:** Principalmente sirve como dato y sustento de la actividad de la Falla Sangarará. El documento menciona que la falla Sangarara, una falla normal activa de 3 km con un escarpe de 50 m, ubicada al sureste de Cusco, exhibe movimiento normal NNE-SSW con componente de cizallamiento lateral izquierdo. La tasa de deslizamiento es de 1.5-3 mm/año en el Holoceno, con un desplazamiento total de 2250-3000 m y una tasa Plioceno-Cuaternaria de >0.4-0.6 mm/año. Estos datos se obtuvieron mediante una metodología que combina estudios de campo, análisis de modelos digitales de elevación de alta resolución, datación del Cuaternario, teledetección y modelado físico. Este enfoque multidisciplinario permite observar y mapear fallas, medir escarpes, recolectar muestras, analizar la topografía y el drenaje, y determinar las tasas de deslizamiento de las fallas. Además, se utiliza la datación por radiocarbono de morrenas y abanicos aluviales desplazados, así como imágenes de satélite para mapear las fallas y analizar su morfología. Finalmente, se desarrolla un modelo físico para relacionar los cambios en la resistencia del despegue del antepaís subandino con el estilo de fallamiento y la tasa de deformación dentro del interior de la meseta (Fig. 6)



**Figura 6: Vista general de la falla activa entre Sangarará y Yanaoca**



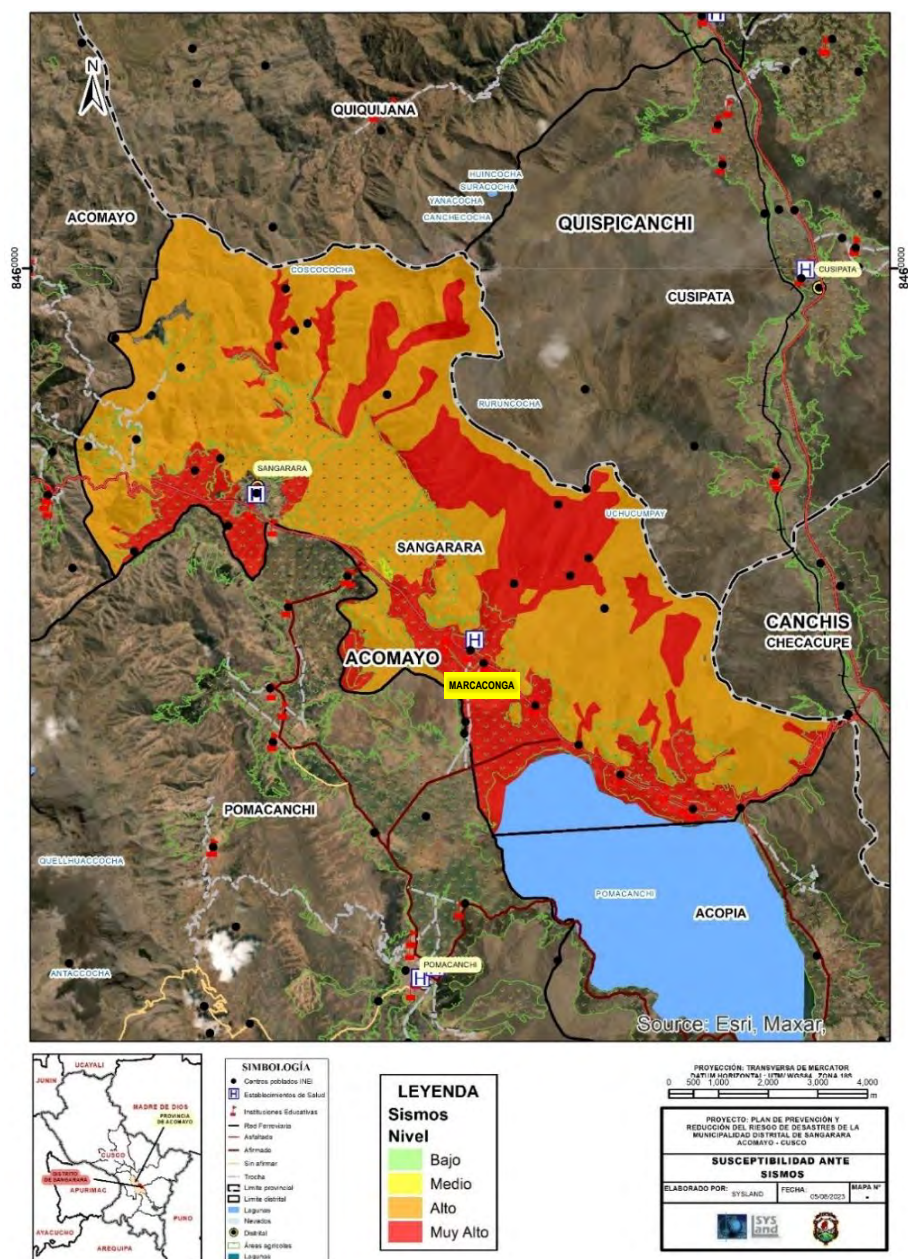
Nota: Modificado de Wimpenny et al. (2020)

### **Antecedente 13. Plan institucional “Municipalidad Distrital de Sangarará (2023): Plan de Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres de la Municipalidad Distrital de Sangarará al 2030”**

Municipalidad Distrital de Sangarará (2023). Documento que utiliza una metodología integral que evalúa peligros, vulnerabilidad y riesgos del distrito, considerando datos del Instituto de Defensa Civil y su contexto geográfico, social, económico e institucional. Identifica peligros como sismos, inundaciones, deslizamientos, heladas y sequías, analiza la vulnerabilidad de la población, infraestructura y sistemas socioeconómicos, y combina estos factores para determinar el nivel de riesgo.

**Aporte:** Sobre la zona de estudio, se determina un nivel alto ante el peligro por sismos (Fig. 7) por su cercanía a la falla Sangarará así como a la falla Tambomachay-Cusipata-Paruro como una de las principales fuentes sismogénicas. El documento no proporciona datos sísmicos específicos de Marcaconga, pero menciona que el distrito ha sido afectado por sismos históricos, como el ocurrido en 1950, que causó daños significativos en la región. Se destaca la importancia de considerar el peligro sísmico en la planificación territorial y el diseño de infraestructuras en el distrito.

**Figura 7: Mapa de Peligros Ante Sismos**



Nota. Modificado de Municipalidad distrital de Sangarará (2023)

## 1.7. HIPÓTESIS

### 1.7.1. Hipótesis general

El riesgo sería por movimientos sísmicos en la Institución Educativa de nivel inicial N° 532 es de niveles medio y/o alto ello por presentar un nivel de peligro de nivel medio y una alta vulnerabilidad social por el grupo etario y el tipo de construcción de adobe. La combinación de estas variables sugiere un alto nivel de riesgo sísmico que podría comprometer la seguridad de los estudiantes (niños de 3, 4 y 5 años), el personal administrativo y docente además de los pobladores aledaños a la institución ubicados en el área de influencia situado en el centro poblado de Marcaconga, Distrito de Sangarara, provincia de Acomayo del departamento del Cusco.

### **1.7.2. Hipótesis específicas**

1. Los niveles de peligro sísmico dentro del ámbito de influencia son de rangos medios y altos debido a la probabilidad de intensidad y magnitud de sismo, así como, estar ubicados en materiales cuaternarios arcillosos, confirmados mediante el estudio MASW 2D, con una capacidad portante relativamente baja, los cuales amplifican el impacto de los eventos sísmicos.
2. La población del área de estudio presenta un alto nivel de vulnerabilidad frente a movimientos sísmicos debido a la deficiencia estructural de las edificaciones, construidas principalmente en adobe sin refuerzos sísmicos, y principalmente a la vulnerabilidad social que posee la población por el grupo etario.
3. La reducción del riesgo por movimientos sísmicos se basa principalmente en el planteamiento de medidas de mitigación de riesgo relacionadas con el refuerzo estructural de los edificios y la implementación de programas de preparación para emergencias, los cuales son esenciales para proteger a la población.

## **1.8. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES Y DIMENSIONES**

### **1.8.1. Variables**

Nivel de peligro  
Nivel de vulnerabilidad  
Niveles de riesgo por sismos



## 1.9. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

### 1.9.1. Tipo de investigación

Según la aplicabilidad de los resultados es de tipo “Aplicada o Tecnológica”; se denomina aplicadas; porque “en base a investigación básica, pura o fundamental en las ciencias fácticas o formales se formulan problemas o hipótesis de trabajo para resolver los problemas de la vida productiva de la sociedad. Se llama también tecnológico, porque su producto no es un conocimiento puro, sino tecnológico” (Esteban, 2018). Manteniendo la originalidad de la misma, la presente investigación de tipo aplicada o tecnológica, pretende brindar soluciones que impacten a la sociedad, así como presentar un paradigma interpretativo en cual se orienta a comprender y explicar el riesgo por movimientos sísmicos a partir del análisis y la interpretación de su contexto.

### 1.9.2. Enfoque de la investigación

El enfoque de la presente investigación es mixto debido a que, surge de la necesidad de abordar problemas complejos donde no siempre es posible obtener resultados completamente objetivos, ya que suelen involucrar factores subjetivos. Este enfoque combina métodos cualitativos y cuantitativos, integrando datos provenientes de mediciones, encuestas, entrevistas y su respectivo análisis. En ingeniería, los datos cualitativos pueden influir en los cuantitativos; por ejemplo, al proyectar la curva de demanda futura, un análisis basado únicamente en datos históricos podría no reflejar adecuadamente la realidad, debido a factores económicos, contextuales y culturales que requieren un análisis cualitativo (Colomé & Femenia, 2018).

El enfoque es mixto, al integrar análisis cualitativos y cuantitativos. Se describieron inicialmente los factores del estudio, como las características del terreno y aspectos sociales. Posteriormente, estas variables cualitativas fueron ponderadas cuantitativamente utilizando la matriz de Saaty, siguiendo la metodología propuesta por CENEPRED (2018), lo que permite un análisis integral y fundamentado de los riesgos.

### 1.9.3. Nivel de investigación

- a. **Nivel Correlacional:** Tiene como “finalidad establecer el grado de relación o asociación no causal existente entre dos o más variables. Se caracterizan porque primero se miden las variables y luego, mediante pruebas de hipótesis correlacionales y la aplicación de técnicas estadísticas, se estima la correlación” (Marroquín, 2013).

En la presente tesis se correlaciona las variables de riesgo con las de vulnerabilidad y peligro conforme a sus factores condicionantes y desencadenante dentro de la Institución Educativa de nivel inicial N° 532.

- b. **Nivel Explicativo:** Se encarga de buscar el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto. “En este sentido, los estudios explicativos pueden ocuparse tanto de la determinación de las causas (investigación postfacto), como de los efectos (investigación experimental), mediante la prueba de hipótesis. Sus resultados y conclusiones constituyen el nivel más profundo de conocimientos” (Marroquín, 2013).

Se explican los factores que contribuyen al aumento de niveles de riesgo ante sismos mediante la caracterización del peligro (factores condicionantes y el factor desencadenante).

#### 1.9.4. Diseño de investigación

Un “diseño de investigación no experimental se basa en categorías, conceptos, variables, sucesos, comunidades o contextos que se dan sin la intervención directa del investigador, es decir; sin que el investigador altere el objeto de investigación. En la investigación no experimental, se observan los fenómenos o acontecimientos tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlos. En un estudio no experimental no se construye ninguna situación, sino que se observan situaciones ya existentes” (Instituto de Educación Técnica Profesional, 2018).

El diseño de esta investigación es no experimental dado que, se trata de identificar el riesgo geológico de la zona de estudio a través del cálculo del peligro y vulnerabilidad ante el fenómeno por movimientos sísmicos; las variables mencionadas no pueden ser operadas de una manera directa más sino, se observa e interpretan a través de un análisis cualitativo - descriptivo.

#### 1.9.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

**Tabla 3: Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

<b>TÉCNICAS</b>	<b>INSTRUMENTOS</b>
Documentos y adquisición de datos	Se utilizaron fuentes documentales como: Libros, reglamentos, artículos y documentación oficial publicada en internet. Además, se ha solicitado información a entidades públicas y privadas.
Cartografiado geológico	Brújula, GPS, lupa, ácido clorhídrico, cuaderno de campo, lápiz, planos base y topográficos, imágenes satelitales, etc.
Caracterización geotécnica	Libreta de campo, celular con cámara, herramientas de especialidad, instalaciones laboratorio especializado, etc.
Cuestionarios y encuestas personales	Ficha de encuesta, tableros y materiales de escritorio
Inspección de viviendas	Fotografías y libreta de campo
Registro topográfico	Celular con cámara

Nota. Adaptado de Caro (2021)

#### 1.9.6. Metodología y procedimiento de trabajo

##### 1.9.6.1. Etapa de pre campo (Gabinete I)

Esta etapa consiste en la recopilación y análisis de información secundaria relevante para la investigación. Se lleva a cabo la revisión de trabajos de investigación, proyectos, mapas geológicos y geotécnicos, así como tesis relacionadas con la evaluación del riesgo sísmico y la caracterización geológica del área. La información obtenida permite establecer una base de referencia y contextualizar el estudio en función de los antecedentes existentes.

Posteriormente, se procede con la delimitación del área de estudio, determinando su extensión exacta mediante el uso de coordenadas geográficas y considerando la accesibilidad

del terreno para la ejecución de actividades de campo. Este proceso es fundamental para planificar la logística y definir los puntos clave de muestreo y observación.

Para complementar la información, se realiza la fotointerpretación de imágenes satelitales georreferenciadas, lo que permite identificar unidades geológicas, estructuras tectónicas y características geomorfológicas relevantes. Esta actividad se lleva a cabo utilizando imágenes de alta resolución, permitiendo la detección de rasgos superficiales que podrían influir en la propagación de ondas sísmicas o en la estabilidad del terreno.

A partir de la información recopilada y procesada, se elabora un mapa base a escala predeterminada, que servirá como referencia para el trabajo de campo. En paralelo, se diseña un formato estructurado para la recolección de datos in situ, asegurando que la información obtenida sea organizada, sistemática y útil para el análisis posterior.

#### **1.9.6.2. Etapa de campo**

La fase de campo consiste en la ejecución de actividades destinadas a la caracterización geológica, geomorfológica y geotécnica del área de estudio. Inicialmente, se realiza un reconocimiento general de la zona, con el propósito de validar la información obtenida en la fase de Pre Campo y ajustar la delimitación si es necesario. Este reconocimiento permite ubicar afloramientos de interés, identificar condiciones del suelo y registrar evidencias de inestabilidad o actividad tectónica.

Posteriormente, se lleva a cabo el mapeo geológico, en el cual se identifican y describen las unidades litológicas presentes, los contactos entre formaciones y cualquier rasgo estructural relevante, como fracturas o fallas. Se registran datos de rumbo y buzamiento utilizando brújula geológica y GPS, garantizando la precisión en la ubicación y caracterización de los elementos observados.

La caracterización del área de estudio se complementa con la recolección de datos geotécnicos, registrando propiedades del suelo y roca que puedan influir en la estabilidad de la zona. Se documentan aspectos como la compactación del suelo, la presencia de materiales sueltos y la inclinación de taludes que puedan representar un factor de riesgo en caso de actividad sísmica.

Como parte del trabajo de campo, se realiza la obtención de muestras de roca y suelo en puntos estratégicos, asegurando que estas sean representativas de las condiciones del terreno. Se clasifican y etiquetan correctamente para su análisis posterior, considerando su litología, grado de alteración y otras características físicas relevantes. Además, se extraen muestras adicionales que serán sometidas a ensayos en laboratorio, con el fin de determinar sus propiedades mecánicas y su comportamiento ante eventos sísmicos.

#### **1.9.6.3. Etapa de post campo**

En esta etapa, los datos recopilados en campo son procesados e interpretados con el objetivo de generar información estructurada que permita evaluar el riesgo sísmico en la zona de estudio. Se realiza la sistematización de datos geológicos y geotécnicos, organizando la información en bases de datos y ajustándola a formatos estandarizados para su análisis comparativo.

Se elaboran mapas temáticos a escala predeterminada, representando la distribución de unidades geológicas, la ubicación de estructuras tectónicas y las zonas con mayor susceptibilidad a efectos sísmicos. Estos mapas se construyen a partir de la integración de los datos de campo con la información obtenida en la fase de Pre Campo, permitiendo visualizar espacialmente las áreas de mayor riesgo.

Las muestras recolectadas son sometidas a una descripción detallada, considerando aspectos macroscópicos como textura, color, composición y grado de alteración. Posteriormente, se llevan a cabo ensayos geomecánicos en laboratorio, donde se evalúan parámetros como resistencia a la compresión, cohesión, permeabilidad y compactación, según corresponda al tipo de material analizado. Estos ensayos permiten obtener valores cuantitativos que serán utilizados para modelar el comportamiento del suelo y roca ante eventos sísmicos.

Finalmente, se procede con la redacción del documento de tesis, integrando todos los resultados obtenidos en las fases anteriores. Se presentan los hallazgos de manera estructurada, acompañados de gráficos, mapas y tablas que respalden la evaluación del riesgo sísmico en la Institución Educativa N° 532. La información obtenida se discute en función de la literatura científica existente, permitiendo establecer conclusiones y recomendaciones orientadas a la mitigación del riesgo sísmico en la zona de estudio.

## CAPÍTULO II: CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ÁREA DE ESTUDIO

### 2.1. Área de estudio

Para esta investigación, se ha delimitado el área de estudio a aquella zona que incluye tanto el área de influencia y la Falla Sangarará, ubicada a 1 km de la Institución Educativa de nivel inicial N° 532; en conformidad con los lineamientos que CENEPRED en el 2020 brinda para infraestructuras educativas.

En el área de estudio se han identificado viviendas construidas de adobes con dimensiones aproximadas de 40 cm de largo, 40 cm de ancho y 10 cm de espesor, las cuales corresponden a las dimensiones convencionalmente empleadas en el Perú. Este tipo de adobe genera muros de considerable espesor y masa, condición que influye en su comportamiento frente a la acción sísmica, ya que incrementa la rigidez estructural, pero también la vulnerabilidad ante esfuerzos laterales. En contraste, en la arquitectura del periodo incaico los adobes presentaban dimensiones variables y formas irregulares, elaboradas de manera artesanal, lo que dio lugar a sistemas constructivos adaptados al entorno, caracterizados por muros masivos y una configuración geométrica y constructiva empírica, que favorecía una mayor estabilidad frente a la acción sísmica.

### 2.2. Área de influencia

El área de influencia de la presente investigación fue determinada conforme a los “Lineamientos para la elaboración del informe de evaluación del riesgo de desastres en proyectos de infraestructura educativa” publicada mediante Resolución Jefatural N° 058-2020 CENEPRED/J; mismo donde se define como aquella área 100 m a la redonda del predio de la Institución Educativa de nivel inicial N° 532; las coordenadas del área de influencia se encuentra dentro de las coordenadas indicadas en la tabla a continuación:

**Tabla 4: Coordenadas del área de influencia**

X	Y
222563.44	8453431.60
222338.36	8453642.11
222836.09	8453727.17
222383.72	8453729.34
222578.43	8453951.00

### 2.3. Programa arquitectónico de la institución educativa

Dentro de los módulos de la infraestructura educativa se comprenden distintos ambientes descritos a continuación (Fig. 8 y 9):

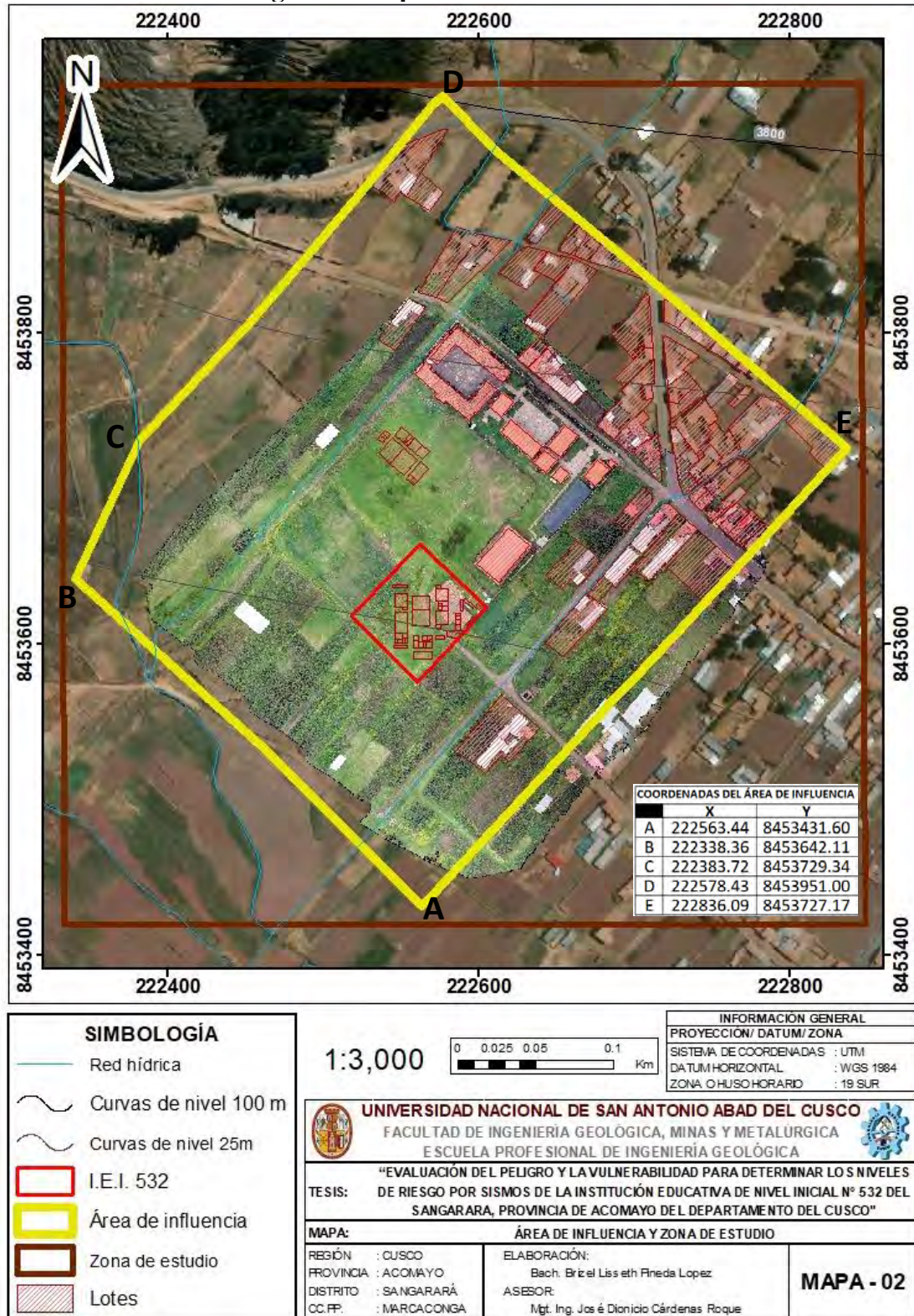
Figura 8: Distribución arquitectónica de la I-E-I- N° 532



Nota. Modificado de consultor Hugo Rony Suyo Castillo (especialidad de arquitectura)



Figura 9: Mapa del área de influencia



### 2.3.1. Aulas

Representan ambientes donde se desarrollan actividades pedagógicas con niños(as) de 3,4,5 años de edad. Son espacios flexibles, que permite diferentes distribuciones y/o agrupamiento del mobiliario educativo para la realización de actividades, como juego libre en

sectores, asambleas, trabajos individuales y grupales, alimentación, descanso y guardado de objetos, entre otras. Todas las aulas se organizan de modo que favorece la accesibilidad con autonomía y comodidad por parte de los niños y niñas; así como, el personal docente.

Teniendo en cuenta la demanda de 3 aulas pedagógicas con un mínimo de 25 alumnos y un máximo de 26, se consideró el dimensionamiento del módulo del aula para un total de 25 alumnos.

El dimensionamiento del aula se utilizó el índice de ocupación de 2.40 m<sup>2</sup> por estudiante; obteniéndose: Aula = (25 niños(as) \* 2.40 m<sup>2</sup>) = 60.00 m<sup>2</sup>.

### 2.3.2. Salón de Usos Múltiples

Ambiente que permite el desarrollo de diferentes actividades dentro y fuera del horario escolar y promueve la interacción de los niños, los padres y la comunidad con fines pedagógicos. Además de su característica como sala de usos múltiples, en el proyecto se contempla su utilización como comedor del programa nacional de alimentación escolar Qali Warma. El dimensionamiento del ambiente es de 86.96 m<sup>2</sup>.

#### 2.3.2.1. Cocina

Es el ambiente de uso exclusivo donde se preparan alimentos saludables para el consumo de la comunidad educativa. Debe complementarse con el almacén de alimentos, depósito de combustible y cuarto de limpieza. Se plantea un ambiente de cocina con su respectivo depósito, debido a que el SUM funcionará como comedor del programa nacional de alimentación escolar Qali Warma. La propuesta considera un área de 16.74 m<sup>2</sup>, con su respectivo Almacén de insumos de 6.27 m<sup>2</sup> y depósito de Combustible de 4.64 m<sup>2</sup>.

### 2.3.3. Patio y área de juegos

Este ambiente está representado por los espacios exteriores donde se enfatizan las actividades recreativas, permitiendo a la vez el desarrollo de actividades pedagógicas. En caso del proyecto se consideró un patio de 131.09 m<sup>2</sup> y 4 áreas de juegos alrededor del patio que varían desde áreas de 18.62 m<sup>2</sup> a 19.17 m<sup>2</sup>, teniendo un total de 80.87 m<sup>2</sup>.

### 2.3.4. Área de ingreso

Este ambiente está destinado a las situaciones de encuentro de la comunidad educativa, así como a la espera de las personas adultas responsables de los niños y niñas en los momentos de ingreso y salida. El proyecto cuenta con un área de 28.54 m<sup>2</sup>.

### 2.3.5. Gestión administrativa y pedagógica

Son ambientes donde se planifican, gestionan y desarrollan actividades administrativas y pedagógicas dentro de la institución educativa. En el proyecto, todo el módulo administrativo representa un bloque de 1 nivel ubicado en la parte central del terreno, aledaña al área de ingreso. Esta contará con los ambientes estipulados en la normativa, y cada uno contará con la iluminación y ventilación adecuada con un área total de 50.90 m<sup>2</sup>. La propuesta contempla las áreas mínimas contempladas en la Norma, las cuales fueron adaptadas en el bloque administrativo.

- Área de espera
- Espacios para personal
- Archivo



- Sala de reuniones
- Sala para el personal docente

**Tabla 5: Programa arquitectónico**

TIPO	NOMBRE DEL AMBIENTE	CANTIDAD	CAPACIDAD.	ÁREA TOTAL
AMBIENTES BÁSICOS	A	Aula 3 años	1	25
		Aula 4 años	1	25
		Aula 5 años	1	25
	D	Depósito de Materiales	3	1
		SUM -Comedor	1	75
		Depósito SUM	1	--
		Cocina	1	--
		Depósito Insumos	1	--
		Recepción e Inspección de Alimentos	1	--
		Depósito combustible	1	--
		SS.HH. Y vestidor	1	--
	F	Área de Ingreso	1	75
		Patio	1	75
		Área de Juegos	4	75
AMBIENTES COMPLEMENTARIOS	GESTIÓN ADMINISTRATIVA Y PEDAGÓGICA	Espacio para el personal Administrativo	1	1
		Área de Espera	1	3
		Sala de Reuniones	1	8
		Archivo	1	1
		Sala de Docentes	1	3
		Tópico y Psicología	1	1
	SERVICIOS GENERALES	Almacén General	1	3
		Vigilancia	1	1
		Cuarto de Limpieza	1	--
		Depósito de Residuos Solidos	1	--
		Cuarto de Máquinas y cisterna	1	--
		Cuarto Eléctrico	1	--
	SERVICIOS HIGIÉNICOS	Estacionamiento	1	2
		Servicios Higiénicos para Varones	2	2L, 2U, 2I
		Servicios Higiénicos para Mujeres	2	2L, 2I
		Servicios Higiénicos para Mixto	1	1L, 1U, 1I
		Servicios Higiénicos para personal administrativo y docente	1	1L, 1I

Nota. Modificado de Consultor Hugo Rony Suyo Castillo (especialidad de arquitectura)

## 2.4. Situación actual de la I.E.I. N° 532

La infraestructura de la I. E. I. N° 532, con 22 años de antigüedad, se encuentra en mal estado debido a su construcción en adobe sin criterios técnicos ni refuerzos estructurales. Los bloques existentes, utilizados como aulas para niños de 3, 4 y 5 años, así como el área administrativa, presentan techos de teja artesanal sobre correas y torta de barro, pisos de madera machihembrado y revestimientos de yeso y mortero de cemento. Además, algunas divisiones de triplay utilizadas como almacenes reflejan intervenciones improvisadas que agravan su precariedad. Las áreas exteriores también muestran deterioro. El patio y las veredas de concreto simple, a pesar de estar en funcionamiento, evidencian desgaste y fisuras por el paso del tiempo.

El cerco perimétrico de adobe, con más de dos décadas de antigüedad, solo funciona parcialmente, representando un riesgo ante eventos sísmicos o climáticos adversos; en el marco normativo de edificaciones del Perú no se cumple ninguna (Fig. 10).

**Figura 10: Situación actual de la I-E-I- N° 532**



## 2.5. Características sociales

La demanda de la Institución Educativa de nivel inicial N° 532 involucra a la población del centro poblado de Marcaconga, mismo que se ubica en el distrito de Sangarará cuyas características de la población y el cálculo de los niveles de vulnerabilidad de la población y viviendas del área de influencia, a presentarse ha sido obtenida mediante encuestas realizadas a la población de demanda y a las fichas de campo que se han realizado a la infraestructura de las viviendas pertenecientes al área de influencia (Tabla 5 a la Tabla 11).

- Personal de la institución educativa

**Tabla 6: Personal de la I. E. I. 532**

PERSONAL DE I. E. I. N° 532		CANTIDAD
Aula 1	Alumnos de 3 años	21
Aula 2	Alumnos de 4 años	18
Aula 3	Alumnos de 5 años	26
Docentes		3
Director (a)		1
Auxiliar		1
<b>TOTAL</b>		<b>70</b>

Nota. Modificado de Ministerio de Educación, (2024)

- Grupo etario

**Tabla 7: Grupo etario**

Grupo Etario	Total	Porcentaje
de 0 a 5	46	26.44%
de 6 a 12	19	10.92%
de 13 a 18	23	13.22%
de 19 a 30	27	15.52%
de 31 a 54	52	29.89%
de 55 a 65	4	2.30%
mayor a 66	3	1.72%

- Número de habitantes

**Tabla 8: Número de habitantes**

Número de habitantes	Total	Porcentaje
1	0	0%
2	2	5%
3	6	15%
4	20	50%
5	6	15%
6	2	5%
7	3	7.5%
8	0	0%
9	1	2.5%

- Abastecimiento de agua

**Tabla 9: Abastecimiento de agua**

Abastecimiento de Agua	Total	Porcentaje
No cuenta con servicio	1	2.5%
Manante o similar	0	0%
Camión cisterna	0	0%
Pilón público	0	0%
Red pública (JASS)	39	97.5%

- Alumbrado público

**Tabla 10: Tipo de alumbrado público**

Tipo de alumbrado público	Total	Porcentaje
No cuenta	2	5%
Vela, mechero, etc.	0	0%
Lámpara, gas, petróleo, etc.	0	0%
Grupo electrógeno	0	0%
Servicio eléctrico	38	95%

- Material de construcción

**Tabla 11: Material de construcción**

Material de construcción	Total	Porcentaje
Plásticos, palos, calaminas y/o mixto	0	0%
Adobe	37	92.5%
Ladrillo, bloqueta	3	7.5%
Acero, dry wall	0	0%
Concreto armado	0	0%

- Estado de conservación

**Tabla 12: Estado de conservación de la vivienda**

Estado de conservación	Total	Porcentaje
Muy malo	0	0%
Malo	4	10%
Medio	18	45%
Bueno	14	35%
Muy bueno	4	10%

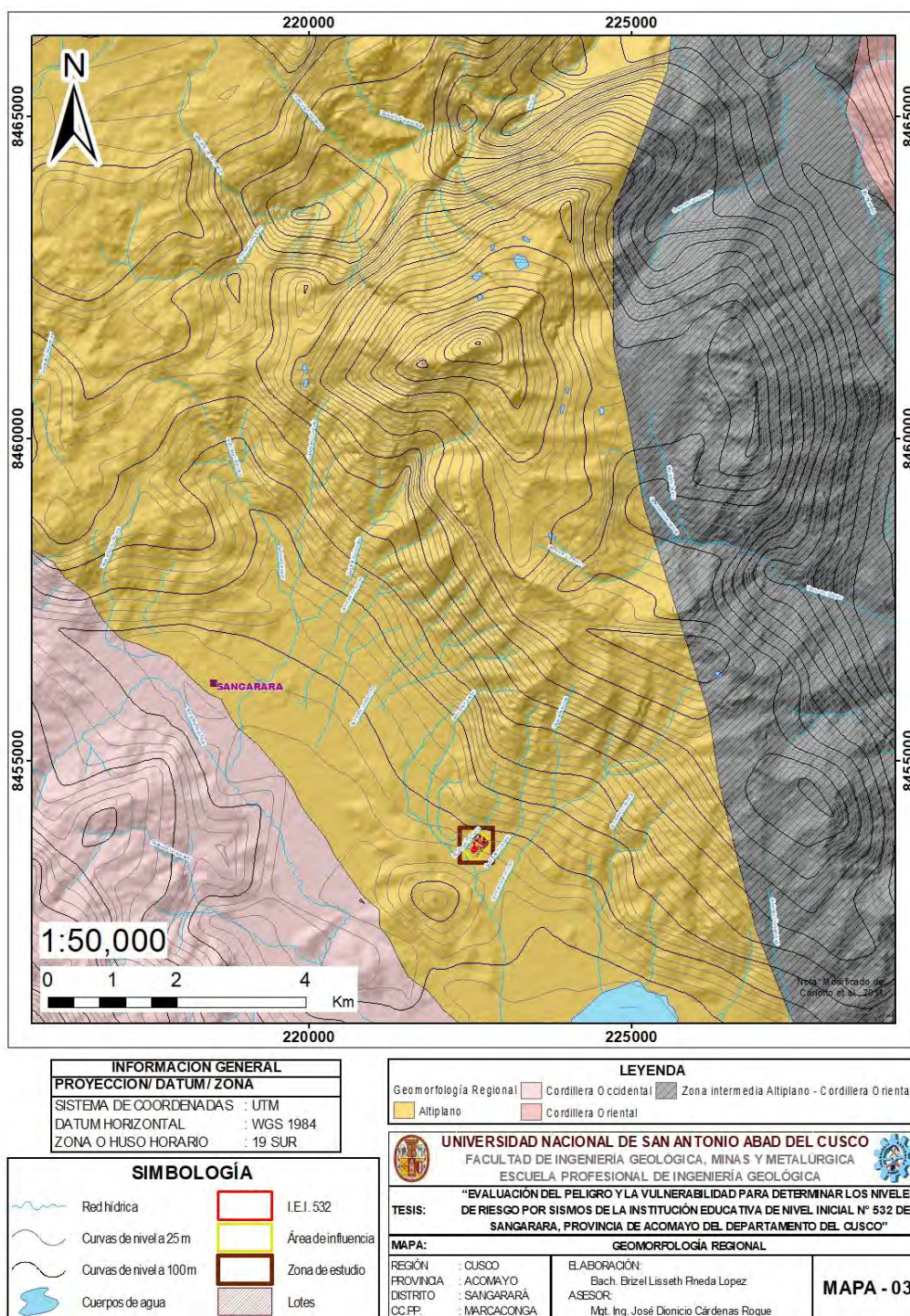


## CAPÍTULO III: GEOMORFOLOGÍA

### 3.1. GEOMORFOLOGÍA REGIONAL

Según Carlotto et al., 2011 regionalmente se identifican cuatro unidades geomorfológicas o morfoestructurales regionales: Cordillera Oriental, zona intermedia Altiplano-Cordillera Oriental, Altiplano y borde NE de la Cordillera Occidental. El área de estudio se encuentra en la unidad del Altiplano (Fig. 11).

**Figura 11: Mapa de geomorfología regional**



Nota: Modificado de Carlotto et al., (2011)

### 3.1.1. Cordillera Oriental

La “Cordillera Oriental se caracteriza por relieves ondulados con altitudes que varían entre 4000 y 4500 m s.n.m. Las laderas del flanco norte del río Vilcanota son accidentadas, con quebradas transversales de dirección NE-SO. La tectónica se manifiesta en fallas inversas y cabalgamientos NO-SE con vergencia SO, asociados a pliegues que afectan las formaciones del Siluro-Devónico. La Cordillera Oriental está delimitada al sur por fallas NO-SE (Pitucancha y Urcos) que la separan del Altiplano. Al norte, se encuentra el sistema de fallas Churo” (Carlotto et al., 2011). Las vertientes empinadas y relieves escarpados incrementan la energía potencial, facilitando desprendimientos masivos por aceleración sísmica.

### 3.1.2. Zona intermedia Altiplano – Cordillera Oriental: Anticlinal del Vilcanota

Esta unidad “se extiende en dirección NO-SE, separando el Altiplano de la Cordillera Oriental. Presenta una variedad de rocas paleozoicas y mesozoicas, incluyendo pizarras, cuarcitas, calizas, margas, areniscas, lutitas y volcanitas. Las alturas máximas superan los 4800 m s.n.m., destacando las Montañas de Pachatusan con laderas abruptas al norte y suaves al sur. El valle del río Vilcanota, un valle interandino que recorre la zona de estudio de SE a NO, se encuentra sobre el sistema de fallas Vilcanota, Urcos y Huambutío. El río ha formado terrazas fluvio-aluviales con laderas empinadas. Pequeños cuerpos de volcánicos monogenéticos de edad pliocuaternaria se han emplazado sobre las fallas regionales NO-SE” (Carlotto et al., 2011). La configuración de relieve estructural plegado actúa como zona de ruptura que acentúa la deformación superficial durante eventos telúricos.

### 3.1.3. Altiplano

El “Altiplano se extiende en la prolongación noroeste de la altiplanicie que viene desde Bolivia, limitando al sur con el borde NE de la Cordillera Occidental y al norte con la Cordillera Oriental mediante la zona intermedia Altiplano-Cordillera Oriental, caracterizada por el anticlinal de Vilcanota. Es una altiplanicie con altitudes entre 3800 y 4000 m s.n.m., la acción de ríos y glaciares ha creado una configuración agreste. En el cuadrante II, se definen la meseta de Huacocha y la planicie de Pomacanchi, donde se ubica la zona de estudio” (Carlotto et al., 2011). Considerando que esta geoforma influye en una posible amplificación y/o propagación de un movimiento sísmico debido a la morfología uniforme.

### 3.1.4. Cordillera occidental

El “Borde NE de la Cordillera Occidental, ubicado en el límite sur del cuadrángulo, se caracteriza por un relieve abrupto con fuertes pendientes y altitudes que varían entre los 4000 y 5000 m s.n.m. El río Apurímac, que corta la Cordillera Oriental, forma un valle encañonado con laderas muy empinadas. La geomorfología de esta unidad se define por la predominancia de laderas escarpadas y valles profundos labrados por la erosión fluvial y glacial. Las montañas presentan crestas agudas y cimas irregulares. En el cuadrante II, se destaca la planicie de Accha, una superficie de erosión labrada en rocas volcánicas del Grupo Tacaza cubierta por material morrénico, dentro se encuentra la falla de Paruro, una falla inversa de rumbo NO-SE que buza al NE. Esta falla pone en contacto las formaciones del Grupo Yuncaypata (Cretácico) con las del Grupo San Jerónimo (Eoceno-Oligoceno). Muestra evidencias de un juego cuaternario antiguo formando facetas triangulares. La falla de Paruro evidencia actividad tectónica ha contribuido a la formación del valle encañonado del río Apurímac” (Carlotto et al., 2011). Sus mesetas disectadas y cañones profundos generan efectos de cresta y amplificaciones topográficas que vulneran la estabilidad de las cimas.



### 3.2. GEOMORFOLOGÍA LOCAL

#### 3.2.1. UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS LOCALES

Figura 12: Mapa de unidades geomorfológicas locales





#### **3.2.1.1. Colina en roca sedimentaria (RC-rs)**

Una colina en roca sedimentaria (RC-rs) se define como una elevación del terreno con una altura relativa de 100 a 500 metros, donde predominan las rocas sedimentarias (Carlotto et al., 2011). Esta geoforma se ubica en las partes más altas de la zona de estudio cuyas pendientes son más pronunciadas que oscilan entre los 0° a 5° en zonas de pendiente baja al NE y de 15 a 25° mayormente y desde donde nacen las quebradas que evocan en el centro poblado de Marcaconga.

#### **3.2.1.2. Vertiente o piedemonte aluvial (V-al)**

Es una planicie inclinada a ligeramente inclinadas y extendidas, posicionadas al pie de estribaciones andinas o los sistemas montañosos, formadas por la acumulación de sedimentos acarreados por corrientes de agua estacionales, que pueden formar abanicos debido al movimiento lateral-cíclico del curso de los ríos o quebradas que los originan; la pendiente de estos depósitos es suaves a moderadas (1°-15°) (Soncco & Ojeda, 2022). Dentro del área de estudio ocupa la mayor parte de los lotes de urbanización del centro poblado de Marcaconga cuya pendiente es de 0° a 5°.

#### **3.2.1.3. Cauce de río**

El cauce de río corresponde principalmente al cauce y lechos de la Quebrada Marcaconga y la Quebrada Pucarana, dentro de los cuales se distingue principalmente al riachuelo Pomanca, se consideran aquellos como los principales recolectores del drenaje fluvial cuya pendiente oscila de 0° a 5°.

### **3.3. MODELO DE ELEVACIÓN DIGITAL**

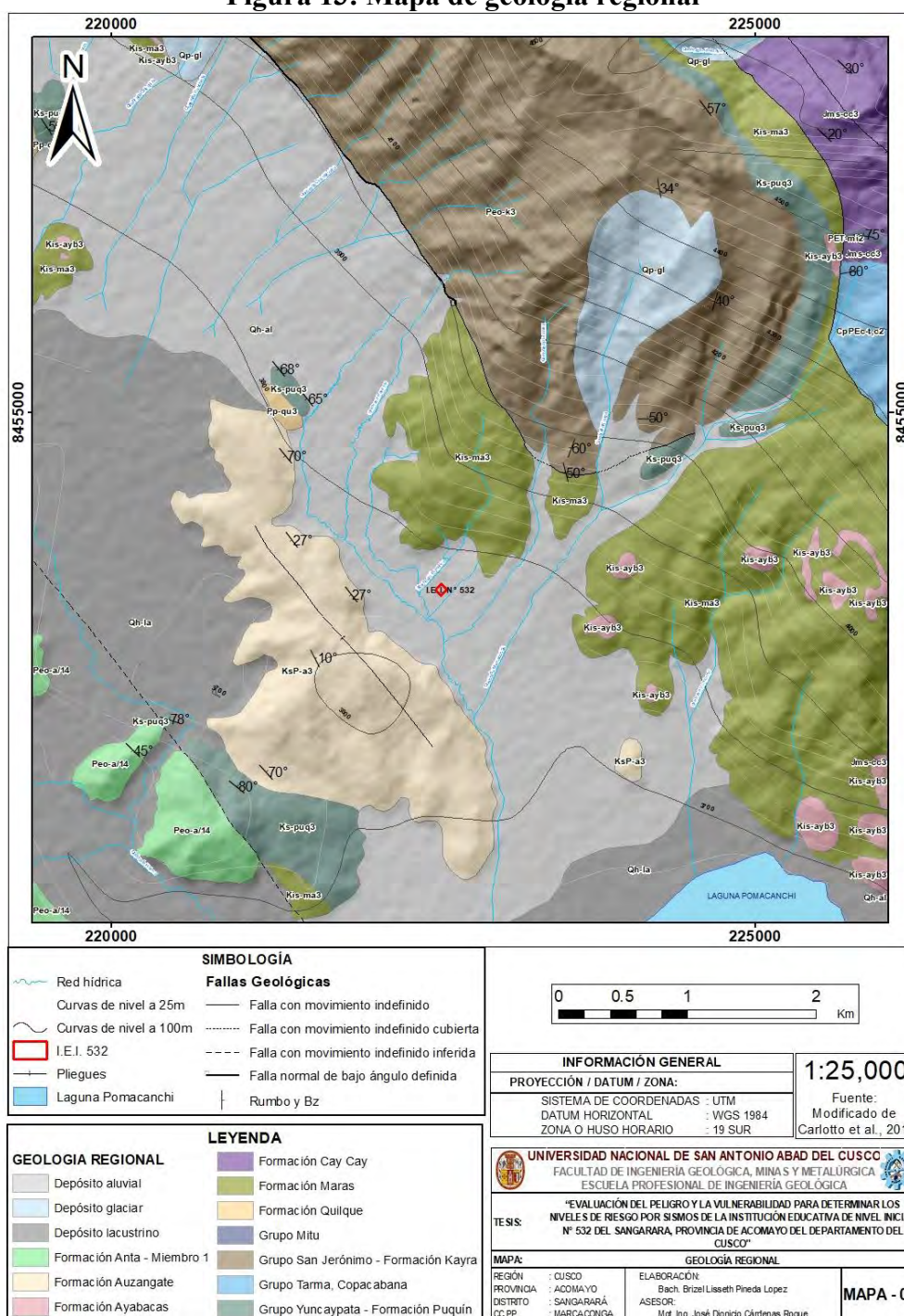
La zona de estudio presenta un relieve con altitudes que varían entre los 3600 y 3900 m s. n. m., mientras que el centro poblado de Marcaconga, donde se localiza la I.E.I. N.° 532, se encuentra entre los 3700 y 3750 m s. n. m. Las mayores elevaciones se ubican al norte y sur de la institución educativa.

## CAPÍTULO IV: GEOLOGÍA

### 4.1. Geología regional

El área de estudio regionalmente ha sido descrita en el Cuadrángulo de Cusco dentro de las cuales se ha cartografiado unidades geológicas como: Grupo Tarma-Copacabana, Grupo San Jerónimo - Formación Kayra, Grupo Mitu, Formación Quilque, Formación Puquín, Formación Ayabacas, Formación Auzangate, Formación Maras, Formación Cay Cay, Formación Anta - Miembro 1, depósito glaciar, depósito lacustrino y depósito aluvial descritas por Carlotto et al., 2011 (Fig. 20)

**Figura 13: Mapa de geología regional**



#### 4.1.1. Grupo Copacabana (PE-i)

El grupo está compuesto principalmente por “calizas y lutitas marinas. Las calizas son de grano fino, oolíticas o nodulosas, de color gris blanquecino a negro. Estas rocas se caracterizan por presentar fósiles silicificados de fusulinas, braquiópodos, corales, etc. Las lutitas son negras, conteniendo restos de plantas. Sin embargo, hacia el techo, se puede presentar intercalaciones de lutitas rojas, areniscas blancas y capas de calizas. Las calizas se han depositado en una plataforma interna de rampa carbonatada, afectada por las transgresiones y regresiones durante el Pérmico inferior” (Carlotto et al., 2011). Posible colapso en caso encontrarse cavernas ello por la karstificación.

#### 4.1.2. Grupo Mitu – Formación Pachatusan (PET-m2)

La unidad está “constituida por brechas, aglomerados y coladas volcánicas de basaltos, aunque también se presentan riolitas e ignimbritas. Estas rocas volcánicas se intercalan con rocas sedimentarias, caracterizándose por su color rojo violáceo («concho de vino») que permite reconocerlas rápidamente en el campo. Los basaltos que muchas veces se presentan como espilitas parecen constituir su parte más importante. La Formación Pachatusan se caracteriza además por la presencia de conglomerados de conos aluviales y areniscas fluviales que están intercalados con las rocas volcánicas. El espesor de esta unidad varía entre 300 y 500 m” (Carlotto et al., 2011). Ante un sismo la incidencia es baja por la litología descrita.

#### 4.1.3. Formación Caicay (Jmc-cc)

Esta unidad está compuesta principalmente por “areniscas cuarzosas rojas, rosadas y blancas. Se presenta en bancos gruesos masivos, intercalados o no con limolitas rojas y escasos lentes calcáreos. Algunos niveles muestran numerosas estratificaciones cruzadas, métricas a plurimétricas; además de granos de cuarzo modelados en facetas o con superficies mates, lo que indica un origen eólico. Sin embargo, la mayor parte de facies arenosas y también conglomerádicas son de origen fluvial. Los niveles conglomerádicos contienen elementos redondeados o angulosos de cuarzo y limolitas” (Carlotto et al., 2011). Materiales susceptibles a una reflexión de ondas en los planos de estratificación al cambio de litología.

#### 4.1.4. Formación Maras (Kis-ma)

Está compuesta básicamente por “mezclas de yesos y lutitas rojas y más escasamente lutitas verdes y algunos niveles de calizas de espesores delgados (3 a 7 metros) o calizas más gruesas que en realidad corresponden a las calizas deslizadas de la Formación Ayabacas. Las lutitas parecen ser de origen lacustre, los yesos de sabkha y las calizas marinas de muy poca profundidad” (Carlotto et al., 2011). Ante sismos podrían pasar asentamientos diferenciales o colapsos de cavidades.

#### 4.1.5. Formación Ayabacas (Kis-ayb)

Las Calizas Ayabacas, con un espesor variable, “están constituidas principalmente por calizas frecuentemente dolomitizadas. Se han identificado facies margosas gris oscuras, mudstone bioturbadas o no, wackestone-packstone más o menos bioclásticas y, en menor proporción, grainstone con oolitos de bioclastos o granos de cuarzo. Algunas facies presentan estructuras de emersión (disolución), niveles brechados y estructuras slump” (Carlotto et al., 2011). Un sismo en este tipo de formación podría provocar asentamientos locales y desprendimientos.

#### 4.1.6. Formación Puquin (Kis-puq)

Afloramientos que comienzan con “bancos arenosos fluviales, seguidos por intercalaciones de lutitas, margas y calizas lacustres e intertidales, en tanto que la parte media y superior grano-estrato creciente está representado por areniscas feldespáticas de color rojo y de origen fluvial, de procedencia sur” (Carlotto et al., 2011). Las lutitas son materiales que tienden a amplificar los sismos.

#### 4.1.7. Formación Ausangate (KsP-a)

Comprende “aproximadamente más de 1000 m de grosor de lutitas, limoarcillitas, limolitas pardo rojizas laminadas, alternadas eventualmente con gruesos estratos de areniscas marrón pardas” (Lipa et al., 2003). En zonas de pendientes considerables podría ocasionar un peligro por caída de rocas.

#### 4.1.8. Formación Quilque (Pp-qu)

Es un “conjunto de más de 150 m de grano-estrato creciente de lutitas, areniscas de color rojo y conglomerados, estos últimos formados por la erosión de costras calcáreas y calizas. Los bancos areno-conglomerádicos son canalizados y presentan laminaciones oblicuas curvas” (Carlotto et al., 2011). Se compone de materiales susceptibles a un asentamiento.

#### 4.1.9. Grupo San Jerónimo – Formación Kayra (Peo-k)

Está esencialmente “constituida por areniscas feldespáticas, intercaladas con niveles de lutitas rojas. La parte media-superior es más gruesa y está compuesta por areniscas y microconglomerados con clastos volcánicos y cuarcíticos de un medio fluvial altamente entrelazado. Hacia el sur las facies se hacen más gruesas y aparecen los conglomerados. La formación acaba con facies areno-pelíticas de llanura de inundación y canales divagantes. El espesor de esta unidad varía entre 2000 y 3000 m” (Carlotto et al., 2011). Al ser roca sedimentaria consolidada, su comportamiento es más estable que los depósitos superficiales

#### 4.1.10. Formación Anta - Miembro 1

“El Miembro I (1500-2500 m) está compuesto esencialmente por conglomerados de conos aluviales con clastos volcánicos, de calizas y cuarcitas, intercalados con areniscas feldespáticas, limolitas rojas y además algunos niveles de brechas, aglomerados y coladas volcánicas” (Carlotto et al., 2011). Ante un sismo el contraste entre los bloques duros y la matriz más fina puede causar desmoronamiento de taludes.

#### 4.1.11. Depósito glaciar (Qh-gl)

Los depósitos glaciares (morrenas) se ubican principalmente al pie de las montañas del Pachatusan, donde aparecen en una mayor extensión y se hallan afectadas por fallas activas; consisten en gravas y bloques de diferentes tamaños con matriz variable, compuesta por limos arenosos y arcillas (Carlotto et al., 2011). Si están sobre roca, la diferencia de dureza entre el depósito glaciar y la roca sólida genera un rebote de ondas que aumenta la aceleración en la superficie.

#### 4.1.12. Depósito aluvial

Se han considerado los conos aluviales dentro de estos depósitos. “Estos conos están adosados principalmente a la desembocadura de las quebradas adyacentes a los principales ríos” (Carlotto et al., 2011). Los depósitos aluviales, al presentar materiales poco consolidados, influyen en la respuesta sísmica del terreno favoreciendo en la amplificación del movimiento, incrementando la susceptibilidad a daños.

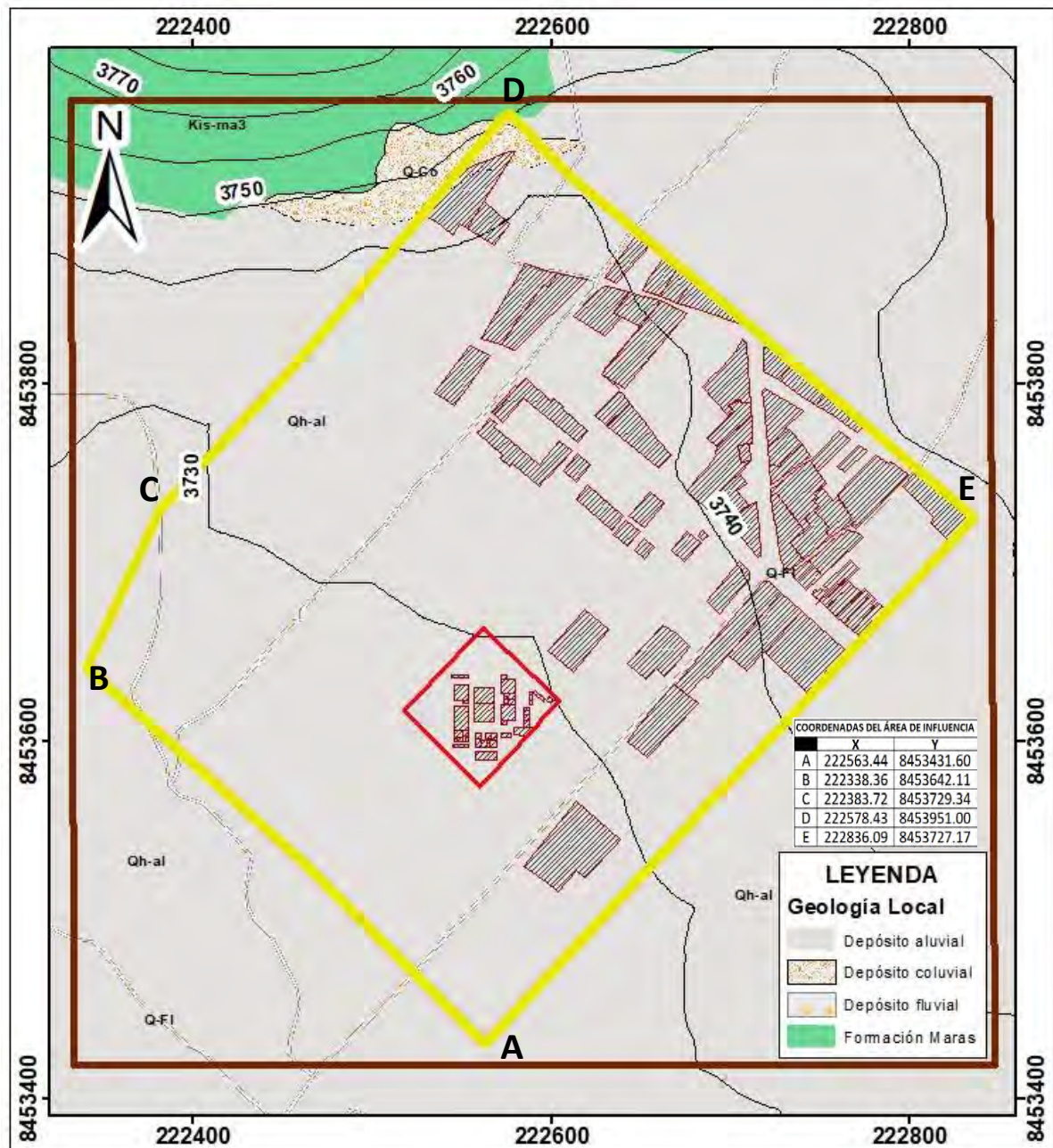
#### 4.1.13. Depósito lacustrinos (Qh-la)

En el entorno de Pomacanchi se reconocen depósitos palustres y lacustrinos subactuales, interpretados como evidencia del retroceso del sistema lagunar. Estos materiales están constituidos principalmente por arcillas, con intercalaciones y niveles de turba (Carlotto et al., 2011). Este depósito es altamente licuefable y a producirse asentamientos marados en caso de un evento sísmico.

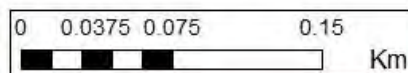


## 4.2. Geología local

Figura 14: Mapa de geología local



1:3,000



INFORMACIÓN GENERAL	
PROYECCIÓN/ DATUM/ ZONA	
SISTEMA DE COORDENADAS	: UTM
DATUM HORIZONTAL	: WGS 1984
ZONA O HUSO HORARIO	: 19 SUR

SIMBOLOGÍA	
	Curvas de nivel a 10 m
	Zona de estudio
	Área de influencia
	I.E.I. 532
	Lotes

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA	
<b>TESIS:</b> "EVALUACIÓN DEL PELIGRO Y LA VULNERABILIDAD PARA DETERMINAR LOS NIVELES DE RIESGO POR SISMOS DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA DE NIVEL INICIAL N° 532 DEL SANGARARA, PROVINCIA DE ACOMAYO DEL DEPARTAMENTO DEL CUSCO"	
<b>MAPA:</b> GEOLOGÍA LOCAL	
REGIÓN : CUSCO PROVINCIA : ACOMAYO DISTRITO : SANGARARA CC.FF. : MARCA CONGA	ELABORACIÓN: Bach. Brizel Lisseth Fineda Lopez ASESOR: Mgt. Ing. José Dionicio Cárdenas Roque
<b>MAPA - 06</b>	

#### 4.2.1. Formación Maras (Kis-ma)

Está compuesta básicamente por mezclas de yesos y lutitas rojas y más escasamente lutitas verdes y algunos niveles de calizas de espesores delgados (3 a 7 metros) o calizas más gruesas que en realidad corresponden a las calizas deslizadas de la Formación Ayabacas. (Carlotto et al., 2011). Junto a calizas que presentan diaclasamiento. Las tonalidades de las rocas son entre blanquecinas a amarillentas. Se aprecia erosión e intemperismo notorio. En general se conforma por arcillas, lutitas, y algunos estratos de calizas y yeso depositadas caóticamente.

#### 4.2.2. Depósito aluvial

Se han considerado los conos aluviales y de deyección dentro de estos depósitos. Estos conos están adosados principalmente a la desembocadura de las quebradas adyacentes a los principales ríos (Carlotto et al., 2011). Su litología se compone de grava, arena, limo y arcillas

#### 4.2.3. Depósito fluvial

Se encuentran alrededor de los flujos de agua, constituidos por materiales sueltos no consolidados, areniscas de grano medio y poca presencia de clastos a su alrededor. Su grosor es muy variable y la naturaleza de sus elementos muy heterogénea. Los depósitos fluviales corresponden a los depósitos que se ubican en el lecho de los valles, principalmente de los ríos (Acosta et al., 2011)

#### 4.2.4. Depósito coluvial

Corresponde a los depósitos de pendiente donde se incluyen los deslizamientos (Carlotto et al., 2011) o aquellas zonas con pendiente pronunciada en la zona de estudio poseen gravas, arenas y limos como litología de las formaciones aledañas.

### 4.3. Geología Estructural

#### 4.3.1. Falla Sangarara

Benavente et al. (2013) describen la falla Sangarará a ~3 km del poblado Sangarará, con un escarpe que se extiende aproximadamente 20 km. En el tramo donde se reconocen evidencias Plio–Cuaternarias, la estructura se interpreta principalmente como falla normal con componente sinistral, con rumbo ~N145°E y buzamiento ~65°SE. La actividad reciente se infiere por facetas triangulares (hasta ~120 m), ajustes del sistema de drenaje, terminaciones en échelon (tipo “cola de caballo”) en el sector norte y la presencia de sag ponds alineadas sobre la traza. El trazo principal, casi N–S y relativamente rectilíneo, corta depósitos aluviales y fluvio-glaciares dominados por gravas. Asimismo, se reportan escarpes recientes del orden de 0.50 a 2.5 m que deforman depósitos cuaternarios y, hacia el noreste del poblado de Sangarará, un escarpe cercano a 15 m que afecta morrenas y depósitos aluviales. Con base en estas evidencias morfotectónicas y la deformación cuaternaria, los autores consideran a la falla como activa y con potencial sismogénico (Benavente et al., 2013).



**Figura 15: Escarpe de la falla Sangarara**



Nota. Modificado de Benavente et. al (2013).

Calderon y Quillahuamana (2021) mencionan que la falla Sangarara está en la misma dirección que la falla Huaicacocha la cual está ubicada en la zona del mismo nombre y viene desde las alturas de los distritos de Quiquijana, Acomayo y Huaru llegando hasta la zona de Mosocllacta. Esta falla está asociada al sistema de fallas Casacunca – Acomayo – Langui – Layo (Fig. 16).

**Figura 16: Escarpe de la falla Sangarara**



Nota. Modificado de Calderon y Quillahuamana (2021).

Según Wimpenny et al. (2020), la falla Sangarará es una estructura activa de cinemática predominantemente normal, cuya expresión morfológica incluye un escarpe del orden de 50 m. Los autores señalan que su traza se prolonga aproximadamente 3 km al norte del lago Pomacanchi y que delimita, en el bloque colgante, una superficie de abanico con buzamiento hacia el suroeste, mientras que en el bloque yacente se desarrolla un frente montañoso con facetas triangulares orientadas al oeste. Asimismo, indican que la falla aflora en la cabecera del desfiladero de drenaje del lago Pomacanchi, donde pone en contacto rocas andesíticas del bloque yacente con conglomerados de cuenca del bloque colgante. El plano de falla expuesto

presenta estrías con azimut cercano a  $190^\circ$ , lo que sugiere una extensión con tendencia NNE–SSW y un componente de cizallamiento lateral izquierdo (Wimpenny et al., 2020).

En relación con la evolución tectónica reciente, la fase extensional asociada a esta estructura sería posterior al periodo en que fallas cercanas acomodaban acortamiento y cizallamiento lateral izquierdo, estimado hasta alrededor de 5–7 Ma; en ese marco, la extensión más reciente se interpretaría como menor a dicho intervalo temporal (Carlotto, 2013; Wimpenny et al., 2020).

#### 4.3.2. Falla Paruro

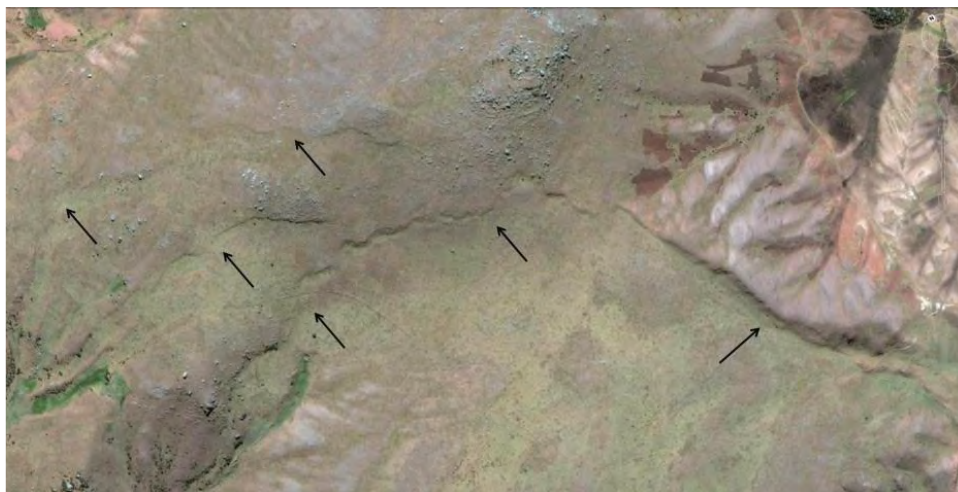
La “falla Paruro se localiza aproximadamente a 3.5 km al oeste del poblado de Paruro y a cerca de 25 km al oeste de la ciudad del Cusco. A lo largo de su traza, la estructura pone en contacto areniscas feldespáticas y lutitas rojizas de la Formación Puquín con depósitos aluviales y fluviales, y se reconocen facetas triangulares bien preservadas de alrededor de 10 m de altura” (Benavente et al., 2013; Delgado et al., 2014).

En términos geométricos, la falla se desarrolla con rumbo  $\sim N150^\circ E$  y buzamiento de  $65^\circ$ – $70^\circ$  hacia el oeste, con una longitud aproximada de 11 km entre los poblados de Yaurisque y Paruro. La deformación se expresa mediante un escarpe principal con desplazamiento vertical máximo del orden de 25 m; en el sector norte, la traza se ramifica en cuatro escarpes, configurando una geometría en échelon o tipo “cola de caballo”. En el tramo central se reconoce un cambio de tendencia NO–SE, manteniéndose un escarpe principal asociado al rumbo dominante (Delgado et al., 2014).

Con base en registros históricos, se reporta que localidades como Paruro, Yaurisque y Rondocan, entre otras, fueron severamente afectadas por eventos sísmicos en el pasado (Cabrera, 1988). Asimismo, se han registrado sismos superficiales en años recientes; por ejemplo, en agosto de 2003 se reportaron dos eventos de magnitud  $M_l$  4.8 y  $M_l$  5.0, y en septiembre de 2006 un evento de  $M_l$  4.3 (Delgado et al., 2014).

Hacia el sureste, la falla Paruro se segmenta en tres tramos; entre ellos, el segmento Misca–Cusibamba es señalado como el que se reactivó el 27 de septiembre. Este segmento presenta rumbo  $\sim N150^\circ$ , una longitud aproximada de 3.7 km (desde el cerro Puca Runto hasta el puente Cusibamba sobre el río Apurímac) y cruza los poblados de Misca y Cusibamba, donde se reportaron daños a la infraestructura y pérdidas humanas (Delgado et al., 2014). El segmento se muestra en la Figura 17.

**Figura 17: Segmento norte de la Falla Paruro**



Fuente: Delgado et al., (2014).

## CAPÍTULO V: ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

### 5.1. Geodinámica interna

La deformación tectónica por movimiento de intraplaca en la costa del Perú impulsa el levantamiento andino y la reactivación de fallas cuaternarias, incrementando la sismicidad, como refleja la zonificación del Decreto Supremo N° 355-2018-VIVIENDA.

El método determinístico estima la magnitud sísmica de diseño considerando la Falla Sangarará como fuente sismogénica, ubicada a menos de 2 km de la Institución Educativa N° 532 en Marcaconga. Se asigna un factor  $Z$ , que representa la aceleración sísmica máxima con una probabilidad de excedencia del 10% en 50 años (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018a).

En el presente estudio, los parámetros sísmicos fundamentales se definen y aplican en estricto cumplimiento con la **Norma Técnica E.030 'Diseño Sismorresistente'** del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2018a), una regulación esencial para la ingeniería sísmica en el Perú. A continuación, se detallan las definiciones y consideraciones clave extraídas de esta normativa.

El factor de zona ( $Z$ ) es un parámetro que define la aceleración horizontal máxima esperada en suelo rígido para una región específica, con una probabilidad del 10% de ser superada en un periodo de 50 años. Este valor se expresa en términos de una fracción de la aceleración de la gravedad ( $g$ ). La normativa pertinente establece su determinación basándose en la zonificación sísmica del territorio (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018a).

La clasificación de los perfiles de suelo se fundamenta principalmente en la velocidad promedio de propagación de las ondas de corte ( $\bar{V}_s$ ) dentro de los primeros 30 metros del perfil, medidos desde la base de la cimentación. Cuando no se dispone de datos de  $\bar{V}_s$ , esta normativa permite el uso de parámetros alternativos como el promedio ponderado del número de golpes del ensayo de penetración estándar ( $\bar{N}_{60}$ ) para suelos granulares, o la resistencia al corte no drenada promedio ponderada ( $\bar{S}_u$ ) para suelos cohesivos, con el fin de asignar un perfil de suelo adecuado (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018a).

El factor de suelo ( $S$ ) cuantifica la amplificación que experimenta la aceleración sísmica debido a las características geológicas y geotécnicas del sitio. Dicho factor es determinado en función del tipo de perfil de suelo ( $S_0, S_1, S_2, S_3, S_4$ ) y de la zona sísmica ( $Z_1, Z_2, Z_3, Z_4$ ) en la que se ubica el proyecto, siguiendo los lineamientos de la normativa (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018a).

Los periodos  $T_p$  y  $T_L$  son esenciales para la definición del espectro de diseño sísmico y, por ende, para el cálculo de las fuerzas sísmicas actuantes en una estructura. Conforme a esta normativa, estos periodos dependen directamente del tipo de perfil de suelo ( $S_0, S_1, S_2, S_3$ ) del emplazamiento (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018a).

El periodo fundamental de vibración ( $T$ ) de una estructura es un parámetro dinámico crucial, definido como el tiempo que le toma a la estructura completar una oscilación completa al ser excitada por una fuerza externa, como un sismo. Esta normativa proporciona métodos específicos para su estimación, considerando las características de rigidez y masa de la



edificación, siendo su valor fundamental para la determinación de las fuerzas sísmicas de diseño (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018a).

El factor de amplificación sísmica (C) es un componente clave en el espectro de diseño, reflejando cómo la aceleración del terreno se incrementa debido a la interacción dinámica entre el suelo y la estructura. De acuerdo con la norma, su valor está directamente relacionado con el periodo fundamental de vibración de la estructura (T), así como con los periodos característicos del suelo  $T_p$  y  $T_L$ , los cuales configuran la forma del espectro de diseño (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018a). Para la institución educativa en estudio, se ha adoptado un valor de  $C=2.5$ .

## 5.2. Exploración de suelos

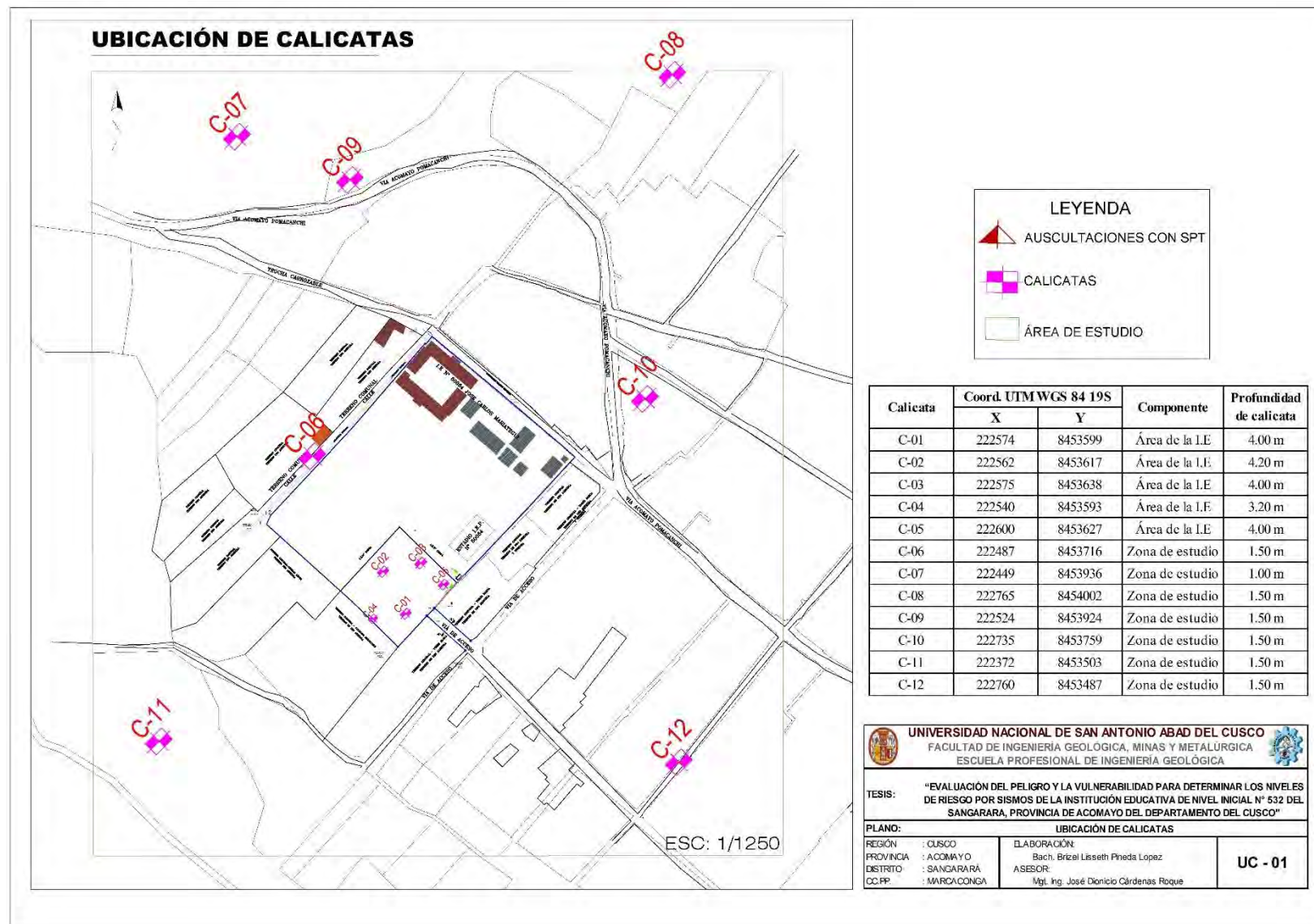
### 5.2.1. Número de Puntos a Investigar

Se han definido un total de 12 puntos de investigación (Fig. 18) distribuidos estratégicamente en las distintas componentes del proyecto. Se determinó el número de puntos de exploración (calicatas), según la tabla 12: "Número de puntos de exploración" de la E.050 SUELOS Y CIMENTACIONES 2018. La ubicación de las calicatas se ha determinado tras el cambio de litología vista en la etapa de campo (cartografiado), la cercanía a fuentes de agua y esencialmente por la existencia de lotes correspondientes a las viviendas de la población dentro del área de influencia.

**Tabla 13: Ubicación de Puntos de Investigación.**

Calicata	Coord. UTM WGS 84 19S		Componente	Profundidad de calicata
	X	Y		
C-01	222574	8453599	Área de la I.E	4.00 m
C-02	222562	8453617	Área de la I.E	4.20 m
C-03	222575	8453638	Área de la I.E	4.00 m
C-04	222540	8453593	Área de la I.E	3.20 m
C-05	222600	8453627	Área de la I.E	4.00 m
C-06	222487	8453716	Zona de estudio	1.50 m
C-07	222449	8453936	Zona de estudio	1.00 m
C-08	222765	8454002	Zona de estudio	1.50 m
C-09	222524	8453924	Zona de estudio	1.50 m
C-10	222735	8453759	Zona de estudio	1.50 m
C-11	222372	8453503	Zona de estudio	1.50 m
C-12	222760	8453487	Zona de estudio	1.50 m

Figura 18: Plano de ubicación de calicatas



### 5.2.2. Tipo y secuencia de muestras a extraer

El tipo de muestras extraídas corresponde a muestras alteradas (Mab) para todos los puntos de investigación. Para la extracción de las muestras, se tomó las consideraciones se extrajo en bolsas de plástico, en estado alterado y se mantuvo inalterada la granulometría del suelo.

### 5.2.3. Equipo y personal a Utilizar

Equipos para la excavación y muestreo: retroexcavadora, pala y pico manuales, barreno manual, martillo de percusión, baldes, bolsas de plástico y el equipo para ensayos in situ cono de arena.

### 5.2.4. Tipo y número de ensayos a realizarse in-situ y en laboratorio

Se presenta los tipos y número de ensayos a realizarse en laboratorio.

**Tabla 14: Ensayos realizados in-situ**

Descripción del ensayo	Norma	Número de ensayos
Muestreo de suelos alterado	[ASTM D-1587]	12
Densidad natural	[ASTM D-1556]	12
Ensayos de Penetración Estándar (SPT)	[ASTM D1586]	6

**Tabla 15: Ensayos realizados en laboratorio**

Descripción del ensayo	Norma	Número de ensayos
Análisis granulométrico	[ASTM D422 NTP 339.128]	12
Contenido de humedad	[ASTM D2216 NTP 339.127]	12
Límite líquido	[ASTM D4318 NTP 339.129]	12
Límite plástico	[ASTM D4318 NTP 339.129]	12
Compresión triaxial CU	[ASTM D4767]	5
Peso específico relativo de sólidos	[ASTM D-1556 NTP 339.143]	12

### 5.2.5. Ejecución de trabajo de campo.

La ejecución de los trabajos de campo se realizó conforme a la planificación establecida, siguiendo los estándares técnicos y normas vigentes para garantizar la recolección de datos representativos del subsuelo en el área del proyecto. Los trabajos se ejecutaron en dos fases: muestreo de suelos y ensayos in situ.

### 5.2.6. Análisis y cálculo de parámetros requeridos.

Para el cálculo de la capacidad admisible del suelo, se emplearon adaptaciones de las ecuaciones de capacidad portante propuestas por Terzaghi, se aplicaron las ecuaciones para cimentaciones rectangulares.

### 5.2.7. Perfiles estratigráficos

Basado en el análisis de las calicatas, el perfil estratigráfico del sitio de estudio se caracteriza predominantemente por un estrato superficial de suelo blando, clasificado como una arcilla de baja plasticidad (CL) según el sistema SUCS. Este material, compuesto por una mezcla de finos y arenas sin presencia de grava, presenta una consistencia que le confiere una



baja capacidad portante. Sin embargo, el perfil exhibe una notable variabilidad, destacando la presencia de un lecho rocoso competente (roca dura) a profundidades someras, como se evidenció en la calicata C-07 donde se encontró a tan solo 1.00 metro. Adicionalmente, se ha identificado la influencia de un nivel freático alto en zonas específicas como la C-06, lo que indica condiciones de saturación en el suelo blando que afectan sus propiedades mecánicas. En conjunto, la estratigrafía revela un depósito cohesivo de espesor variable, subyacente por un estrato rocoso a poca profundidad y con condiciones de saturación localizadas.

Se adjunta los perfiles estratigráficos de todas las calicatas en el anexo A al anexo E.

**Tabla 16: Resultados propiedades físicas**

Calic.	Estrato	Prof.	Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)	Limos (%)	Arcillas (%)	LI (%)	Lp (%)	Ip (%)	SUCS	Humedad (%)	Observación
C-01	E2	4.00 m	0.00%	40.44%	59.56%	23.86%	35.70%	34.36%	18.64%	15.72%	CL	7.96%	Suelo blando
C-02	E2	4.20 m	0.00%	43.16%	56.84%	22.74%	34.10%	35.66%	16.89%	18.77%	CL	8.21%	Suelo blando
C-03	E2	4.00 m	0.00%	46.70%	53.30%	25.10%	28.20%	37.01%	19.49%	17.52%	CL	7.22%	Suelo blando
C-04	E2	3.20 m	0.00%	44.07%	55.93%	22.43%	33.50%	37.33%	18.63%	18.70%	CL	10.68%	Suelo blando
C-05	E2	4.00 m	0.00%	47.90%	52.10%	23.00%	29.10%	45.25%	25.29%	19.96%	CL	11.69%	Suelo blando
C-06	E2	1.50 m	2.03%	27.50%	70.47%	24.67%	45.80%	30.50%	35.80%	3.70%	ML	15.55%	Limos baja plasticidad
C-07	E2	1.00 m	N/A	N/A	N/A	N/P	N/P	N/P	N/P	N/P	N/A	0.85%	Roca dura
C-08	E2	1.50 m	65.00%	15.80%	19.20%	7.70%	11.50%	42.40%	25.20%	17.20%	GC	9.80%	Grava con arcilla
C-09	E2	1.50 m	55.00%	36.15%	8.85%	6.25%	2.60%	28.20%	25.10%	3.10%	GC-SM	7.20%	Grava arenosa con limo
C-10	E2	1.50 m	0.00%	41.75%	58.25%	23.35%	34.90%	35.90%	17.50%	18.40%	CL	10.15%	Suelo blando
C-11	E2	1.50 m	0.00%	44.50%	55.50%	22.20%	33.30%	40.30%	22.00%	18.30%	CL	14.20%	Suelo blando
C-12	E2	1.50 m	0.00%	47.30%	52.70%	21.10%	31.60%	42.80%	23.50%	19.30%	CL	13.80%	Suelo blando

**Tabla 17: Resumen de propiedades mecánicas**

Calic.	Meyerhof	Vesic	Cohesión	Angulo de Fricción	Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	Densidad natural
C-01	0.88 kg/cm <sup>2</sup>	0.96 kg/cm <sup>2</sup>	0.44 kg/cm <sup>2</sup>	4.24 °	2.59	1.90 g/cm <sup>3</sup>
C-02	0.94 kg/cm <sup>2</sup>	1.02 kg/cm <sup>2</sup>	0.45 kg/cm <sup>2</sup>	7.70 °	2.63	1.89 g/cm <sup>3</sup>
C-03	0.89 kg/cm <sup>2</sup>	0.97 kg/cm <sup>2</sup>	0.46 kg/cm <sup>2</sup>	4.36 °	2.55	1.87 g/cm <sup>3</sup>
C-04	0.74 kg/cm <sup>2</sup>	0.84 kg/cm <sup>2</sup>	0.46 kg/cm <sup>2</sup>	7.49 °	2.54	1.82 g/cm <sup>3</sup>
C-05	1.01 kg/cm <sup>2</sup>	1.07 kg/cm <sup>2</sup>	0.40 kg/cm <sup>2</sup>	3.92 °	2.62	1.84 g/cm <sup>3</sup>
C-06	1.32 kg/cm <sup>2</sup>	1.38 kg/cm <sup>2</sup>	0.58 kg/cm <sup>2</sup>	7.15 °	2.60	1.91 g/cm <sup>3</sup>
C-07	>25.0 kg/cm <sup>2</sup>	>25.0 kg/cm <sup>2</sup>	>10.0 kg/cm <sup>2</sup>			
C-08	1.71 kg/cm <sup>2</sup>	1.77 kg/cm <sup>2</sup>	0.43 kg/cm <sup>2</sup>	8.5 °	2.61	1.88 g/cm <sup>3</sup>
C-09	1.85 kg/cm <sup>2</sup>	1.92 kg/cm <sup>2</sup>	0.45 kg/cm <sup>2</sup>	10.1 °	2.58	1.86 g/cm <sup>3</sup>
C-10	0.96 kg/cm <sup>2</sup>	1.04 kg/cm <sup>2</sup>	0.42 kg/cm <sup>2</sup>	7.2 °	2.64	1.85 g/cm <sup>3</sup>
C-11	0.79 kg/cm <sup>2</sup>	0.88 kg/cm <sup>2</sup>	0.41 kg/cm <sup>2</sup>	4.8 °	2.57	1.83 g/cm <sup>3</sup>
C-12	0.93 kg/cm <sup>2</sup>	1.01 kg/cm <sup>2</sup>	0.44 kg/cm <sup>2</sup>	6.85 °	2.62	1.87 g/cm <sup>3</sup>

## 5.2.8. Ensayos especiales

### 5.2.8.1. Granulometría con hidrómetro

Para la diferenciación de los finos (limos y arcillas), se realizaron ensayos de laboratorio mediante el análisis granulométrico por hidrómetro. De manera complementaria, los límites de Atterberg fueron utilizados únicamente como criterio de verificación e interpretación del comportamiento plástico del suelo, considerando que valores elevados del índice de plasticidad (IP) se asocian a un mayor contenido de arcillas, mientras que valores bajos indican predominio de limos. Los resultados se presentan a continuación:

**Tabla 18: Porcentajes de limos y arcillas**

Calic.	Finos (%)	Limos (%)	Arcillas (%)	Li (%)	Lp (%)	Ip (%)	SUCS
C-01	59.56%	23.86%	35.70%	34.36%	18.64%	15.72%	CL
C-02	56.84%	22.74%	34.10%	35.66%	16.89%	18.77%	CL
C-03	53.30%	25.10%	28.20%	37.01%	19.49%	17.52%	CL
C-04	55.93%	22.43%	33.50%	37.33%	18.63%	18.70%	CL
C-05	52.10%	23.00%	29.10%	45.25%	25.29%	19.96%	CL
C-06	70.47%	24.67%	45.80%	30.50%	35.80%	3.70%	ML
C-07	N/A	N/P	N/P	N/P	N/P	N/P	N/A
C-08	19.20%	7.70%	11.50%	42.40%	25.20%	17.20%	GC
C-09	8.85%	6.25%	2.60%	28.20%	25.10%	3.10%	GC-SM
C-10	58.25%	23.35%	34.90%	35.90%	17.50%	18.40%	CL
C-11	55.50%	22.20%	33.30%	40.30%	22.00%	18.30%	CL
C-12	52.70%	21.10%	31.60%	42.80%	23.50%	19.30%	CL

### 5.2.8.2. Colapsibilidad

Al graficar los pares de valores (Límite Líquido, Densidad Natural Seca) para cada una de las muestras de suelo (C-01 a C-06 y C-08 a C-12) en el diagrama de potencial de colapso, todos los puntos se ubicaron claramente dentro de la zona designada como "NO COLAPSABLE". Esto indica que la estructura interna de los suelos investigados es suficientemente densa y estable, y no es susceptible a una reorganización súbita de partículas al entrar en contacto con el agua. El estrato de roca dura encontrado en la calicata C-07 es, por su naturaleza, un material competente y estable, y el concepto de colapso de suelo no se aplica (Tabla 19).

**Tabla 19: Resumen de Resultados de Potencial de Colapso**

Nº de Calicata	Límite Líquido (LL) (%)	Densidad Natural Seca (g/cm³)	Potencial de Colapso
C-01	18.64%	1.76	No colapsable
C-02	16.89%	1.75	No colapsable
C-03	19.49%	1.74	No colapsable
C-04	18.63%	1.65	No colapsable
C-05	25.29%	1.64	No colapsable
C-06	41.50%	1.8	No colapsable
C-07	N/A	N/A	No aplicable (roca)
C-08	36.40%	1.72	No colapsable
C-09	39.20%	1.68	No colapsable
C-10	35.90%	1.7	No colapsable
C-11	40.30%	1.66	No colapsable
C-12	42.80%	1.69	No colapsable

Basado en los resultados de los ensayos de laboratorio y el análisis geotécnico realizado conforme a la normativa vigente, se concluye que los suelos predominantes en el sitio de estudio no presentan un riesgo de colapso. Por lo tanto, no se requieren consideraciones de diseño especiales en las cimentaciones para mitigar este fenómeno geotécnico.

### 5.2.8.3. Expansión

Los resultados de los ensayos de laboratorio y los parámetros calculados para cada una de las muestras de suelo analizadas se presentan en la Tabla siguiente. Para la calicata C-07, que interceptó un estrato rocoso, el concepto de expansión de suelos no es aplicable (N/A).

Los resultados de la evaluación indican de manera consistente que los suelos cohesivos presentes en el sitio de estudio poseen una Actividad Coloidal que varía entre 0.26 y 0.38. Estos valores se sitúan en el rango de arcillas inactivas a de actividad normal, sugiriendo una composición mineralógica no expansiva. Conforme a los criterios de clasificación geotécnica, todos los puntos de suelo analizados (C-01 a C-06 y C-08 a C-12) califican con un potencial de expansión BAJO. El estrato rocoso identificado en C-07 es un material dimensionalmente estable e inmune a los cambios volumétricos por humedad (Tabla 20).

**Tabla 20: Colapso Resumen de Resultados de Potencial de Expansión**

Nº de Calicata	Índice de Plasticidad (IP) (%)	Porcentaje de Arcilla (%)	Actividad (A)	Potencial de Expansión
C-01	15.72%	59.56%	0.26	Bajo
C-02	18.77%	56.84%	0.33	Bajo
C-03	17.52%	53.30%	0.33	Bajo
C-04	18.70%	55.93%	0.33	Bajo
C-05	19.96%	52.10%	0.38	Bajo
C-06	18.70%	51.50%	0.36	Bajo
C-07	N/P	N/A	N/A	No aplicable (roca)
C-08	18.20%	57.20%	0.32	Bajo
C-09	18.10%	53.85%	0.34	Bajo
C-10	18.40%	58.25%	0.32	Bajo
C-11	18.30%	55.50%	0.33	Bajo
C-12	19.30%	52.70%	0.37	Bajo

Nota: N/P = No Plástico. N/A = No Aplicable.

Se concluye que los suelos de fundación en el área de estudio no presentan un riesgo significativo asociado al fenómeno de expansión. Las arcillas presentes son de baja actividad, por lo que no se anticipan cambios volumétricos perjudiciales para las estructuras debido a fluctuaciones en el contenido de humedad. En consecuencia, no se requieren medidas de mitigación ni diseños de cimentación especiales para contrarrestar el potencial de expansión en este proyecto.

### 5.2.8.4. Evaluación del potencial de licuación

La evaluación se ha llevado a cabo utilizando el "Método Simplificado" desarrollado por Seed & Idriss, un procedimiento ampliamente aceptado en la práctica de la ingeniería geotécnica a nivel mundial. Este método compara la demanda sísmica (esfuerzo cortante cíclico inducido por el sismo, CSR) con la capacidad del suelo para resistir dicha demanda (resistencia cortante cíclica, CRR).



Para el cálculo del Esfuerzo Cortante Cíclico (CSR), se ha considerado una aceleración máxima horizontal en la superficie ( $a_{max}$ ) de 0.30g. Este valor es representativo de una zona de alto peligro sísmico, consistente con la normativa de diseño sismorresistente (Tabla 21).

**Tabla 21: Resumen de Resultados del Análisis de Licuación**

Nº de Calicata	Descripción del Material	Factor de Seguridad (FS)	Potencial de Licuación
C-01	Suelo Blando (CL)	3.17	No se produce licuación
C-02	Suelo Blando (CL)	3.17	No se produce licuación
C-03	Suelo Blando (CL)	4.11	No se produce licuación
C-04	Suelo Blando (CL)	4.11	No se produce licuación
C-05	Suelo Blando (CL)	3.17	No se produce licuación
C-06	Limos arenosos (ML) (Nivel Freático Alto)	2.85	No se produce licuación
C-07	Roca Dura	N/A	No aplicable
C-08	Grava con arcilla (GC)	3.5	No se produce licuación
C-09	Gravas y finos sin plasticidad (GC-SM)	3.95	No se produce licuación
C-10	Suelo Blando (CL)	4.05	No se produce licuación
C-11	Suelo Blando (CL)	3.25	No se produce licuación
C-12	Suelo Blando (CL)	3.6	No se produce licuación

Nota: N/A = El análisis no es aplicable para macizos rocosos.

Los resultados de la evaluación son consistentes en toda el área de estudio. Para todos los estratos de suelo analizados (C-01 a C-06 y C-08 a C-12), el Factor de Seguridad (FS) contra la licuación es significativamente mayor que 1.0, variando entre 2.85 y 4.11. Esto demuestra que la resistencia cíclica de los suelos es considerablemente superior al esfuerzo cortante que sería inducido por el sismo de diseño considerado. El estrato de roca dura encontrado en la calicata C-07 es, por su naturaleza cementada y competente, un material no susceptible al fenómeno de licuación.

Se concluye que, bajo las condiciones del sismo de diseño considerado ( $a_{max} = 0.30g$ ), los depósitos de suelo en el sitio del proyecto **no presentan un riesgo de licuación**. Los factores de seguridad obtenidos indican una condición estable y segura frente a este fenómeno. Por lo tanto, no se requieren medidas especiales de mejoramiento del terreno ni diseños de cimentación específicos para mitigar el riesgo de licuación.

#### 5.2.8.5. Estudio geofísico MASW 2D

Con la finalidad de complementar el reconocimiento geotécnico y verificar la presencia de materiales más competentes a mayor profundidad, se ejecutó un estudio geofísico MASW 2D (Multichannel Analysis of Surface Waves) en el área de estudio. Este método permite estimar la velocidad de onda de corte ( $V_s$ ) en función de la profundidad, parámetro asociado a la rigidez del terreno, facilitando la identificación de cambios de estratigrafía y contrastes de rigidez en el subsuelo (Rivera Zeta et al., 2016).

El ensayo MASW 2D se desarrolló a lo largo de una línea de prospección con longitud aproximada de 84.00 m, obteniéndose perfiles de  $V_s$  para la interpretación de la variación de propiedades dinámicas con la profundidad. A partir de los resultados, se determinó un valor  $V_{s30} = 627$  m/s (Tabla 20 y anexo G), lo cual permite sustentar una condición de terreno rígido para el emplazamiento y confirmar la tendencia de incremento de rigidez hacia niveles más profundos.

**Tabla 22: Resumen de los resultados ensayo MASW-2D**

<b>Parámetro</b>	<b>Resultado</b>	<b>Interpretación</b>
Longitud de línea	84.00 m	Cobertura longitudinal del área evaluada
Vs30	627 m/s	Terreno rígido; presencia de materiales competentes a poca-media profundidad
Tendencia Vs con profundidad	Incremental	Incremento de rigidez hacia niveles profundos

Los resultados del MASW 2D se emplean en el presente estudio únicamente como verificación de la condición del subsuelo en profundidad y como apoyo para la interpretación estratigráfica, sin reemplazar la información proveniente de exploración directa y ensayos de laboratorio. En consecuencia, su alcance es complementario dentro del modelo geotécnico y reduce la incertidumbre sobre la rigidez del terreno; además, al evidenciar un horizonte competente (roca) hacia ~30 m, sustenta que la profundidad de cimentación no condiciona la determinación del peligro sísmico, siendo más determinantes la amenaza sísmica y las condiciones superficiales del suelo.



## **CAPÍTULO VI: DETERMINACIÓN DEL PELIGRO**

### **6.1. Metodología para la determinación del peligro**

Para determinar los niveles de peligrosidad, se empleó la metodología propuesta por CENEPRED (2014), iniciando con la evaluación de la susceptibilidad mediante la ponderación de factores condicionantes y el factor desencadenante. Se recopiló y analizó información de fuentes técnico-científicas como INGEMMET, IGP e INEI, además de estudios históricos, cartografía, sismología y geodinámica interna.

### **6.2. Identificación del peligro**

La caracterización del peligro sísmico se fundamentó en información de instituciones técnico-científicas como el IGP, CISMID, INGEMMET y SIGRID, complementada con análisis geoespacial y bibliográfico. La zona de estudio, próxima a la falla Sangarará, ha registrado actividad sísmica, como el evento del 27 de septiembre asociado a la falla Paruro. Además, el reconocimiento de campo evidenció condiciones geotécnicas que aumentan su susceptibilidad ante movimientos sísmicos.

### **6.3. Susceptibilidad del territorio**

A continuación, se detallan los principales factores condicionantes y desencadenantes del peligro sísmico en el área de estudio, junto con sus descriptores característicos.

#### **6.3.1. Análisis de los factores condicionantes**

Los factores condicionantes corresponden a variables físicas como Tipo de suelo (según perfil dinámico del terreno), la clasificación SUCS, nivel freático y la capacidad portante los cuales han sido desarrollados en el capítulo anterior; cuya ponderación se determinó mediante un enfoque cuantitativo basado en el mapeo del área de estudio (Fig. 19 a la Fig. 22).

El parámetro tipo de suelos (según perfil dinámico del terreno) se refiere a las propiedades ingenieriles del suelo relevantes para su respuesta sísmica dentro del área de estudio, la I. E. I. N°532 se ubica en un tipo de suelo S3 siendo uno de los más críticos; respecto a la clasificación SUCS permite identificar los materiales de cada estrato, siendo las arcillas limosas inorgánicas las más críticas en términos de comportamiento geotécnico en las mismas donde se ubica la institución educativa. Asimismo, los factores de capacidad portante y nivel freático han sido parametrizadas y desarrolladas conforme los resultados del estudio de mecánica de suelos (Anexo C y Anexo W).

Figura 19: Mapa de clasificación SUCS

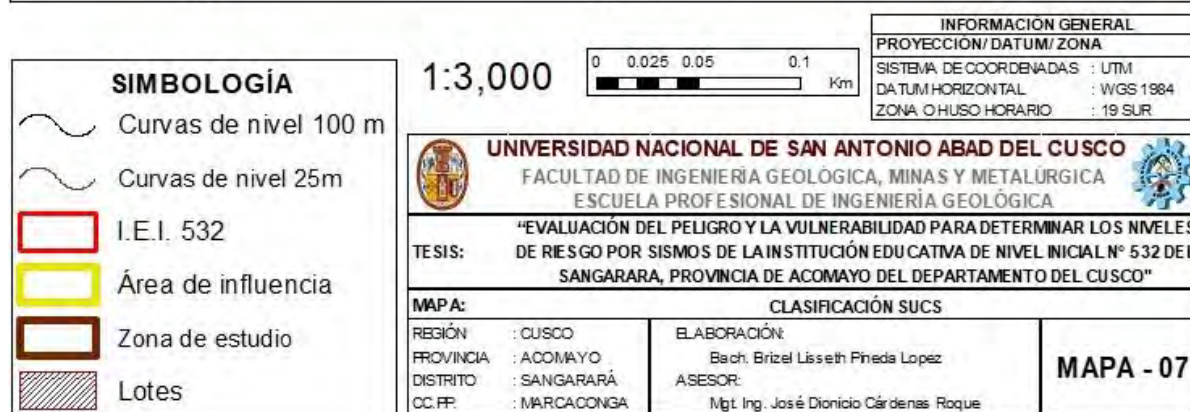
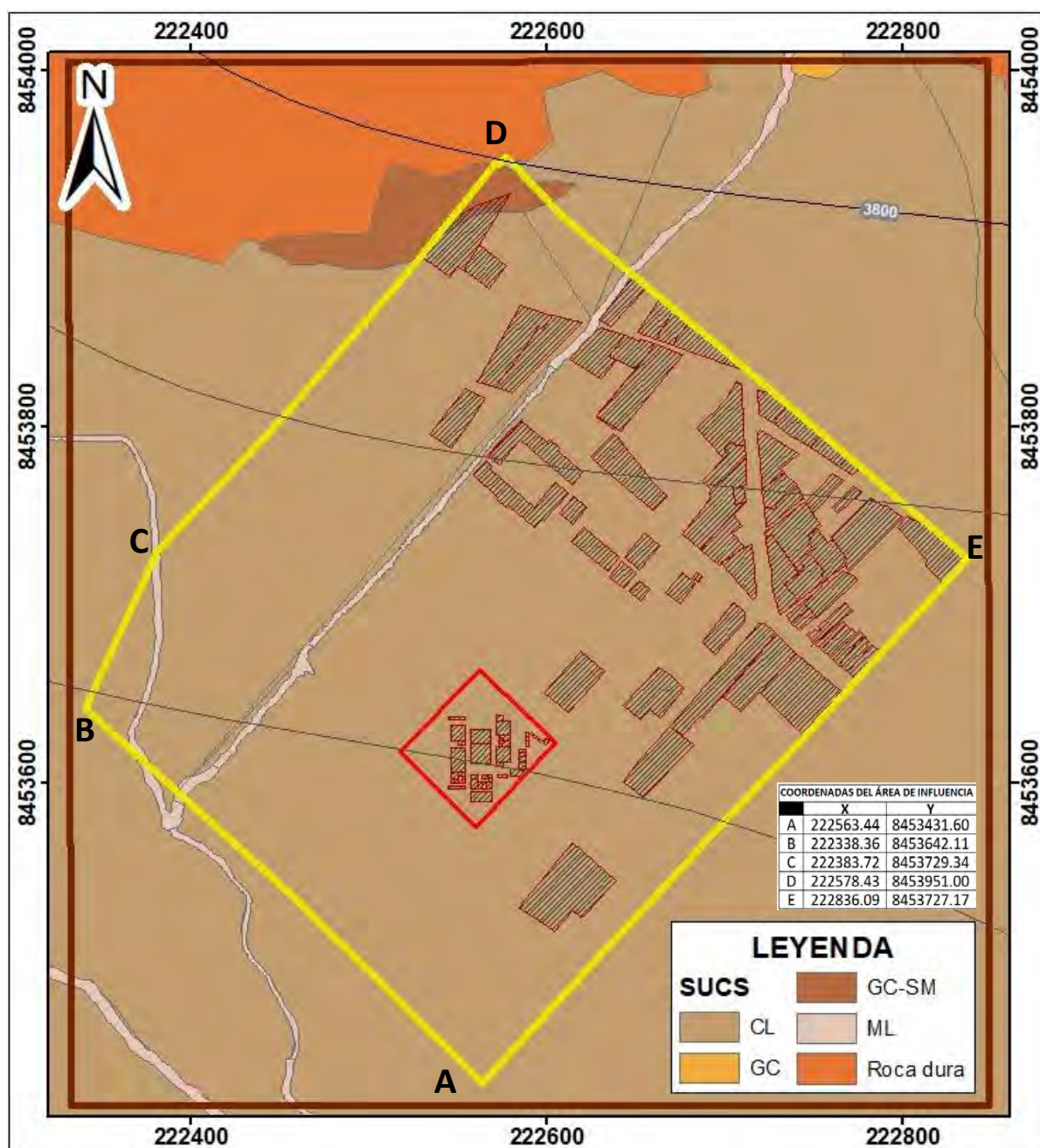




Figura 20: Mapa de tipo de suelo (según perfil dinámico del terreno)

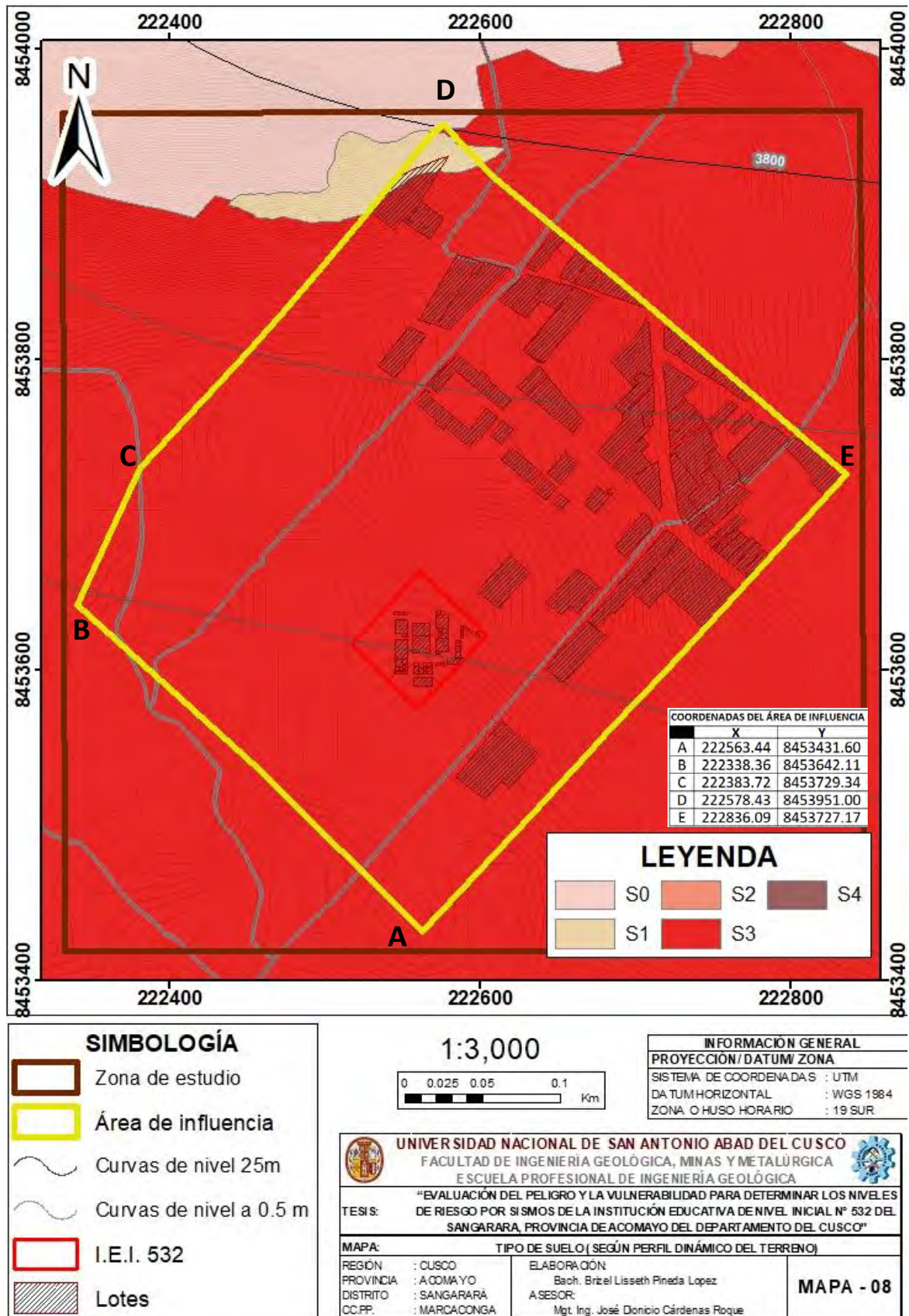




Figura 21: Nivel freático

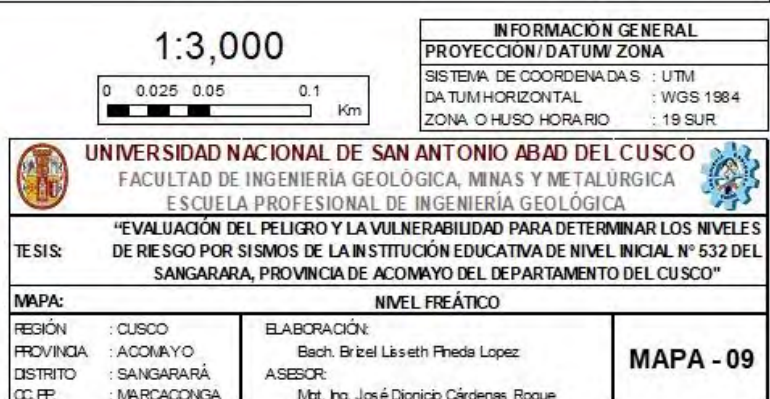
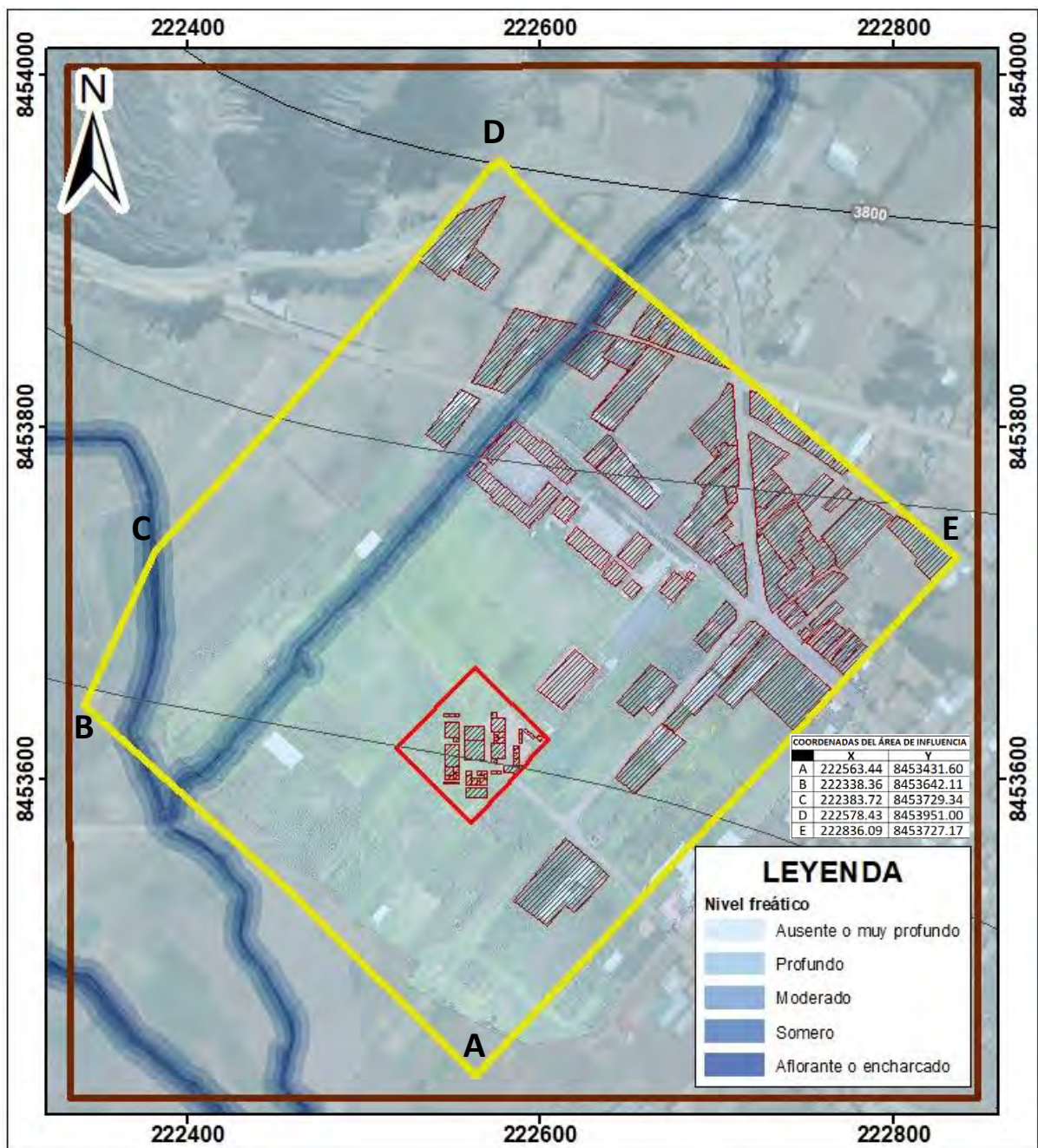
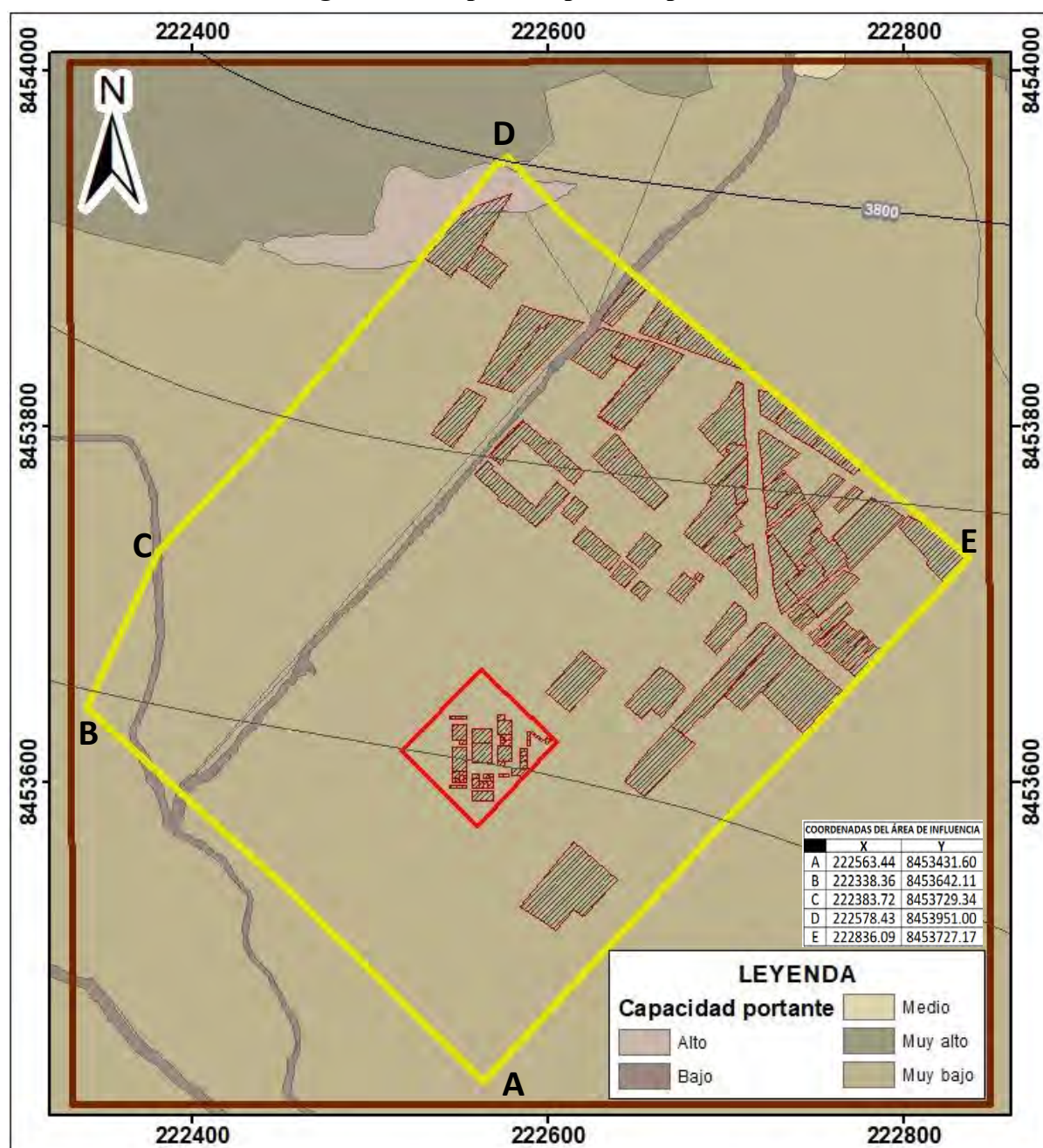
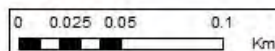




Figura 22: Mapa de capacidad portante



1:3,000



INFORMACIÓN GENERAL	
PROYECCIÓN/ DATUM/ ZONA	
SISTEMA DE COORDENADAS	: UTM
DATUM HORIZONTAL	: WGS 1984
ZONA O HUSO HORARIO	: 19 SUR



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO**  
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



TESIS: "EVALUACIÓN DEL PELIGRO Y LA VULNERABILIDAD PARA DETERMINAR LOS NIVELES DE RIESGO POR SISMOS DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA DE NIVEL INICIAL N° 532 DEL SANGARARA, PROVINCIA DE ACOMAYO DEL DEPARTAMENTO DEL CUSCO"

MAPA: CAPACIDAD PORTANTE

REGIÓN	: CUSCO	ELABORACIÓN:	Bach. Brizel Liseth Fineda Lopez
PROVINCIA	: ACOMAYO	ASESOR:	Mgt. Ing. José Dionicio Cárdenas Roque
DISTRITO	: SANGARARA		
CC.PP.	: MARCA CONGA		

**MAPA - 10**



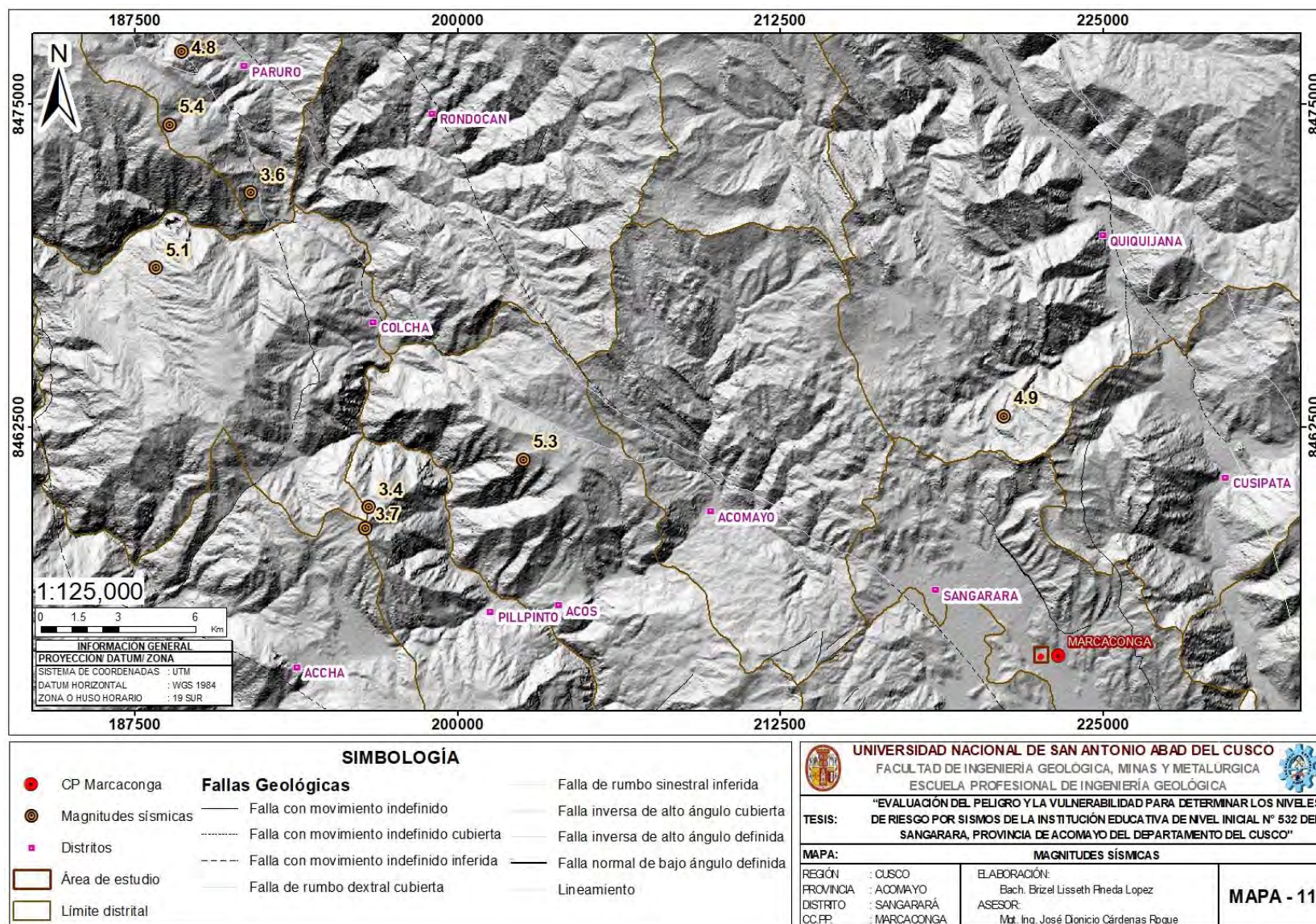
### 6.3.2. Análisis de factor desencadenante

El factor desencadenante considera a la magnitud de momento según el registro instrumental del IGP (Instituto Geofísico del Perú) en áreas cercanas al área de influencia de la I. E. I. N° 532 (Fig. 23) se ha manifestado sismos cuya magnitud de momento ha llegado sobre los 5 Mw. En el transcurso de los años, el IGP reporta los siguientes movimientos sísmicos cercanos al área de estudio:

**Tabla 23: Movimientos sísmicos cercanos al área de estudio**

N°	FECHA	LATITUD	LONGITUD	PROFUNDIDAD	MAGNITUD
1	19611108	-13.98	-71.9	20	5.2
2	19951002	-13.89	-71.58	36	4.9
3	20001019	-13.8347	-71.8828	72	5.1
4	20061113	-13.7591	-71.8728	16	4.8
5	20140928	-13.7848	-71.8772	6	5.1
6	20150706	-13.9033	-71.7521	9	5.3
7	20200123	-13.9266	-71.8091	8	3.7
8	20200123	-13.9193	-71.8076	11	3.4
9	20201029	-13.8089	-71.8486	11	3.6

Figura 23: Mapa de magnitudes sísmicas



#### 6.4. Parámetro de evaluación

Se ha optado por considerar la intensidad sísmica como criterio de evaluación, por lo que se considera (Anexo AA) intensidades de III, IV y V.

#### 6.5. Identificación de suelos de frontera

En el área de estudio se han identificado cinco tipos de materiales geotécnicos: CL, ML, roca, GC y GC-SM, los cuales presentan contrastes en rigidez y comportamiento dinámico. La coexistencia de suelos finos de baja rigidez con materiales granulares y roca genera zonas de transición o suelos de frontera, donde la propagación de las ondas sísmicas puede verse modificada en términos de dirección y amplitud. Considerando que el área de estudio es de carácter local y de reducida extensión, la respuesta sísmica del terreno se encuentra condicionada principalmente por contactos geotécnicos más diferenciados, como aquellos asociados a la presencia de roca.

#### 6.6. Identificación de elementos expuestos

Al evaluar los niveles de peligro y su distribución espacial, se identificaron elementos expuestos susceptibles a la actividad sísmica, incluyendo la infraestructura de la I. E. I. N° 532 de nivel inicial y las viviendas del área de influencia. Estos componentes, ubicados en la zona de impacto, podrían sufrir efectos adversos ante un evento sísmico.

##### 6.6.1. Elementos expuestos susceptibles

Los elementos expuestos tomados en consideración son aquellos que se encuentran inmersos dentro del área de influencia los cuales fueron obtenidos del estudio de demanda de la Institución educativa de nivel inicial N°532.

##### 6.6.1.1. Población beneficiaria

Alumnos, docentes y personal administrativo beneficiarios (2022) en la tabla N° 24.

**Tabla 24: Alumnos de nivel inicial**

Nivel inicial	Total	3 años	4 años	5 años
	65	21	18	26
Docentes		3		
Directos (a)		1		
Auxiliar		1		

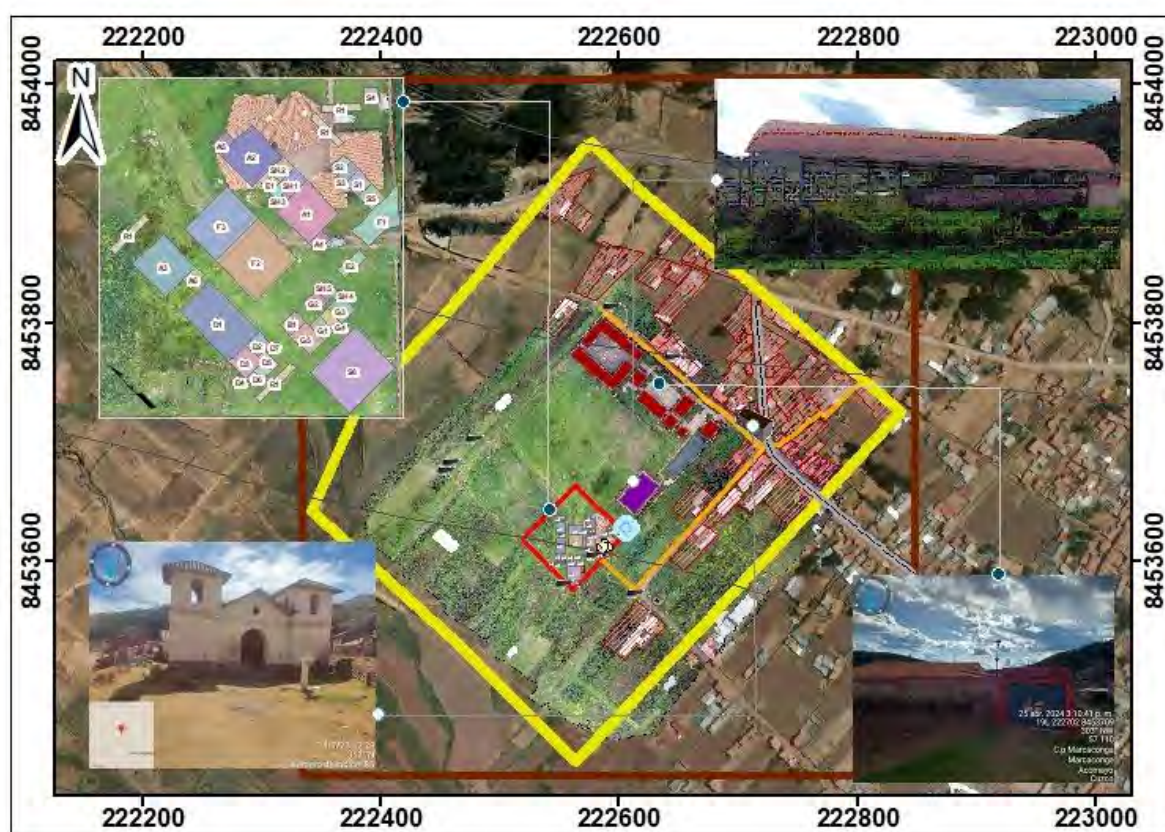
Fuente: Nómina de matrícula de la I.E. nivel inicial N°532

##### 6.6.1.2. Infraestructura

Se contempla la construcción de un bloque para aulas y otros destinados a servicios complementarios, incluyendo cinco aulas, un aula de innovación pedagógica, un laboratorio, talleres, área administrativa y módulos. Estas edificaciones deberán ejecutarse conforme a los planos arquitectónicos y especificaciones técnicas aprobadas conforme a norma (Fig. 24)



Figura 24: Mapa de elementos expuestos

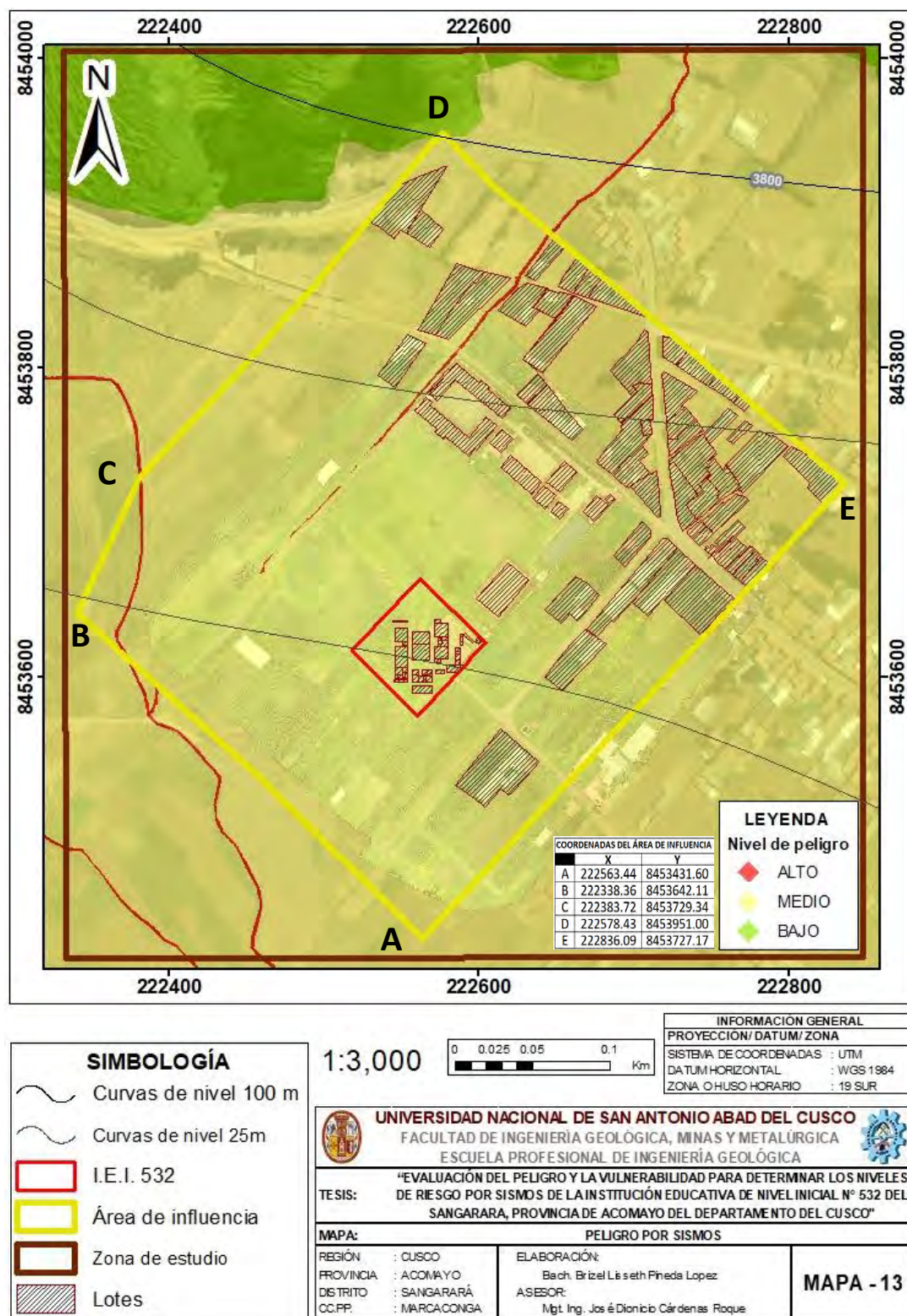




## 6.7. Niveles de peligro

En este caso, se han tomado en cuenta los parámetros y descriptores del fenómeno natural, así como las condiciones de susceptibilidad, con el fin de determinar los valores de peligro y, consecuentemente, establecer los niveles de peligro asociados (Fig. 25 y Anexo BB).

**Figura 25: Mapa de peligro por sismos**





## CAPÍTULO VII: ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD

### 7.1. Metodología para el análisis de vulnerabilidad

Este capítulo aborda el análisis de vulnerabilidad de los elementos expuestos dentro del área de estudio, considerando las dimensiones social, económica y ambiental (Anexo CC). La evaluación se basa en los factores de exposición, fragilidad y resiliencia (Tabla 25), determinada a partir de la cuantificación de los elementos susceptibles a la amenaza sísmica.

Tabla 25: Matriz y descriptores de los parámetros de la vulnerabilidad

Parámetro	Descriptor	Nº de descriptores	Descriptores	Vector de priorización	IC (índice de consistencia)	RC (relación de consistencia)
Vulnerabilidad	P1	3	Dimensión Social	0.633	0.019	0.037
	P2		Dimensión Económica	0.260		
	P3		Dimensión Ambiental	0.106		

Nota. Modificado de CENEPRED, (2014).

### 7.2. Análisis de la dimensión social

El análisis de la dimensión social se orienta a caracterizar a la población del área de evaluación e identificar los elementos sociales vinculados a ella dentro del ámbito de estudio (Tabla 26).

Tabla 26: Matriz y descriptores de los parámetros de la dimensión social

Parámetro	Descriptor	Nº de descriptores	Descriptores	Vector de priorización	IC (índice de consistencia)	RC (relación de consistencia)
Vulnerabilidad	P1	3	Exposición	0.557	0.009	0.017
	P2		Fragilidad	0.320		
	P3		Resiliencia	0.123		

Nota. Modificado de CENEPRED, (2014).

#### 7.2.1. Análisis de la exposición social

En el análisis de la exposición, se evalúan los siguientes parámetros correspondientes al número máximo de habitantes en un predio, asimismo en las aulas de la I.E. y módulos del área de contingencia. Véase en Tabla 27.

Tabla 27: Matriz y descriptores de la exposición social – número de habitantes

Parámetro	Descriptor	Nº de descriptores	Descripción	Vector de priorización	IC (índice de consistencia)	RC (relación de consistencia)
Nº de habitantes	ES1	5	Mayor a 25 habitantes	0.503	0.021	0.019
	ES2		15 a 25 habitantes	0.260		
	ES3		8 a 15 habitantes	0.134		
	ES4		4 a 8 habitantes	0.068		
	ES5		Menos de 4 habitantes	0.035		

Nota. Modificado de CENEPRED, (2014)

### 7.2.2. Análisis de la fragilidad social

**Tabla 28: Matriz y descriptores de parámetros de fragilidad social**

Parámetro	Descriptor	Nº de descriptores	Descriptores	Vector de priorización	IC (índice de consistencia)	RC (relación de consistencia)
Parámetros fragilidad social	P1	4	Grupo Etario	0.563	0.040	0.046
	P2		Abastecimiento de Agua	0.251		
	P3		Acceso a Seguro	0.125		
	P4		Tipo de Alumbrado	0.061		

Nota. Modificado de CENEPRED, (2014).

### 7.2.3. Análisis de resiliencia social

**Tabla 29: Matriz y descriptores de parámetros de resiliencia social**

Parámetro	Descriptor	Pesos	Descriptores
Parámetros Resiliencia social	P1	0.600	Conocimiento en Gestión del Riesgo de Desastres
	P2	0.400	Organización social

Nota. Modificado de CENEPRED, (2014).

## 7.3. Análisis de la dimensión económica

La evaluación de la dimensión económica se orienta a caracterizar a la población del área de estudio y a reconocer los elementos económicos vinculados a ella dentro del ámbito evaluado. Visualizar Tabla 30:

**Tabla 30: Matriz y descriptores de parámetros de la dimensión económica**

Parámetro	Descriptor	Nº de descriptores	Descriptores	Vector de priorización	IC (índice de consistencia)	RC (relación de consistencia)
Parámetros dimensión económica	P1	3	Exposición	0.633	0.019	0.037
	P2		Fragilidad	0.260		
	P3		Resiliencia	0.106		

Nota. Modificado de CENEPRED, (2014).

### 7.3.1. Análisis de la exposición económica

La localización frente al peligro indica cuan cercano se encuentra el predio frente al peligro evaluado, siendo los más críticos ubicados entre 0 y 25 metros. Ver Tabla 31:

**Tabla 31: Matriz y descriptores del parámetro localización de la construcción frente al peligro de áreas críticas**

Parámetro	Descriptor	Nº de descriptores	Descripción	Vector de priorización	IC (índice de consistencia)	RC (relación de consistencia)
Localización de la Construcción frente al peligro de áreas críticas	LFP1	5	Muy cercano: 0 m - 25 m	0.517	0.021	0.019
	LFP2		Cercana al área crítica: 25 m - 50 m	0.227		
	LFP3		Medianamente cerca: 50 m - 75 m	0.147		
	LFP4		Alejada: 75 m - 100 m	0.072		
	LFP5		Muy alejada: mayor a 100 m	0.037		

Nota. Modificado de CENEPRED, (2014).

### 7.3.2. Análisis de la fragilidad económica

**Tabla 32: Matriz y descriptores de los parámetros de fragilidad económica**

Parámetro	Descriptor	Nº de descriptores	Descriptores	Vector de priorización	IC (índice de consistencia)	RC (relación de consistencia)
Parámetros fragilidad social	P1	4	Material de construcción predominante	0.546	0.051	0.058
	P2		Configuración de elevación de las edificaciones	0.268		
	P3		Uso de tecnologías	0.125		
	P4		Estado de conservación	0.061		

Nota. Modificado de CENEPRED, (2014).

### 7.3.3. Análisis de la resiliencia económica

**Tabla 33: Nomenclatura de descriptores del parámetro ingreso familiar promedio mensual (soles)**

Parámetro	Descriptor	Nº de descriptores	Descripción	Vector de priorización	IC (índice de consistencia)	RC (relación de consistencia)
Ingreso Familiar Promedio Mensual (soles)	IF 1	5	$\geq 200$	0.480	0.038	0.034
	IF 2		$>200 - \leq 750$	0.256		
	IF 3		$>750 - \leq 1500$	0.149		
	IF 4		$>1500 - \leq 3000$	0.076		
	IF 5		$>3000$	0.038		

Nota. Modificado de CENEPRED, (2014).

## 7.4. Análisis de la dimensión ambiental

El análisis de la dimensión ambiental consiste en identificar las características intrínsecas de la población y elementos que se relacionan con ella dentro del área a evaluar (Tabla 34).

**Tabla 34: Matriz de los parámetros de la dimensión ambiental**

Parámetro	Descriptor	Nº de descriptores	Descriptores	Vector de priorización	IC (índice de consistencia)	RC (relación de consistencia)
Parámetros dimensión Ambiental	P1	3	Exposición	0.633	0.019	0.037
	P2		Fragilidad	0.260		
	P3		Resiliencia	0.106		

Nota. Modificado de CENEPRED, (2014).

### 7.4.1. Análisis de la exposición ambiental

En el análisis de la exposición, se evalúan los parámetros correspondientes a la ubicación de los elementos analizados en relación con las áreas críticas o inestables (Tabla 35).



**Tabla 35: Matriz de descriptores de la exposición ambiental cercanía de residuos sólidos (botadero)**

Parámetro	Descriptor	Nº de descriptores	Descripción	Vector de priorización	IC (índice de consistencia)	RC (relación de consistencia)
Cercanía De Residuos Sólidos (Botadero)	CRRSS 1	5	Menos a 25 m	0.467	0.059	0.053
	CRRSS 2		de 25 a 50 m	0.267		
	CRRSS 3		de 50 a 100 m	0.162		
	CRRSS 4		de 100 a 200 m	0.069		
	CRRSS 5		Mayor a 200 m	0.035		

Nota. Modificado de CENEPRED, (2014).

#### 7.4.2. Análisis de fragilidad ambiental

**Tabla 36: Nomenclatura de parámetros resiliencia ambiental**

Parámetro	Descriptor	Nº de descriptores	Descriptores
Parámetros Fragilidad ambiental	P1	0.50	Disposición de Residuos Sólidos
	P2	0.50	Tipo de Disposición de excretas

Nota. Modificado de CENEPRED, (2014).

#### 7.4.3. Análisis de la resiliencia ambiental

**Tabla 37: Nomenclatura de descriptores manejo de residuos sólidos**

Parámetro	Descriptor	Nº de descriptores	Descriptores
Parámetros Resiliencia ambiental	P1	0.50	Manejo de Residuos Sólidos
	P2	0.50	Conocimientos en temas ambientales

Nota. Modificado de CENEPRED, (2014).

### 7.5. Niveles de vulnerabilidad

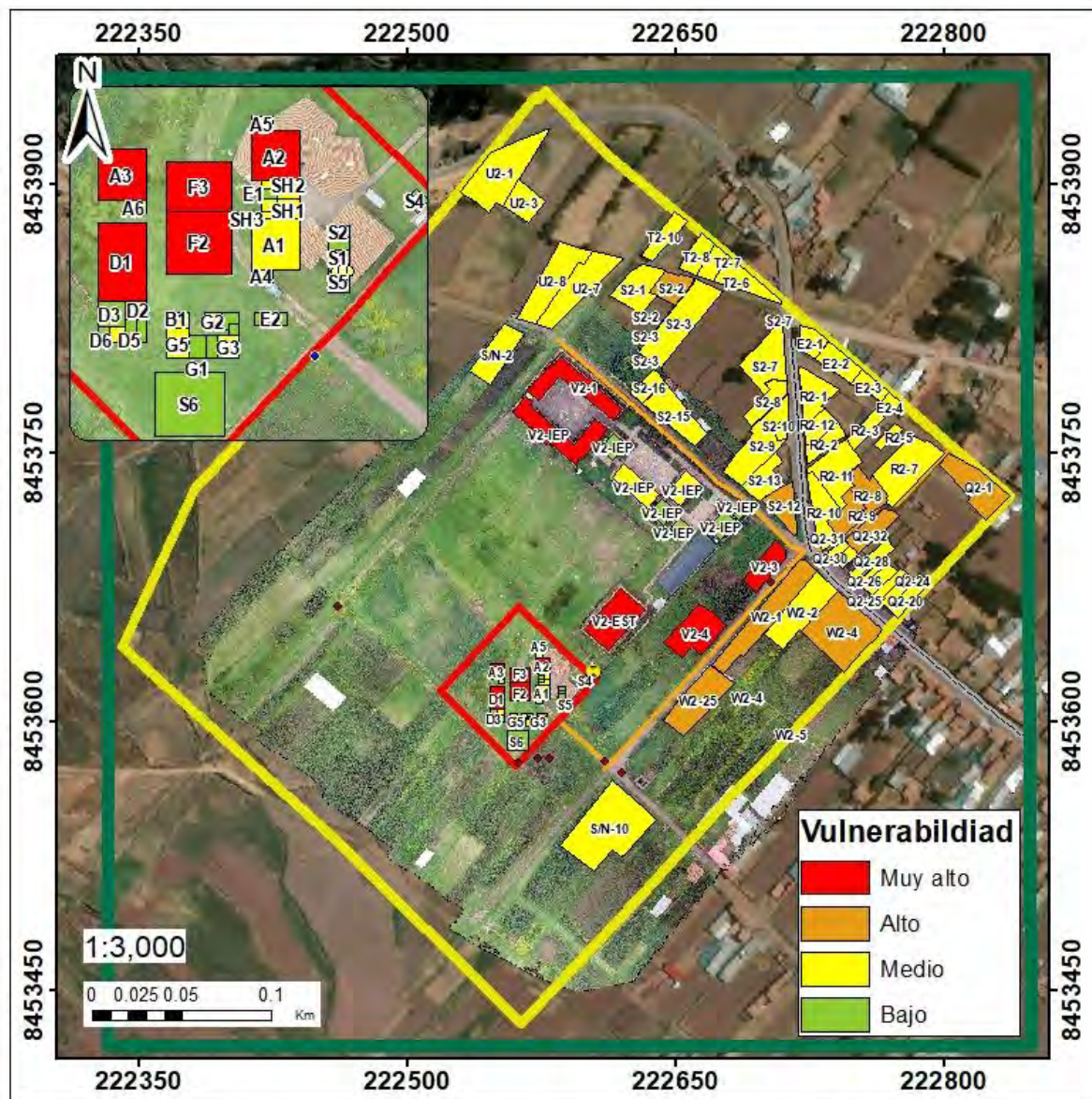
En la Tabla 38 y Fig. 26, se ha determinado los rangos de niveles de vulnerabilidad obtenidos por un análisis jerárquico.

**Tabla 38: Niveles de vulnerabilidad**

NIVEL	RANGO				
<b>MUY ALTO</b>	0.247	<	<b>V</b>	≤	0.490
<b>ALTO</b>	0.150	<	<b>V</b>	≤	0.247
<b>MEDIO</b>	0.074	<	<b>V</b>	≤	0.150
<b>BAJO</b>	0.038	≤	<b>V</b>	≤	0.074

Nota. Modificado de CENEPRED, (2014).

Figura 26: Mapa de vulnerabilidad por sismos



A1	Aula 3 años	D2	Depósito de SUM	SH4	SS.HH. Para personal administrativo y docente	G1	Espacio para el personal Administrativo	S3	Depósito de residuos sólidos
A2	Aula 4 años	D3	Cocina tipo B	SH5	SS.HH. Discapacitados (personal administrativo y docente)	G2	Área de espera	S4	Cuarto de máquinas y sistema
A3	Aula 5 años	D4	Depósito de combustible	D7	Recepción e inspección de alimentos	G3	Sala de reuniones	S5	Cuarto eléctrico
A4	Depósito aula 3 años	D6	Almacén tipo I	E1	Cuarto de limpieza	G4	Archivo	S6	Estacionamiento
A5	Depósito aula 4 años	D6	SS.HH. y vestidor	E2	Área de espera	G5	Sala de docentes	SH1	SS.HH. Niños
A6	Depósito aula 5 años	SH1	SS.HH. Niños	F1	Área de ingreso	R1	Rampa	SH2	SS.HH. Niños
B1	Tópico y psicología	SH2	SS.HH. Niños	F2	Patio	S1	Almacén general	SH3	SS.HH. Discapacitados (niños)
D1	SUM - Comedor	SH3	SS.HH. Discapacitados (niños)	F3	Área de juegos	S2	Cuarto de limpieza	SH4	SS.HH. Para personal administrativo y docente
				SH5	SS.HH. Discapacitados (personal administrativo y docente)				

SIMBOLOGÍA	
Red Vial	Desagüe de caja de paso
Camino	Fuentes de energía eléctrica
Carretera	Fuentes de energía eléctrica
	I.E.I. 532
	Área de influencia

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO	
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA	
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA	
TESIS: "EVALUACIÓN DEL PELIGRO Y LA VULNERABILIDAD PARA DETERMINAR LOS NIVELES DE RIESGO POR SISMOS DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA DE NIVEL INICIAL N° 532 DEL SANGARARA, PROVINCIA DE ACOMAYO DEL DEPARTAMENTO DEL CUSCO"	
MAPA: VULNERABILIDAD	
REGIÓN : CUSCO	ELABORACIÓN: Bach. Brizel Lisseth Pineda Lopez
PROVINCIA : ACOMAYO	ASESOR: Mgt. Ing. José Donicio Cárdenas Roque
DISTRITO : SANGARARA	
CC.PP. : MARCA CONGA	
MAPA - 15	



## CAPÍTULO VIII: CÁLCULO DEL RIESGO

### 8.1. Metodología probabilística para determinar el nivel de riesgo

Para determinar los niveles de riesgo, se empleó un Sistema de Información Geográfica (SIG), permitiendo automatizar el proceso mediante la construcción de una base de datos con información espacial vectorial y alfanumérica georreferenciada. Esta base contiene datos cuantitativos y cualitativos del área de análisis del presente estudio que se pueden visualizar en la Tabla 39.

#### 8.1.1. Determinación para los niveles de riesgo

**Tabla 39: Determinación de los rangos de niveles de riesgo**

VALOR DE PELIGRO (P)	VALOR DE LA VULNERABILIDAD (V)	RIESGO (P*V=R)
0.497	0.490	0.244
0.263	0.247	0.065
0.138	0.150	0.021
0.064	0.074	0.005
0.038	0.038	0.001

Nota. Modificado de CENEPRED, (2014).

#### 8.1.2. Niveles de riesgo

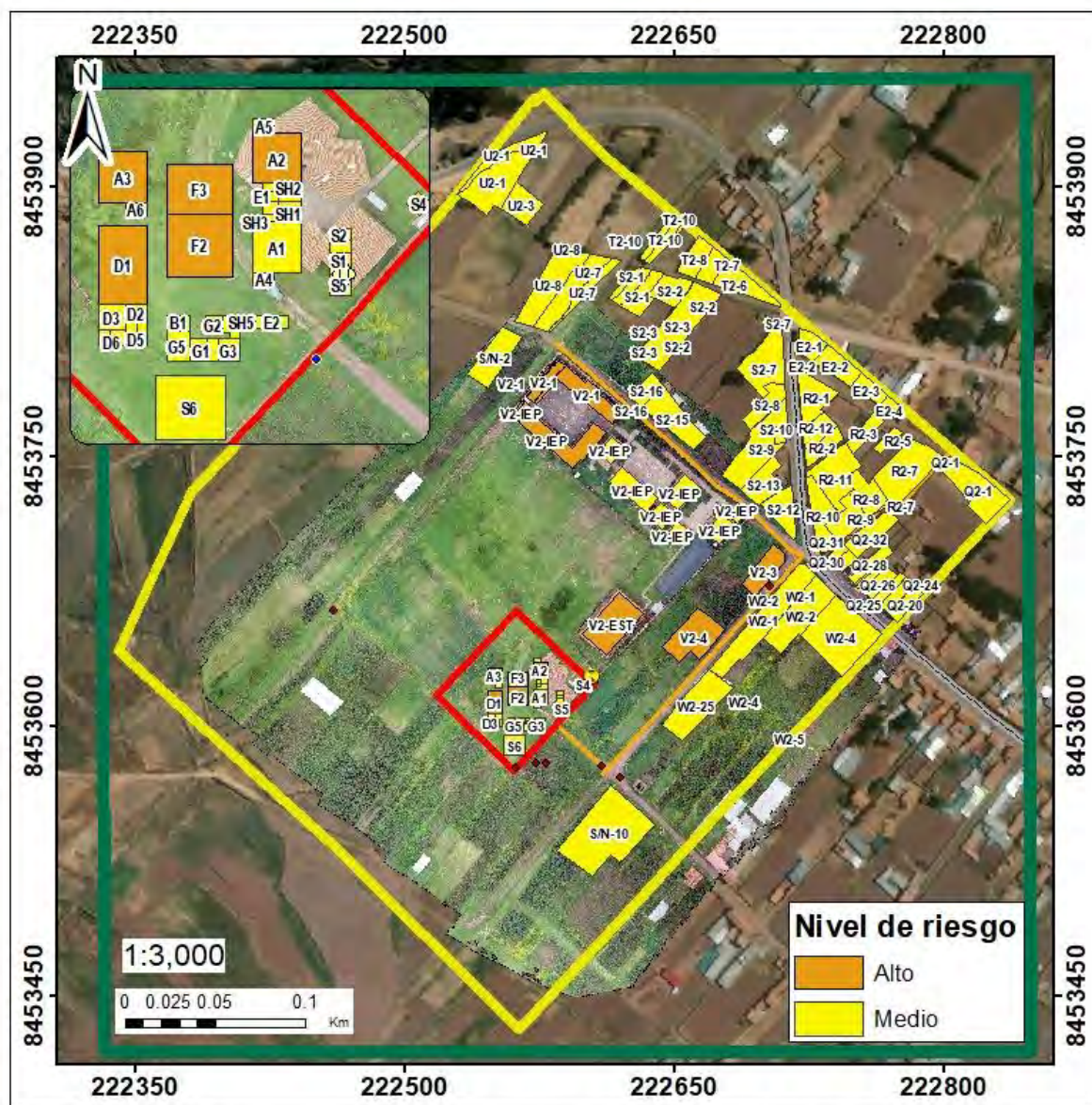
Los niveles de riesgo por movimientos sísmicos, calculados a partir de los valores de peligro y vulnerabilidad para la Institución Educativa de nivel inicial N° 532, se presentan en la Tabla 40.

**Tabla 40: Niveles de riesgo**

Nivel	Rango				
<b>MUY ALTO</b>	0.065	<	R	≤	0.244
<b>ALTO</b>	0.021	<	R	≤	0.065
<b>MEDIO</b>	0.005	<	R	≤	0.021
<b>BAJO</b>	0.001	≤	R	≤	0.005

Nota. Modificado de CENEPRED, (2014).

Figura 27: Mapa de riesgo por sismos



A1	Aula 3 años	D2	Depósito de SUM	SH4	SS.HH. Para personal administrativo y docente	G1	Espacio para el personal Administrativo	S3	Depósito de residuos sólidos
A2	Aula 4 años	D3	Cocina tipo B	SH5	SS.HH. Discapacitados (personal administrativo y docente)	G2	Área de espera	S4	Cuarto de máquinas y sistema
A3	Aula 5 años	D4	Depósito de combustible	D7	Recepción e inspección de alimentos	G3	Sala de reuniones	S5	Cuarto eléctrico
A4	Depósito aula 3 años	D6	Almacén tipo I	E1	Cuarto de limpieza	G4	Archivo	S6	Estacionamiento
A5	Depósito aula 4 años	D6	SS.HH. y vestidor	E2	Área de espera	G5	Sala de docentes	SH1	SS.HH. Niños
A6	Depósito aula 5 años	SH1	SS.HH. Niños	F1	Área de ingreso	R1	Rampa	SH2	SS.HH. Niños
B1	Tópico y psicología	SH2	SS.HH. Niños	F2	Patio	S1	Almacén general	SH3	SS.HH. Discapacitados (niños)
D1	SUM - Comedor	SH3	SS.HH. Discapacitados (niños)	F3	Área de juegos	S2	Cuarto de limpieza	SH4	SS.HH. Para personal administrativo y docente
				SH5	SS.HH. Discapacitados (personal administrativo y docente)				

Red Vial		SIMBOLOGÍA	
	Camino		Desagüe de caja de paso
	Carretera		Fuentes de energía eléctrica
			I.E.I. 532
			Área de influencia

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA	
TESIS: "EVALUACIÓN DEL PELIGRO Y LA VULNERABILIDAD PARA DETERMINAR LOS NIVELES DE RIESGO POR SISMOS DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA DE NIVEL INICIAL N° 532 DEL SANGARARA, PROVINCIA DE ACOMAYO DEL DEPARTAMENTO DEL CUSCO"	
MAPA: RIESGO POR SISMOS	
REGION : CUSCO PROVINCIA : ACOMAYO DISTRITO : SANGARARA CC.PP. : MARCA CONGA	ELABORACIÓN: Bach. Brizel Lisseth Pineda Lopez ASESOR: Mgt. Ing. José Donicio Cárdenas Roque
<b>MAPA - 16</b>	

## CAPÍTULO IX: CONTROL DEL RIESGO

Este capítulo determina el costo de mitigación ante el riesgo sísmico en la Institución Educativa de nivel inicial N° 532, justificando el nivel calculado en función de la reducción de daños o, en su defecto, por la seguridad de la vida de los ocupantes. Se considera que la nueva infraestructura debe garantizar una educación de calidad para la población beneficiaria.

A pesar de los esfuerzos multidisciplinarios por estimar y valorar el riesgo, es fundamental contar con un referente para evaluar la gravedad e importancia de sus consecuencias sociales, económicas y ambientales, así como su nivel de aceptabilidad (Douglas, 1986). Se reconoce que la aplicación de medidas preventivas no garantiza una mitigación total del riesgo sísmico, ya que este no puede ser completamente eliminado.

### 9.1. Valoración de las consecuencias

Las consecuencias del impacto sísmico tienen una valoración media (Tabla 41). Si bien se considera un peligro inminente, sus efectos pueden ser gestionados a nivel local y regional (CENEPRED, 2014) por entidades como la Municipalidad Distrital de Sangarará y otras instituciones competentes.

**Tabla 41: Valoración de consecuencias**

VALOR	NIVELES	DESCRIPCIÓN
4	MUY ALTA	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural son catastróficas.
3	ALTA	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas con apoyo externo.
2	MEDIA	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas con los recursos disponibles
1	BAJA	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas sin dificultad

Nota. Modificado de CENEPRED, (2014).

### 9.2. Valoración de frecuencia de recurrencia

La frecuencia de recurrencia del peligro sísmico se considera incierta, con un período de retorno prolongado (CENEPRED, 2014). Dado que el centro poblado de Marcaconga carece de un sistema sismorresistente, se le asigna un valor de nivel medio (2), según lo indicado en la Tabla 42.

**Tabla 42: Valoración de frecuencia de recurrencia**

VALOR	NIVELES	DESCRIPCIÓN
4	MUY ALTA	Puede ocurrir en la mayoría de las circunstancias.
3	ALTA	Puede ocurrir en periodos de tiempo medianamente largos según las circunstancias.
2	MEDIA	Puede ocurrir en periodos de tiempo largos según las circunstancias.
1	BAJA	Puede ocurrir en circunstancias excepcionales

Nota. Modificado de CENEPRED, (2014).



### 9.3. Nivel de consecuencias y daños

De acuerdo con la matriz de doble entrada que evalúa el nivel de consecuencia y daño, se obtiene un nivel de consecuencia medio y una frecuencia de nivel medio, lo que corresponde a un nivel medio de consecuencias y daños (CENEPRED, 2014), según la Tabla 43.

**Tabla 43: Nivel de consecuencias y daños**

CONSECUENCIAS	NIVEL	ZONA DE CONSECUENCIAS Y DAÑOS			
Muy Alta	4	Alta	Alta	Muy Alta	Muy Alta
Alta	3	Media	Alta	Alta	Muy Alta
Media	2	Media	Media	Alta	Alta
Baja	1	Baja	Media	Media	Alta
NIVEL		1	2	3	4
FRECUENCIA		Baja	Media	Alta	Muy Alta

Nota. Modificado de CENEPRED, (2014).

Asimismo, dado el nivel medio de consecuencias y daños, se estima que el impacto de un sismo podría generar afectaciones que requieran tratamiento médico para las personas, así como pérdidas significativas de bienes y recursos financieros (CENEPRED, 2014), conforme a lo indicado en la Tabla 44.

**Tabla 44: Nivel de consecuencia y daño**

VALOR	NIVELES	DESCRIPCIÓN
4	MUY ALTA	Muerte de personas, enorme pérdida de bienes y financieras importantes
3	ALTA	Lesiones grandes en las personas, pérdida de la capacidad de producción, pérdida de bienes y financieras importantes.
2	MEDIA	Requiere tratamiento médico en las personas, pérdida de bienes y financieras altas.
1	BAJA	Tratamiento de primeros auxilios en las personas, pérdida de bienes y financieras altas.

Nota. Modificado de CENEPRED, (2014).

### 9.4. Aceptabilidad y/o tolerancia

En función a lo determinado en los acápites anteriores, se concluye que el riesgo en el área de influencia de la Institución Educativa de nivel inicial N° 532 es tolerable. Por lo tanto, se deben implementar actividades orientadas al manejo y reducción del riesgo, conforme a los lineamientos de (CENEPRED, 2014). La priorización se presenta en la Tabla 45.

**Tabla 45: Aceptabilidad y/o tolerancia**

NIVEL	DESCRIPTOR	DESCRIPCIÓN
4	INADMISIBLE	Se debe aplicar inmediatamente medidas de control físico y de ser posible transferir inmediatamente recursos económicos para reducir los riesgos
3	INACEPTABLE	Se deben desarrollar actividades INMEDIATAS y PRIORITARIAS para el manejo de riesgos
2	TOLERABLE	Se debe desarrollar actividades para el manejo de riesgos
1	ACEPTABLE	El riesgo no presenta un peligro significativo

Nota. Modificado de CENEPRED, (2014).

## 9.5. Matriz de aceptabilidad y/o tolerancia

Según (CENEPRED, 2014) las consecuencias y daños ante el impacto probable de un sismo se interpretan como de nivel inaceptable (Tabla 46). Además, considerando una aceptabilidad y tolerancia de valor 2 y un nivel de consecuencia y daños alto con un valor de 3, se determina que la aceptabilidad y/o tolerancia del riesgo es inaceptable.

**Tabla 46: Nivel de priorización**

NIVEL DE PRIORIZACIÓN		
Valor	Descriptor	Nivel de priorización
4	Inadmisible	I
3	Inaceptable	II
2	Tolerable	III
1	Aceptable	IV

Fuente. CENEPRED. (2014).

**Tabla 47: Aceptabilidad y tolerancia**

Riesgo inaceptable	Riesgo inaceptable	Riesgo inadmisible	Riesgo inadmisible
Riesgo tolerable	Riesgo inaceptable	Riesgo inaceptable	Riesgo inadmisible
Riesgo tolerable	Riesgo tolerable	Riesgo inaceptable	Riesgo inaceptable
Riesgo aceptable	Riesgo tolerable	Riesgo tolerable	Riesgo inaceptable

Fuente. CENEPRED. (2014).

### 9.5.1. Medidas de prevención y reducción de riesgo de desastres

Dado que el peligro por sismos tiene un impacto significativo en las infraestructuras, el diseño y el estudio del sitio deben cumplir con el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). Para prevenir y mitigar los riesgos sísmicos, se proponen las siguientes medidas de prevención y reducción, tanto estructurales como no estructurales.

### 9.5.2. Medidas de prevención de riesgo estructurales

- Demolición y retiro de infraestructura obsoleta para eliminar riesgos estructurales y reducir la vulnerabilidad en la I.E. N° 532.
- Diseño y construcción sismorresistente, cumpliendo con el RNE y la R.V.M. N° 010-2022-MINEDU, priorizando cimentaciones adecuadas y materiales estructurales de alta calidad.
- Refuerzo estructural en edificaciones que puedan conservarse, aplicando técnicas de rehabilitación sísmica, como el uso de muros de confinamiento y refuerzos en vigas y columnas.
- Instalación de disipadores de energía y juntas sísmicas en estructuras críticas para reducir el impacto de movimientos telúricos.
- Implementación de señalización adecuada para zonas seguras y rutas de evacuación dentro de la I.E.
- Plan de mantenimiento preventivo para garantizar la seguridad estructural y operativa de la infraestructura educativa.
- Capacitación en gestión del riesgo dirigida a docentes y personal administrativo sobre protocolos de respuesta ante sismos.



- Evaluación geotécnica del terreno para determinar la necesidad de cimentaciones especiales o mejoramiento del suelo, considerando la sismicidad de la zona.

#### 9.5.3. Medidas de prevención de riesgo no estructurales

- Campañas de sensibilización en gestión del riesgo, lideradas por la oficina de Defensa Civil, para fortalecer la preparación de la comunidad educativa y población del área de influencia en temas como alerta temprana, rutas de evacuación, zonas seguras, planes familiares de emergencia y uso de mochilas de emergencia. Estas deben estar dirigidas a todo el plan docente, administrativo, padres y alumnos de la I. E.
- Elaboración y ejecución del Plan de Contingencia ante Sismos en la I.E. N° 532, garantizando protocolos de respuesta, equipamiento y herramientas para la atención de emergencias, alineado con el PLANAGERD 2014-2021.
- Plan de Gestión del Riesgo de Desastres (GRD), incorporando la identificación de peligros, vulnerabilidades y capacidades de respuesta, articulado con los instrumentos de gestión institucional según la R.M. 011-2019-MINEDU y la RSG 302-2019-MINEDU.

#### 9.5.4. Medidas de reducción de riesgo estructurales

- Mantenimiento anual de la infraestructura de la I.E. N° 532, asegurando la conservación óptima de elementos estructurales y no estructurales, incluyendo reforzamiento de conexiones, inspección de fisuras y corrección de fallas constructivas.
- Intervención en viviendas vulnerables del área de influencia, mediante la Oficina de Defensa Civil de la Municipalidad Distrital de Sangarará, promoviendo refuerzos estructurales, apuntalamientos o desmontaje de zonas en riesgo de colapso.
- Anclaje y reforzamiento de elementos no estructurales, como mobiliario, luminarias, vidrios y techos, para minimizar el riesgo de desprendimiento y lesiones en caso de sismo.
- Revisión y refuerzo de cimentaciones en zonas críticas, asegurando que se encuentren acorde con la normativa vigente (RNE y R.V.M. N° 010-2022-MINEDU) para soportar cargas dinámicas generadas por sismos.

#### 9.5.5. Medidas de reducción de riesgo no estructurales

- Implementación y monitoreo del Plan de Gestión del Riesgo de Desastres (PGRD) de la I.E. N° 532, asegurando su articulación con el PGRD de la UGEL, en concordancia con el PLANAGERD 2014-2021. Este plan debe incluir medidas de prevención, reducción y respuesta ante movimientos sísmicos.
- Capacitaciones periódicas en gestión del riesgo y simulacros de sismo, dirigidos a estudiantes, docentes y personal administrativo, para fortalecer la cultura de prevención y mejorar los tiempos de respuesta.
- Señalización de rutas de evacuación y zonas seguras, con señalética clara, visible y acorde con las normas técnicas de seguridad en edificaciones.

## CONCLUSIONES

### 1. Riesgo sísmico en la institución educativa

El nivel de riesgo por movimientos sísmicos en la institución educativa N° 532 posee niveles de medio a alto, lo que evidencia que las condiciones iniciales de peligro pueden mitigarse mediante la implementación de una nueva infraestructura. Este riesgo, clasificado como inaceptable y con un nivel de priorización II, requiere acciones inmediatas y prioritarias para la prevención y reducción del riesgo de desastres, conforme al nivel de peligro calculado y vulnerabilidad entre media y alta.

### 2. Nivel de peligrosidad por sismo

Se identificó que el nivel de peligrosidad sísmica en la I.E.I. N.º 532 es medio, y que en el ámbito de estudio predominan niveles bajos a medios, atribuibles a la intensidad y magnitud de sismos registrados en el entorno cercano; asimismo, el estudio geofísico MASW 2D evidenció la presencia de un medio competente (roca) hacia ~30 m de profundidad, por lo que la profundidad de cimentación no se considera un factor condicionante en la determinación del peligro, al no modificar de manera significativa la condición de sitio adoptada, siendo más determinantes las condiciones superficiales del terreno y la presencia de agua subterránea. El rango bajo se asocia principalmente a afloramientos rocosos; el rango medio corresponde a sectores con suelos CL, GC y GC–SM (SUCS) y capacidades portantes del orden de 0.74 a 1.50 kg/cm<sup>2</sup>, sin evidenciarse nivel freático en exploraciones hasta 4 m; mientras que el rango alto, de ocurrencia localizada, se concentra en zonas con nivel freático aflorante y materiales ML, predominantes en el ámbito del río Pomanca, donde la mayor saturación incrementa la susceptibilidad del terreno frente a eventos sísmicos.

### 3. Vulnerabilidad ante sismos

La vulnerabilidad de la institución educativa, las viviendas circundantes y la infraestructura en general se clasifica en niveles muy alto, alto, medio y bajo cuya distribución es heterogénea; se han identificado niveles muy alto, medio y bajo para la I. E., y en el entorno inmediato, el área de estudio, la presencia de niveles muy alto, alto, medio y bajo. Esta condición se explica principalmente por el grado de exposición social, donde el grupo etario de 3, 4 y 5 años presenta la mayor susceptibilidad, y por la concentración de ocupantes en vivienda, lote o aula (a mayor cantidad de personas, mayor exposición y potencial de afectación). Complementariamente, la vulnerabilidad se incrementa en sectores con materiales y elementos constructivos de menor desempeño sísmico, especialmente por el tipo de muros y cubiertas (techos), de modo que la combinación de alta ocupación y baja resistencia estructural configura los escenarios de mayor vulnerabilidad frente a un evento sísmico.

### 4. Medidas de mitigación

Para reducir el riesgo por sismos en la Institución Educativa Inicial N.º 532 y su área de influencia, se concluye que es imprescindible implementar un paquete integral de medidas estructurales y no estructurales, orientadas a disminuir simultáneamente la vulnerabilidad física y la exposición. En el componente estructural, se prioriza la demolición y retiro de infraestructura obsoleta, el diseño y construcción sismorresistente conforme al RNE y la R.V.M. N.º 010-2022-MINEDU, el refuerzo/rehabilitación sísmica de edificaciones

recuperables (muros de confinamiento y refuerzos en vigas y columnas), la incorporación de disipadores de energía y juntas sísmicas en elementos críticos, así como la evaluación geotécnica para definir cimentaciones adecuadas o requerimientos de mejoramiento de suelos. De manera complementaria, se establece la necesidad de un mantenimiento preventivo anual y del anclaje/aseguramiento de elementos no estructurales (mobiliario, luminarias, vidrios y techos) para evitar desprendimientos y lesiones. En el componente no estructural y de gestión, resulta determinante fortalecer la gobernanza y preparación mediante campañas de sensibilización, la elaboración y ejecución del Plan de Contingencia ante Sismos, y la implementación sostenida del Plan/Programa de Gestión del Riesgo de Desastres (PGRD), incluyendo capacitaciones periódicas, simulacros, y señalización efectiva de rutas de evacuación y zonas seguras. En conjunto, estas acciones permiten reducir la probabilidad de falla y colapso, minimizar daños y lesiones, y mejorar la capacidad de respuesta, con lo cual se logra una reducción tangible del riesgo sísmico en la comunidad educativa y su entorno inmediato.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda complementar la metodología CENEPRED, aplicada en el presente estudio bajo un enfoque semi-cuantitativo, con un análisis de peligro sísmico determinístico por escenarios mediante el software CRISIS, con la finalidad de incrementar la resolución y robustez de los parámetros de demanda sísmica en el área de estudio. En particular, se sugiere modelar explícitamente las fuentes sismogénicas relevantes (p. ej., fallas cercanas y sismicidad cortical), definir escenarios representativos de magnitud, mecanismo focal, profundidad y distancia, y seleccionar relaciones de atenuación (GMPE) acordes al contexto tectónico regional. Con dichos insumos, CRISIS permitiría estimar PGA y espectros de respuesta a nivel de sitio, generando productos cartográficos de mayor detalle (isovalores y gradientes espaciales) que fortalezcan la zonificación del peligro y sustenten con mayor precisión criterios de diseño, verificación y priorización de medidas de reducción del riesgo. Asimismo, esta aproximación facilitaría la comparación y validación cruzada de los resultados con los niveles obtenidos por CENEPRED, mejorando la trazabilidad técnica y la consistencia del análisis en futuras investigaciones.
2. Personal de la Institución Educativa N° 532  
  
Establecer simulacros sísmicos regulares junto a capacitaciones previos a estos involucrando la participación de los alumnos, docentes, personal administrativo y padres de familia con la finalidad de reducir la vulnerabilidad por resiliencia.  
Asegurar la designación de brigadistas y la disposición de implementos de primeros auxilios; asimismo, siendo la institución un refugio en caso de desastres se debe tener implementado un manual o plan de acción ante desastres por las entidades locales.
3. Sobre el área de influencia  
  
Las infraestructuras que se encuentran dentro del área de influencia de la I.E.I. N° 532 presentan niveles de vulnerabilidad altos, considerando que el material de construcción predominante es el adobe se recomienda a las entidades competentes difundir charlas informativas sobre el ordenamiento territorial y la aplicación de la Norma E.030 de Diseño Sismorresistente; es decir reemplazar las infraestructuras con material de concreto. Además, considerando el bajo ingreso mensual de las familias y que “no es posible que una edificación antigua que se refuerza cumpla con todos los requisitos de una norma moderna, razón por la cual se debe recurrir a otros criterios y estrategias para dar un nivel de protección similar al de una edificación nueva” (Muñoz, 2020), lo ideal es fomentar el reforzamiento de infraestructuras de adobe con técnicas ingenieriles conforme a norma.
4. Sobre estudios complementarios  
Realizar un estudio geotécnico-geológico detallado con el fin de comprender mejor la influencia de la falla geológica Sangarará, o de otras cuya influencia sea verificada, en el área de la institución educativa e informar futuros esfuerzos para la mitigación del peligro por sismos.



5. Dar prioridad de construcción del proyecto propuesto para la prevención y reducción de riesgos de desastres correspondiente al nivel alto de priorización (II) del riesgo y, la población altamente vulnerable (niños).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACELDAT-PERÚ (s.f.). Aceleración sísmica. Obtenido el 4 de agosto del 2024 de <https://www.gob.pe/12742-consultar-datos-de-aceleracion-del-suelo-despues-de-sismos-aceldat-peru>
- Acosta Ale, J. G., Rodríguez Morante, I., Villarreal Jaramillo, E., & Huanacuni Mamani, D. (2011). Memoria sobre la geología económica de la región Cusco. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET).
- Ancco, E. y Chaparro, E. (2020). Espectros determinísticos y probabilísticos para la evaluación del peligro sísmico en estructuras de la región de Tacna. Artículo. Ingeniería Investiga.
- ASTM International. (2017). ASTM D5333-17 Standard Test Method for Measurement of Collapse Potential of Soils. West Conshohocken, PA: ASTM International.
- ASTM International. (2018). ASTM D1586-18: Standard test method for standard penetration test (SPT) and split-barrel sampling of soils. ASTM International.
- Benavente, C., Delgado, F., Taípe, E., Audin, L. & Pari, W. (2013). Neotectónica y peligro sísmico en la Región Cusco. Boletín N° 55 Serie C Geodinámica e Ingeniería Geológica. INGEMMET.
- Calderon y Quillahuamana (2021). Estudio hidrogeológico de las microcuencas Santo Domingo – Acopia y Huayrachapi – Miskiuunu, en el distrito de Acopia, Acomayo, Cusco – 2019.
- Carlotto V., 2013. Paleogeographic and tectonic controls on the evolution of Cenozoic basins in the Altiplano and Western Cordillera of southern Peru, Tectonophysics, 589, 195–219
- Carlotto, V., Cárdenas, J., Concha, R. y Cacya, L., agosto de 2012. La valoración de la geología en las unidades territoriales del medio físico para los planes de ordenamiento territorial y zonificación ecológica económica. INGEMMET, Perú.
- Caro, L. (2021). 7 Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Datos.
- CENEPRED, 2020. Lineamientos para la elaboración del Informe de Evaluación del Riesgo de Desastres en Proyectos de Infraestructura Educativa (Resolución Jefatural N° 058-2020-CENEPRED/J). Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres.
- Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres. (2014). Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales (2.<sup>a</sup> versión). [https://www.cenepred.gob.pe/web/wp-content/uploads/Guia\\_Manuales/Manual-Evaluacion-de-Riesgos\\_v2.pdf](https://www.cenepred.gob.pe/web/wp-content/uploads/Guia_Manuales/Manual-Evaluacion-de-Riesgos_v2.pdf)
- CEPAL. (2003). Manual para la evaluación del impacto socioeconómico y ambiental de los desastres. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Naciones Unidas.

- Colomé, D. G., & Femenia, P. E. (2018). Metodología de investigación para cursos de posgrado en ingeniería (1.ª ed.). San Juan: Ediciones Plaza.
- Delgado, F., Fidel, L. y Concha, R. (noviembre, 2014). Reactivación del Segmento Activo Misca-Cusibamba Falla Paruro Cusco. Inform técnico. INGEMMET.
- Esteban Nieto, N. (2018). Tipos de investigación.
- Gobierno Regional Cusco, (8 de febrero de 2021). Estudio de diagnóstico y zonificación de la provincia de Acomayo.
- INACAL (2019a). NTP 339.131. Suelos. Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión no confinada de suelos cohesivos. Lima
- INACAL (2019b). NTP 339.133. Suelos. Método de ensayo de penetración estándar. Lima
- INDECOPI, 1999. NTP 339.134:1999. Suelos. Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, SUCS). Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales.
- INGEMMET, septiembre de 2019. Evaluación de Peligros Geológicos Por Movimientos en Masa de las localidades de Cucho y Nueva Rinconada del Centro Poblado de Huanchayllo. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico. Lima, Perú.
- Instituto Geofísico del Perú, 28 de febrero del 2012. Conceptos básicos- Noticias – Instituto Geofísico del Perú. Recuperado el 22 de noviembre del 2024 de <https://www.gob.pe/institucion/igp/noticias/76090-conceptos-basicos>
- Instituto Geofísico del Perú, 29 de enero del 2024. Consultar datos de aceleración del suelo después de sismos (ACELDAT-PERÚ)
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI). (1999). NTP 339.134:1999. Suelos. Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, SUCS). INDECOPI.
- Lipa, V., Zuloaga, A., & Linaresi, E. (2003). Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Andahuaylas (28-p). Escala 1:50 000. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET).
- Los Movimientos Sísmicos. (2014). Los movimientos sísmicos: causas y efectos. Recuperado de <https://lageografia.com/geografia-fisica/movimientos-sismicos>
- Lozano Cortijo, O. (2008). Metodología para el análisis de vulnerabilidad y riesgo ante inundaciones y sismos de las edificaciones en centros urbanos. PREDES. Recuperado de <https://www.eird.org/plataforma-tematica-riesgo-urbano/recopilacion-de-articulos/olga-lozano.pdf>
- Marroquín Peña, R. (2013). Metodología de la investigación (Sesión N° 04) [Slide di presentazione]. Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle, Programa de Titulación 2013.

<https://www.une.edu.pe/Titulacion/2013/exposicion/SESSION-4-METODOLOGIA%20DE%20LA%20INVESTIGACION.pdf>

- Mendivil, S. y Dávila, D. (1994). Geología de los cuadrángulos de Cuzco y Livitaca. Hojas: 28-s y 29-s. INGEMMET.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MinAmbiente), (2022). Recuperación de cobertura vegetal en áreas disturbadas. Obtenido el 21 de julio del 2024 de <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/03/Guia-Metodologica-PT-Cobertura-Vegetal.pdf>
- Ministerio de Educación. (2024). Padrón de Instituciones Educativas [Conjunto de datos]. ESCALE - Unidad de Estadística Educativa. <https://escale.minedu.gob.pe/web/inicio/padron-de-iiee>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016. Manual de Ensayo de Materiales.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones, abril de 2014. Manual de carreteras. Suelos, geología, geotecnia y pavimentos.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, (2018a). Norma Técnica E.030 Diseño sismorresistente.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, (2018b). Norma Técnica E.050 Suelos y cimentaciones.
- Ministerio del Ambiente (MINAM), (1 de julio de 2017). Identificación de las condiciones de riesgos de desastres y vulnerabilidad al cambio climático de la región Cusco.
- Municipalidad Distrital de Sangarará, (27 de diciembre de 2023). Plan de Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres de la Municipalidad Distrital de Sangarará al 2030.
- Muñoz, A. (2020). Comentarios a la Norma Peruana E.030 Diseño sismorresistente. SENCICO.
- Obregon, Christian (2014). Estimación del peligro sísmico probabilístico & generación de espectros de peligro uniforme (UHS) para la región de Lima, Perú.
- Presidencia del Consejo de Ministros. (2011, 26 de mayo). Decreto Supremo N.º 048-2011-PCM que aprueba el Reglamento de la Ley N.º 29664, que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD).
- Ramírez Álvarez, E. (2021). Análisis de peligro sísmico para el centro de México y estimación del riesgo asociado a un modelo base en el valle de Acambay, Estado de México. Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
- Resolución Jefatural 058-2020, (10 de julio de 2020). Lineamientos para la Elaboración del Informe de Evaluación del Riesgo de Desastres en Proyectos de Infraestructura Educativa. CENEPRED. Lima, Perú.



- Resolución Jefatural 255-2020, (8 de octubre de 2020). Instrucciones para el llenado de la ficha por peligro inminente. INDECI. Lima, Perú.
- Rivera Zeta, M. A., Piedra Rubio, R., & Paripanca García, Y. (2016). Ensayos geofísicos de refracción sísmica y de medición de ondas de corte (MASW y MAM) para usos de cimentación en obras de edificaciones. *Civilizate*.  
<https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/civilizate/article/view/18630>
- Saez, Miguel (marzo, 2016). Correlación cruzada de ruido sísmico para la obtención de perfiles profundos de velocidad de onda de corte en la cuenca de Santiago.
- Soncco, Y. & Ojeda, H. (febrero del 2022). Evaluación de peligros geológicos en el sector Cruz Pata propuesto para la reubicación del centro poblado menor de Arcata, distrito de Cayarani, provincia de Condesuyos, departamento de Arequipa (Informe Técnico N° A7232).
- Tavera, H. (2014). Evaluación del peligro asociado a los sismos y efectos secundarios en el Perú (Informe técnico). Instituto Geofísico del Perú.
- Tavera, Hernando (noviembre, 2020). Análisis y evaluación de los patrones de sismicidad y escenarios sísmicos en el borde occidental del Perú. Informe Técnico N° 004-20202/IGP, Perú.
- Torres, Y., Molina, S., Navarro, M., Benito, B., & Belizaire, D. (2012, junio). Propuesta de un modelo de cálculo del riesgo sísmico en términos de daño físico para Puerto Príncipe (Haití). En Actas de la 7ª Asamblea Hispano-Portuguesa de Geodesia y Geofísica (San Sebastián, España). Grupo de Investigación en Ingeniería Sísmica, Universidad Politécnica de Madrid.
- Universidad Politécnica de Madrid (2012). Estimación del riesgo sísmico. Recuperado de [https://proyectos.topografia.upm.es/redal/images/documents/Modulo\\_5/mdulo\\_5-tema\\_3.pdf](https://proyectos.topografia.upm.es/redal/images/documents/Modulo_5/mdulo_5-tema_3.pdf)
- Wimpenny, S., Benavente, C., Copley, A., Garcia, B., Rossell, L., O’Kane, A., & Aguirre, E. (2020). Observations and dynamical implications of active normal faulting in South Peru. *Geophysical Journal International*, 221(1), 48–71.  
<https://doi.org/10.1093/gji/ggaa144>
- Youd, T. L., & Idriss, I. M. (2001). Liquefaction resistance of soils: Summary report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF workshops on evaluation of liquefaction resistance of soils. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 127(4), 297–313.
- Zavala, B. & Rosado, M. (2010) - Riesgo geológico en la región Cajamarca. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 44, 396 p., 19 mapa.

## ANEXOS





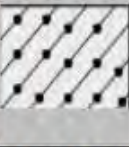
### Anexo A. Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA - EVALUACIÓN DEL PELIGRO Y LA VULNERABILIDAD PARA DETERMINAR LOS NIVELES DE RIESGO POR SISMOS DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA DE NIVEL INICIAL N° 532 DEL CENTRO POBLADO DE MARCACONGA, DISTRITO DE SANGARARA, PROVINCIA DE ACOMAYO DEL DEPARTAMENTO DEL CUSCO				
FUNDAMENTO TEÓRICO	PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	METODOLOGÍA
MARCO REFERENCIAL	PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	TIPO: Aplicada o Tecnológica
<p><b>NACIONAL</b> Evaluación del peligro asociado a los sismos y efectos secundarios en Perú (Tavera, H., 2014).</p> <p><b>REGIONAL</b> Neotectónica y peligro sísmico en la Región Cusco (Benavente et al., 2013)</p> <p>Estudio de diagnóstico y zonificación de la provincia de Acomayo (Gobierno Regional Cusco, 2021).</p> <p>Plan de Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres de la Municipalidad Distrital de Sangarará al 2030 (2023).</p>	<p>¿Cuál es el riesgo por sismos en la Institución Educativa N°532 de nivel inicial del centro poblado de Marcaconga, distrito de Sangarara, provincia de Acomayo del departamento de Cusco?</p> <p><b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b></p> <p>1. ¿Cuáles son los niveles de peligro por sismos dentro del ámbito de influencia del área de estudio?</p> <p>2. ¿Cuáles son los niveles de vulnerabilidad ante sismos que presenta la población del área de estudio?</p> <p>3. ¿Cuáles son los niveles de riesgo por sismos y qué medidas se pueden plantear dentro del ámbito de influencia del área de estudio?</p>	<p>Determinar el riesgo por sismos en la institución educativa de nivel inicial N° 532 del centro poblado de Marcaconga, distrito de Sangarara, provincia de Acomayo del departamento de Cusco.</p> <p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b></p> <p>1. Determinar son los niveles de peligro por sismos dentro del ámbito de influencia del área de estudio.</p> <p>2. Determinar los niveles de vulnerabilidad que presenta la población del área de estudio.</p> <p>3. Determinar los niveles de riesgo por sismos y plantear medidas de mitigación dentro del ámbito de influencia del área de estudio.</p>	<p>Determinar el riesgo por sismos en la institución educativa de nivel inicial N° 532 del centro poblado de Marcaconga, distrito de Sangarara, provincia de Acomayo del departamento de Cusco.</p> <p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b></p> <p>1. Determinar son los niveles de peligro por sismos dentro del ámbito de influencia del área de estudio.</p> <p>2. Determinar los niveles de vulnerabilidad que presenta la población del área de estudio.</p> <p>3. Determinar los niveles de riesgo por sismos y plantear medidas de mitigación dentro del ámbito de influencia del área de estudio.</p>	<p><b>NIVEL DE INVESTIGACIÓN</b></p> <p>a. Nivel Correlacional.</p> <p>b. Nivel Explicativo.</p>

## Anexo B. Matriz de operacionalización de variables


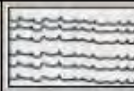


OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES						
TÍTULO: EVALUACIÓN DEL PELIGRO Y LA VULNERABILIDAD PARA DETERMINAR LOS NIVELES DE RIESGO POR SISMOS DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA DE NIVEL INICIAL N° 532 DEL CENTRO POBLADO DE MARCACONGA, DISTRITO DE SANGARARA, PROVINCIA DE ACOMAYO DEL DEPARTAMENTO DEL CUSCO						
VARIABLES		DIMENSIONES	INDICADORES	ÍNDICES	INSTRUMENTOS DE MEDIDA	DATOS
Niveles de riesgo	Peligro	Sismo	Magnitud de momento (factor desencadenante)	Mw	Revisión documental (catálogos/registros oficiales) y sistematización en matriz	Rangos de >7 Mw, >6 a 7 Mw >5 a 6 Mw, >3 a 5 Mw y 1 a 3 Mw
			Intensidad sísmica (parámetro de evaluación)	Intensidad (MMI)	Revisión documental (escenarios/mapas/reportes técnicos) y sistematización en matriz	Magnitudes de I a X
		Estudio de mecánica de suelos	Clasificación de suelos	Clasificación SUCS	Muestras de campo, calicatas, ensayos de laboratorio, Excel, tablas, etc.	CS1: ML (Limos arenosos); CS2: GC-SM (Gravas y finos sin plasticidad); CS3: CL (Arcillas limosas inorgánicas); CS4: GC (Grava con arcilla); CS5: Roca dura
			Capacidad portante	Capacidad admisible y/o categoría CP	Correlaciones/ensayos (según disponibilidad) y memoria de cálculo (fórmulas empíricas)	Rangos: Muy alto, alto, media, bajo y muy bajo
			Tipo de suelo (según perfil dinámico del terreno)	Categoría de perfil dinámico (S0-S4)	Interpretación de ensayos/registro geofísico (p. ej., Vs30) – MASW 2D	Condiciones excepcionales, suelos blandos, suelos intermedios, suelos muy rígidos y roca dura
			Nivel freático	Profundidad del nivel freático	Calicatas/sondeos, medición con wincha o flexómetro	Nivel freático aflorante, somero, moderado, profundo, ausente o muy profundo
	Vulnerabilidad	Dimensión social	Exposición social	Número de habitantes	Encuestas, fichas de caracterización de vivienda, panel fotográfico, etc.	N° de habitantes por vivienda
			Fragilidad social	Grupo etario	Encuestas, fichas de caracterización de vivienda, panel fotográfico, etc.	Rangos de edad de los habitantes
				Acceso a seguro		Tipo de seguro: SIS, ES SALUD, privado, etc.
				Abastecimiento de agua		Red pública, manante, río, camión cisterna, etc.
			Resiliencia social	Tipo de alumbrado	Encuestas, fichas de caracterización de vivienda, panel fotográfico, etc.	Servicio eléctrico, grupo electrógeno, lámpara, etc.
				Conocimiento en Gestión de Riesgos de Desastres		Ninguno, muy poco, poco, regular y completo
		Dimensión económica	Fragilidad económica	Localización de la construcción frente al peligro de áreas críticas	Encuestas, fichas de caracterización de vivienda, panel fotográfico, etc.	Distancia (m) a falla geológica: Cercano, alejada, etc.
				Material predominante de construcción		Material de ladrillo, bloqueta, adobe, concreto armado, etc.
				Estado de conservación de la vivienda		Bueno, muy bueno, malo, etc.
				Niveles edificatorios		Niveles de edificación: 1 piso, 2 pisos, 3 pisos, etc.
				Uso de tecnologías constructivas		Cimentación superficial, cimentación profunda, convencional, etc.
			Resiliencia económica	Ingreso familiar promedio mensual (soles)	Encuestas, fichas de caracterización de vivienda, panel fotográfico, etc.	Ingreso en soles (200, 750, 1000, etc.)
		Dimensión ambiental	Exposición ambiental	Cercanía a los residuos sólidos	Encuestas, fichas de caracterización de vivienda, panel fotográfico, etc.	Cercanía al botadero de basura (menos a 25 m, 50m, 100 m, etc.)
			Fragilidad ambiental	Disposición de los residuos sólidos	Encuestas, fichas de caracterización de vivienda, panel fotográfico, etc.	Desecha en ríos y quebradas, quema de residuos sólidos, desechos en vías y calles, carro recolector, etc.
				Tipo de disposición de excretas		Sin servicio, letina sin tratamiento, pozo seco, instalación sanitaria, etc.
			Resiliencia ambiental	Manejo de residuos sólidos	Encuestas, fichas de caracterización de vivienda, panel fotográfico, etc.	Sin manejo, deposita en un solo envase, selecciona orgánico e inorgánico, etc.
		Conocimientos en temas ambientales	Sin conocimiento, otras personas, radio y TV, internet y sensibilización por instituciones.			

## Anexo C. Perfiles estratigráficos (Calicata 1)







Profundidad	ESC	SUCS	VISTA	Simbología SUCS	Descripción SUCS	Observaciones				
0.20 m		Pt			Turba y Suelos Altamente Organicos	Suelo altamente organico en una matriz arcillosa limosa				
0.40 m										
0.60 m										
0.80 m										
1.00 m		CL								
1.20 m										
1.40 m										
1.60 m										
1.80 m	MUESTREO DE SUELOS				Arcilla Limosas Inorganica de Baja Plasticidad	Material cohesivo arcilloso de color marron oscuro. Con influencia minima de suelo friccionante				
2.00 m										
2.20 m										
2.40 m										
2.60 m					Arena Arcillosa	Material friccionante arenoso gravoso (con tamaño maximo de 3/4"). Ademas, se evidencio una alta humedad				
2.80 m										
3.00 m										
3.20 m										
3.40 m		SC								
3.60 m										
3.80 m										
4.00 m										
NO SE DETECTO NIVEL FREATICO HASTA LA PROFUNDIDAD DE INVESTIGACION										



# Anexo D. Perfiles estratigráficos (Calicata 2)

Profundidad	ESC	SUCS	VISTA	Simbología SUCS	Descripción SUCS	Observaciones			
0.20 m		Pt			Turba y Suelos Altamente Organicos	SUELO ALTAMENTE ORGANICO EN UNA MATRIZ ARCILLOSA			
0.40 m									
0.60 m									
0.80 m									
1.00 m		CL					SUELO COHESIVO ARCILLOSO LIMOSO DE COLOR MARRON OSCURO CON LAMINACIONES DE ARENA		
1.20 m									
1.40 m									
1.60 m									
1.80 m						Arcilla Limosas Inorganica de Baja Plasticidad			
2.00 m									
2.20 m									
2.40 m									
2.60 m				SC					SUELO FRICCIONANTE ARENOSO GRAVOSO DE COLOR GRIS CLARO CON INTERCALACIONES DE SUELOS FINOS ARCILLOSO LIMOSO. ADEMÁS SE DETECTO UNA ALTA HUMEDAD
2.80 m									
3.00 m									
3.20 m									
3.40 m			Arcilla Inorganica de Baja Plasticidad						
3.60 m									
3.80 m									
4.00 m									
4.20 m									
NO SE DETECTO NIVEL FREATICO HASTA LA PROFUNDIDAD DE INVESTIGACION									





## Anexo E. Perfiles estratigráficos (Calicata 3)

Profundidad	ESC	SUCS	VISTA	Simbología SUCS	Descripcion SUCS	Observaciones
0.20 m		Pt			Turba y Suelos Altamente Organicos	Suelo altamente organico en una matriz arcillosa limosa
0.40 m						
0.60 m						
0.80 m						
1.00 m						
1.20 m		CL			Arcilla Limosas Inorganica de Baja Plasticidad	Material cohesivo arcilloso de color marron oscuro. Con influencia minima de suelo friccionante
1.40 m						
1.60 m						
1.80 m						
2.00 m						
2.20 m						
2.40 m						
2.60 m						
2.80 m		SC			Arena Arcillosa	Material friccionante arenoso gravoso (con tamaño maximo de 3/4"). Ademias, se evidencio una alta humedad
3.00 m						
3.20 m						
3.40 m						
3.60 m						
3.80 m						
4.00 m						
NO SE DETECTO NIVEL FREATICO HASTA LA PROFUNDIDAD DE INVESTIGACION						

## Anexo F. Perfiles estratigráficos (Calicata 4)

Profundidad	ESC	SUCS	VISTA	Simbologia SUCS	Descripcion SUCS	Observaciones
0.20 m		Pt			Turba y Suelos Altamente Organicos	SUELO ALTAMENTE ORGANICO EN UNA MATRIZ ARCILLOSA
0.40 m						
0.60 m						
0.80 m						
1.00 m		CL		MUESTREO DE SUELOS		
1.20 m						
1.40 m					Arcilla Limosas Inorganica de Baja Plasticidad	SUELO COHESIVO ARCILLOSO LIMOSO DE COLOR MARRON OSCURO CON LAMINACIONES DE ARENA
1.60 m						
1.80 m		SC				
2.00 m						
2.20 m						
2.40 m						
2.60 m		SC			Arcilla Inorganica de Baja Plasticidad	SUELO FRICCIONANTE ARENOSO GRAVOSO DE COLOR GRIS CLARO CON INTERCALACIONES DE SUELOS FINOS ARCILLOSO LIMOSO. ADEMAS SE DETECTO UNA ALTA HUMEDAD
2.80 m						
3.00 m						
3.20 m						
NO SE DETECTO NIVEL FREATICO HASTA LA PROFUNDIDAD DE INVESTIGACION						

## Anexo G. Perfiles estratigráficos (Calicata 5)

Profundidad	ESC	SUCS	VISTA	Simbologia SUCS	Descripcion SUCS	Observaciones								
0.20 m		Pt			Turba y Suelos Altamente Organicos	Suelo altamente organico en una matriz arcillosa limosa de color oscuro								
0.40 m														
0.60 m														
0.80 m														
1.00 m		CL			Arcilla Limosas Inorganica de Baja Plasticidad	Material cohesivo arcilloso de color marron oscuro. Con influencia minima de suelo friccionante								
1.20 m														
1.40 m														
1.60 m														
1.80 m							SC		Arena Arcillosa	Material friccionante arenoso gravoso (con tamaño maximo de 3/4"). Ademàs, se evidencio una alta humedad				
2.00 m														
2.20 m														
2.40 m														
2.60 m														
2.80 m														
3.00 m														
3.20 m														
3.40 m														
3.60 m														
3.80 m														
4.00 m														
NO SE DETECTO NIVEL FREATICO HASTA LA PROFUNDIDAD DE INVESTIGACION														



## Anexo H. Ensayo de compresión triaxial consolidado no drenado (CU)

Etapas de consolidación

ENSAYO 01			
	Superior	Medio	Inferior
DIAMETRO	7.62 cm	7.60 cm	7.63 cm
ALTURA	15.21 cm	15.23 cm	15.22 cm
D	7.61 cm		
VOLUMEN	694.09 cm <sup>3</sup>		

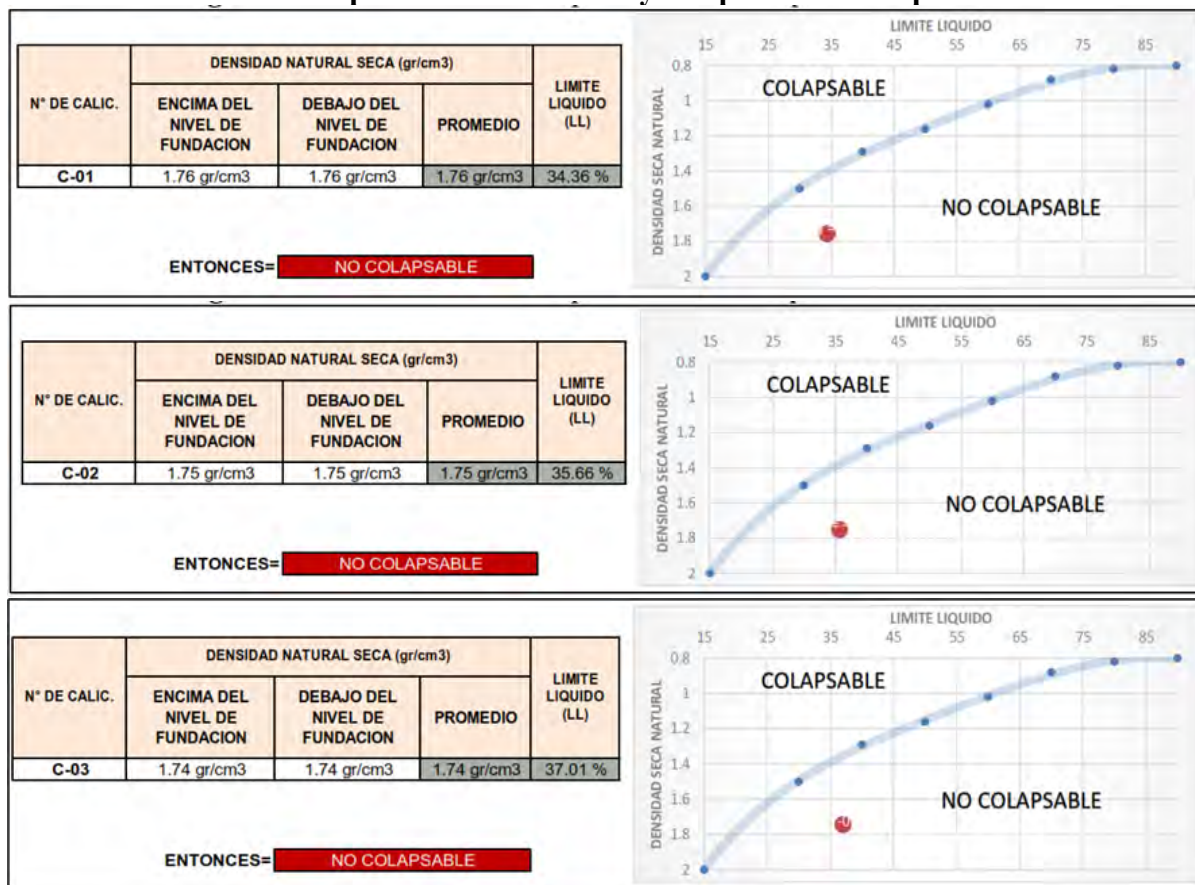
Nota: Hugo Ronny Suyo Castillo (especialidad de mecánica de suelos)

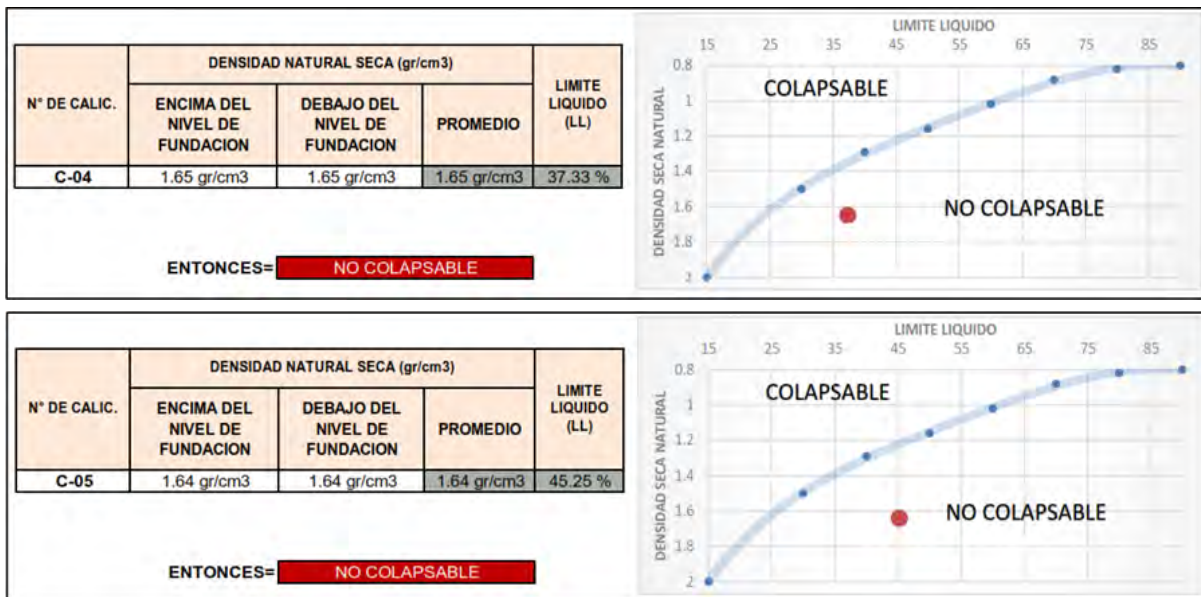
$\sigma_3 =$	10.00 psi
$\sigma_3 =$	0.703 kg/cm <sup>2</sup>
H prom	15.22 cm
Ao prom	45.51 cm <sup>2</sup>
$\Delta u_c$	0.000 kg/cm <sup>2</sup>
$\Delta u_d$	0.300 kg/cm <sup>2</sup>

$$D = (d_s + 2d_m + d_i) / 4$$

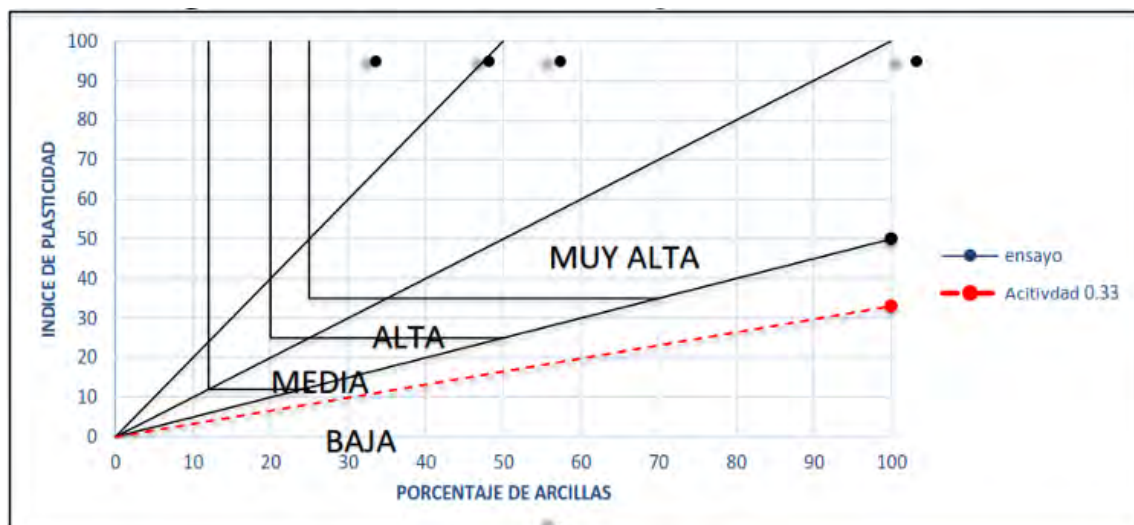
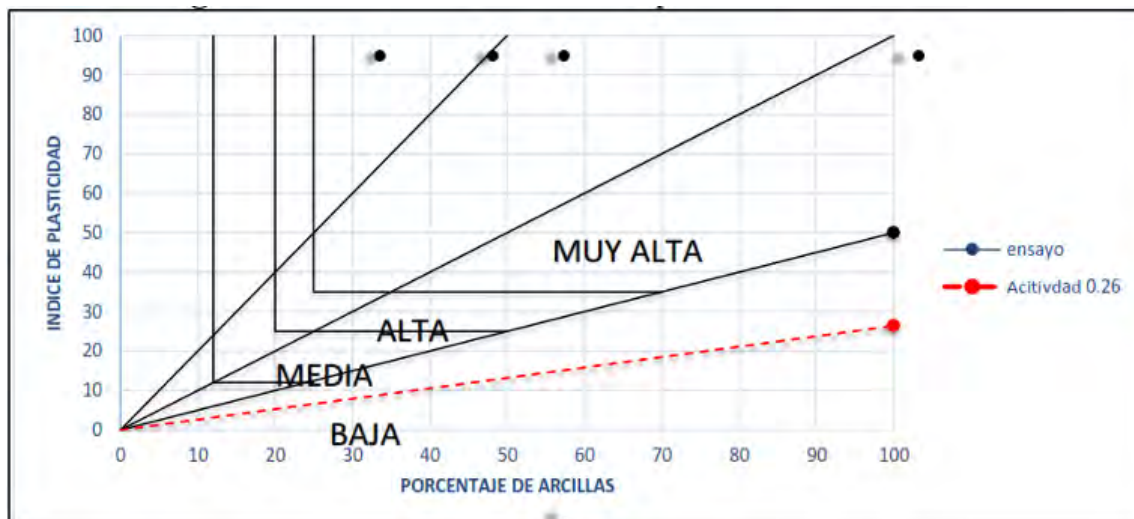
Nota: Hugo Ronny Suyo Castillo (especialidad de mecánica de suelos)

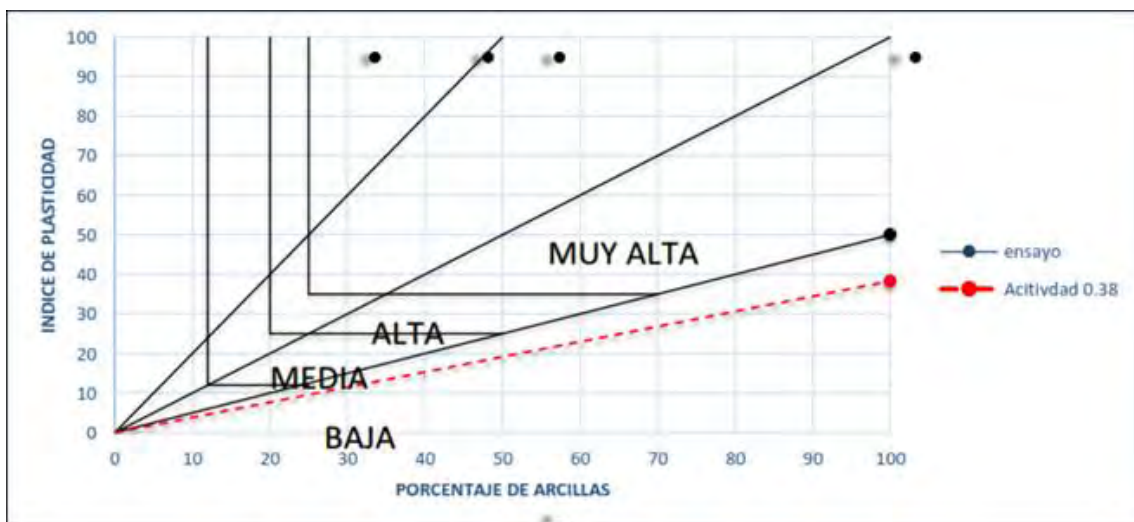
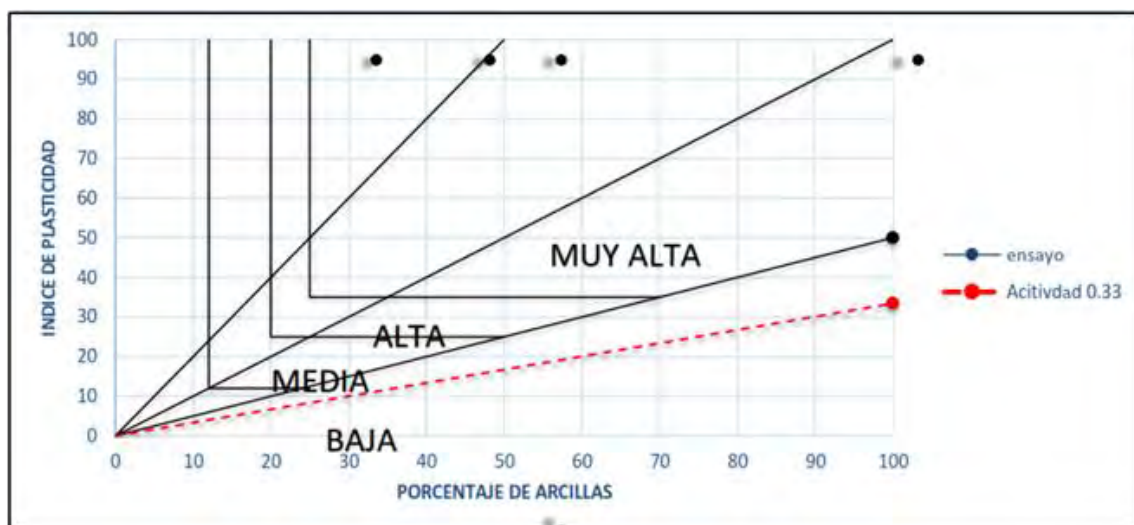
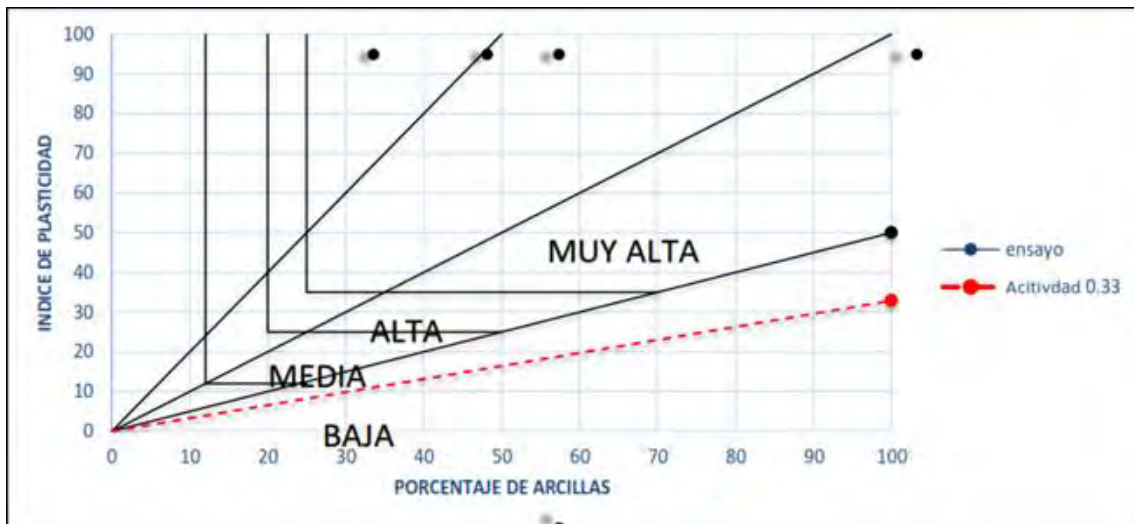
## Anexo I. Gráficas representativas de ensayos especiales de colapsabilidad





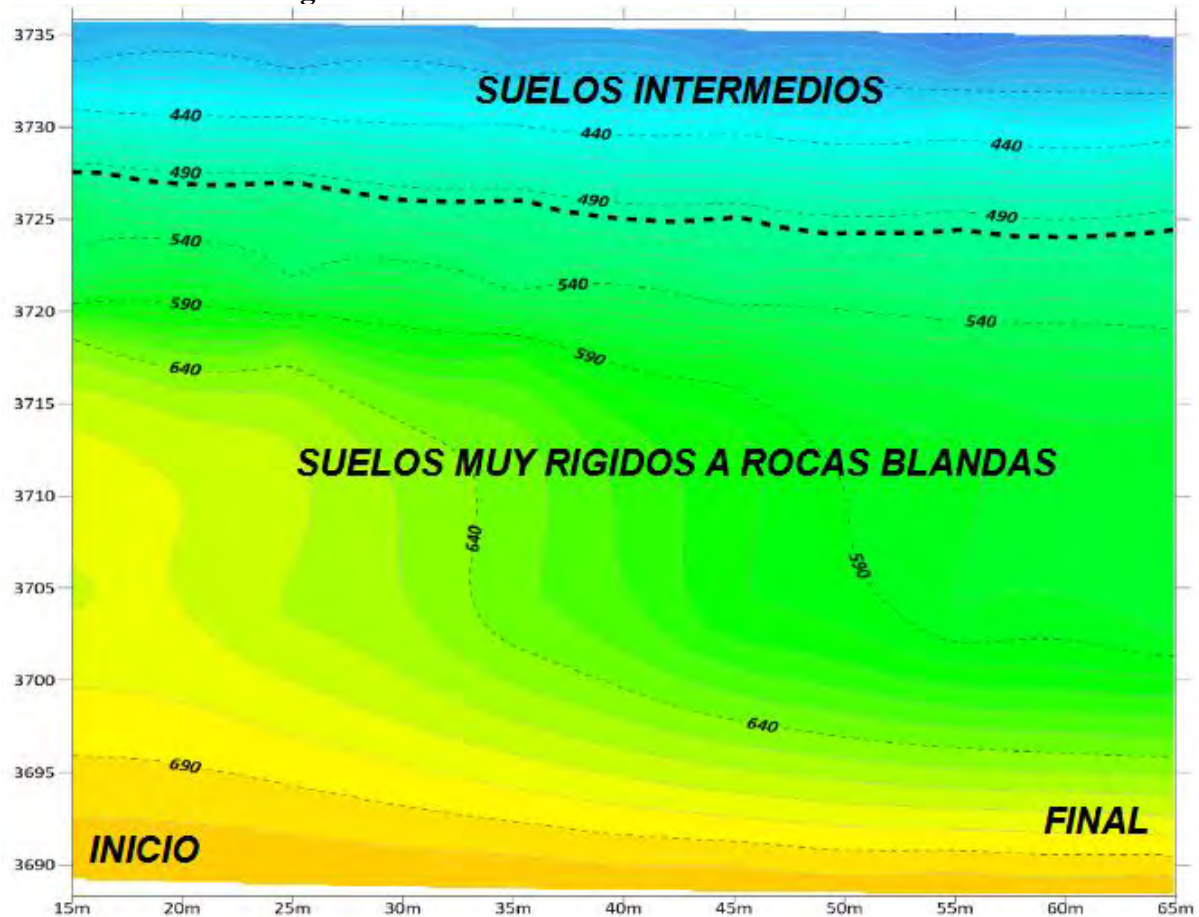
## Anexo J. Gráficas representativas de ensayos especiales de expansión (C-01 a C-05)





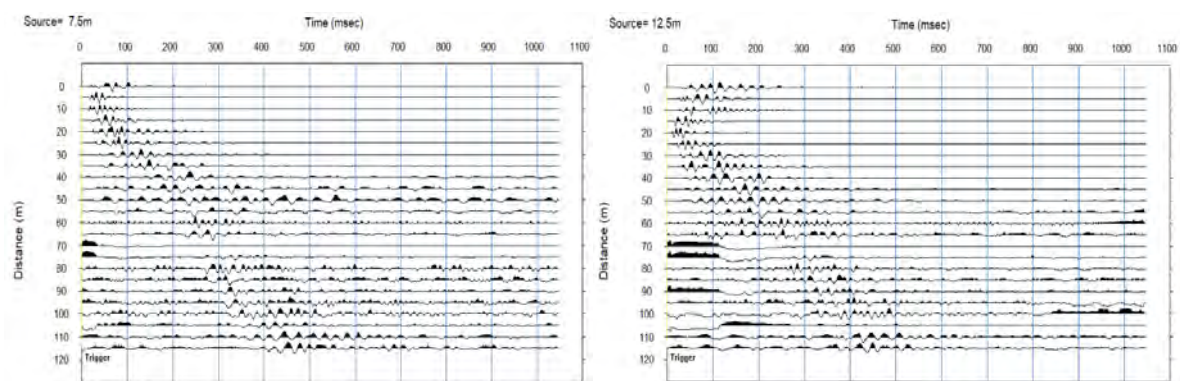


## Anexo K. Sección geosísmica MASW-2D



Fuente: Software Wave Eq (Surface Wave Analysis)

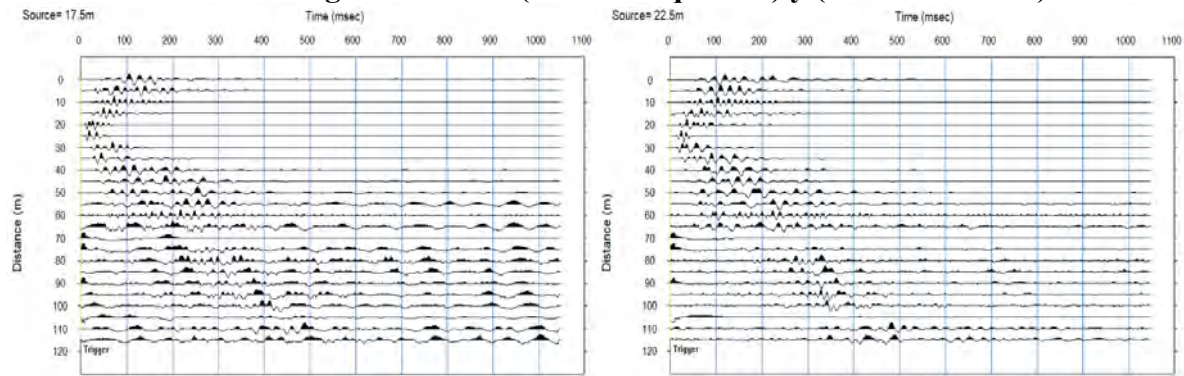
## Anexo L. Data de registro sísmico (7.5m: Izquierda) y (12.5m: Derecha)



Fuente: Software Surface Wave Analysis Wizard

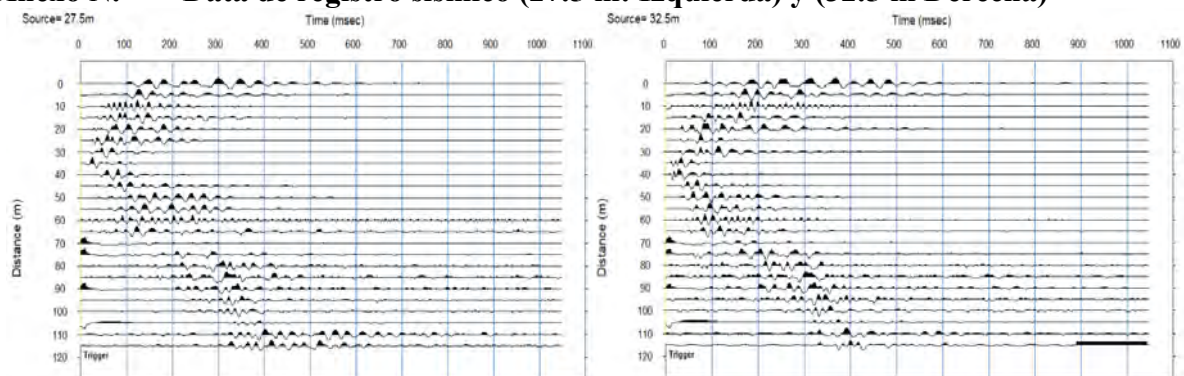


### Anexo M. Data de registro sísmico (17.5 m: Izquierda) y (22.5 m Derecha)



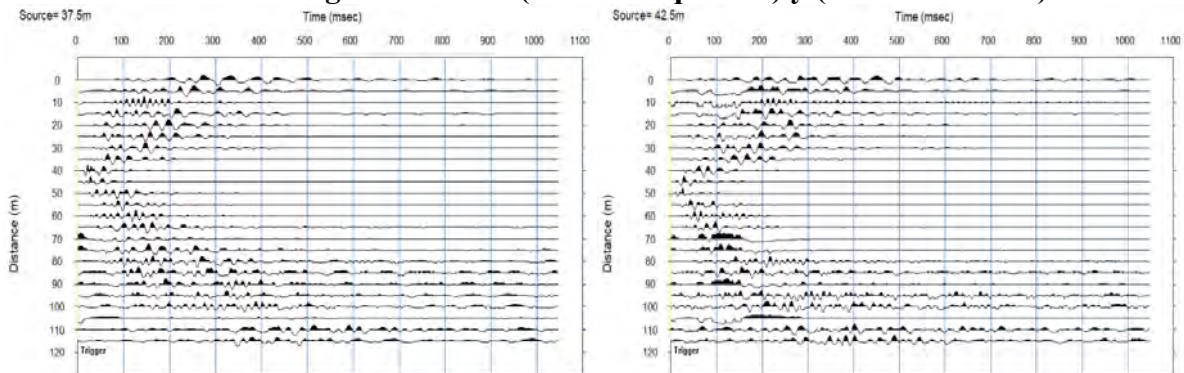
Fuente: Software Surface Wave Analysis Wizard

### Anexo N. Data de registro sísmico (27.5 m: Izquierda) y (32.5 m Derecha)



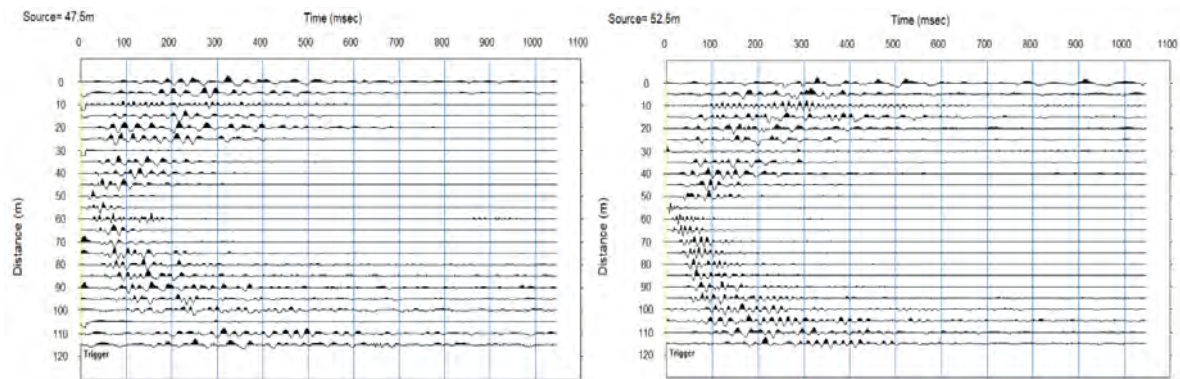
Fuente: Software Surface Wave Analysis Wizard

### Anexo O. Data de registro sísmico (37.5 m: Izquierda) y (42.5 m Derecha)



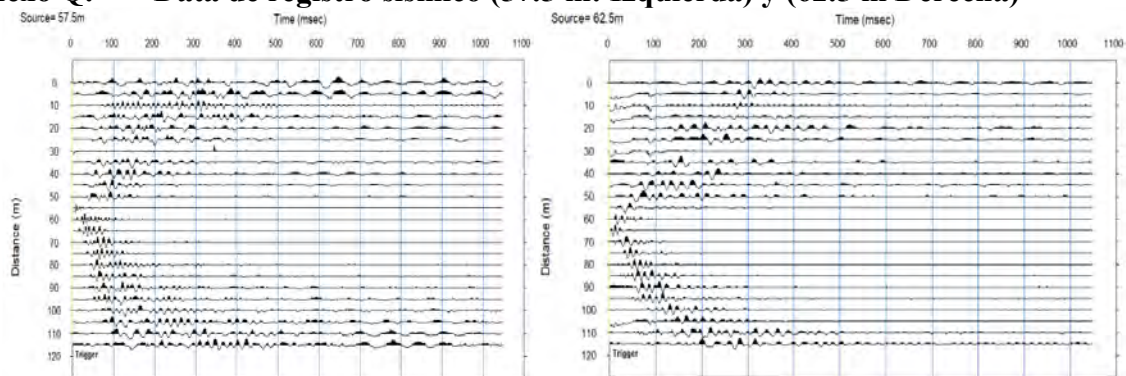
Fuente: Software Surface Wave Analysis Wizard

### Anexo P. Data de registro sísmico (47.5 m: Izquierda) y (52.5 m Derecha)



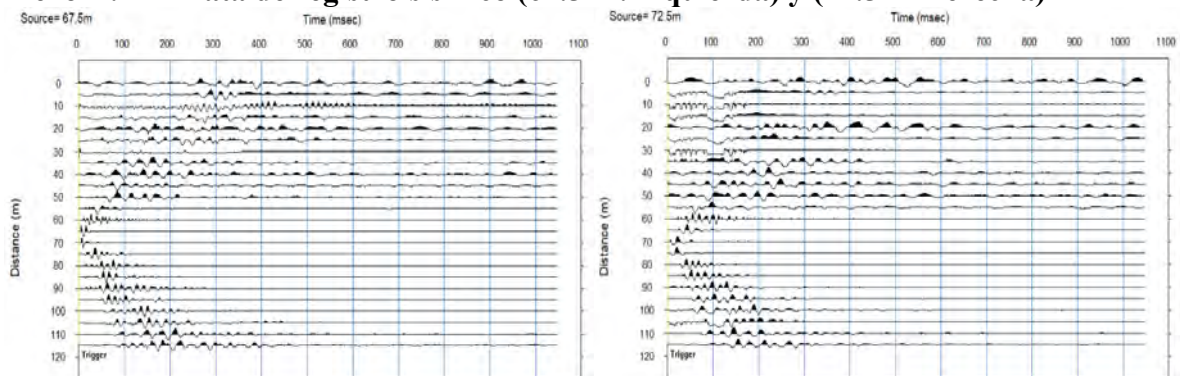
Fuente: Software Surface Wave Analysis Wizard

### Anexo Q. Data de registro sísmico (57.5 m: Izquierda) y (62.5 m Derecha)



Fuente: Software Surface Wave Analysis Wizard

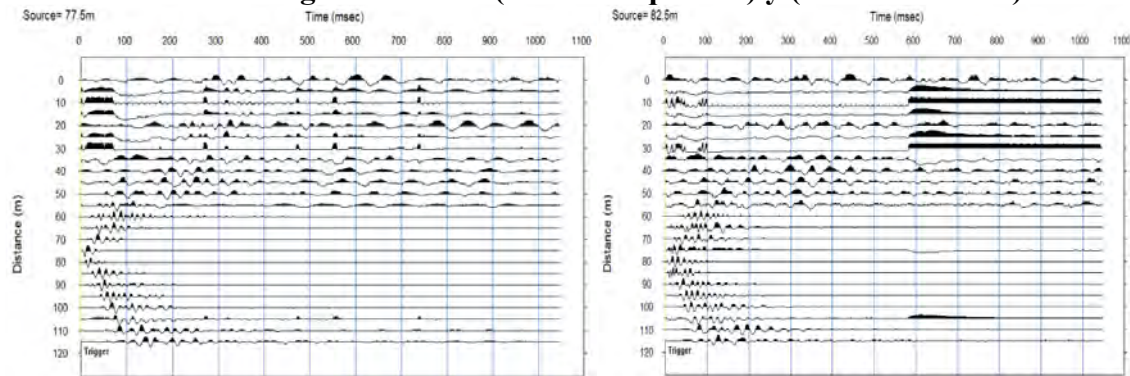
### Anexo R. Data de registro sísmico (67.5 m: Izquierda) y (72.5 m Derecha)



Fuente: Software Surface Wave Analysis Wizard

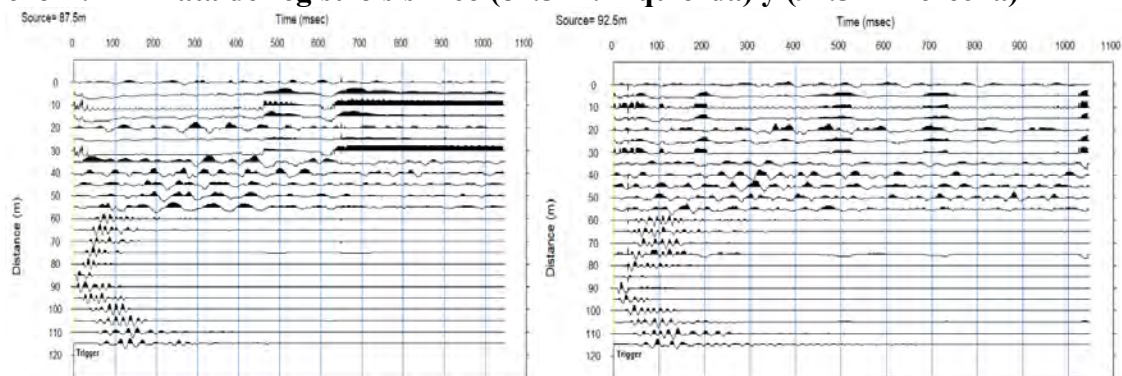


### Anexo S. Data de registro sísmico (77.5 m: Izquierda) y (82.5 m Derecha)



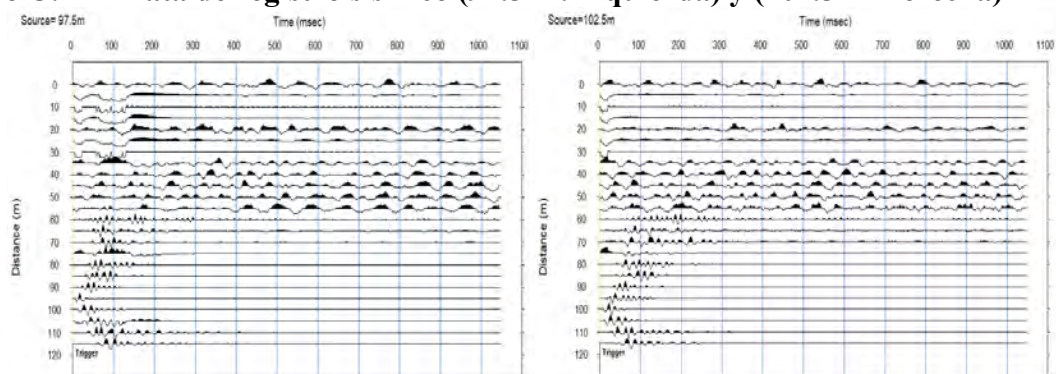
Fuente: Software Surface Wave Analysis Wizard

### Anexo T. Data de registro sísmico (87.5 m: Izquierda) y (92.5 m Derecha)



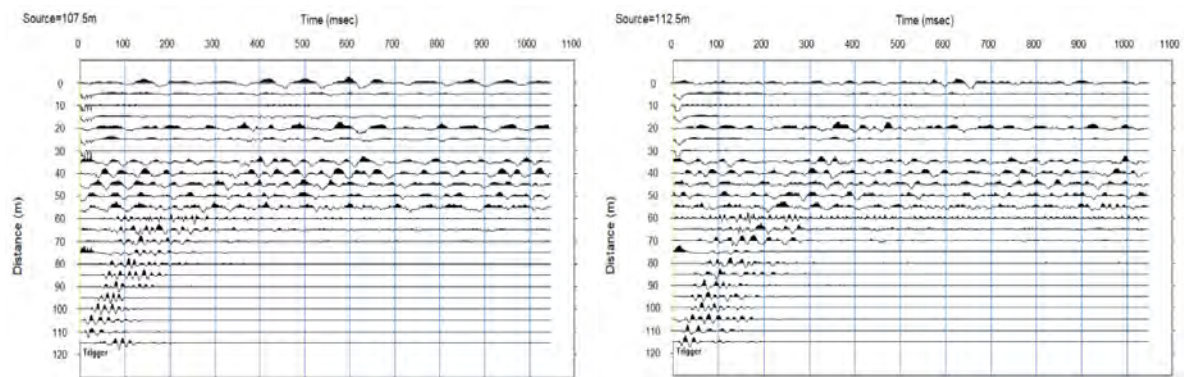
Fuente: Software Surface Wave Analysis Wizard

### Anexo U. Data de registro sísmico (97.5 m: Izquierda) y (102.5 m Derecha)



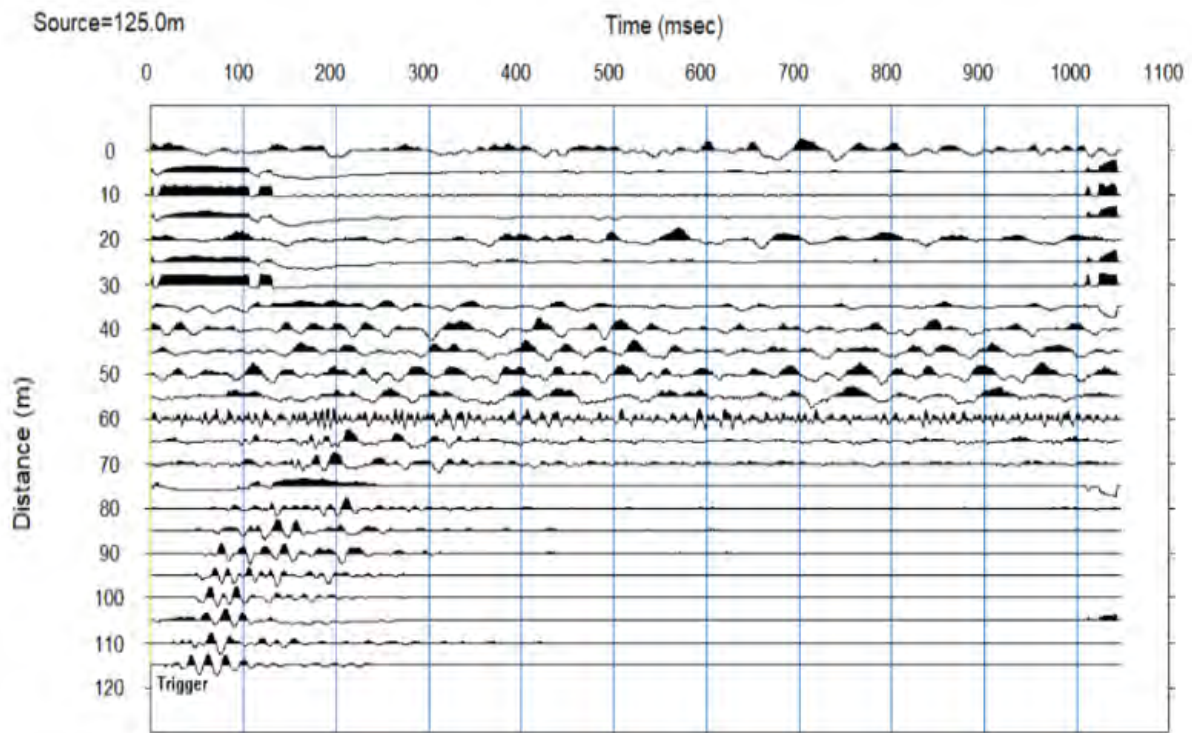
Fuente: Software Surface Wave Analysis Wizard

## Anexo V. Data de registro sísmico (107.5 m: Izquierda) y (112.5 m Derecha)



Fuente: Software Surface Wave Analysis Wizard

## Anexo W. Data de registro sísmico (125.0 m)



Fuente: Software Surface Wave Analysis Wizard



## Anexo X. Matriz y descriptores de los factores condicionantes

Parámetro	Descriptor	Nº de descriptores	Descripción	Vector Priorización	IC (índice de consistencia)	RC (relación de consistencia)
Factores Condicionantes	FC 1	4	Tipo de suelo (según perfil dinámico del terreno)	0.558	0.039	0.045
	FC 2		Clasificación SUCS	0.263		
	FC 3		Nivel freático	0.122		
	FC 4		Capacidad portante	0.057		

Nota: Modificado de CENEPRED, 2014

## Anexo Y. Memoria de cálculo del peligro por sismos

Parámetro	Descriptor	Nº de descriptores	Descripción	Vector de priorización	IC (índice de consistencia)	RC (relación de consistencia)
Tipo de suelo (según perfil dinámico del terreno)	TS1	5	S4: Condiciones excepcionales	0.505	0.047	0.042
	TS2		S3: Suelos blandos	0.262		
	TS3		S2: Suelos intermedios	0.136		
	TS4		S1: Roca o suelos muy rígidos	0.060		
	TS5		S0: Roca dura	0.037		
Clasificación SUCS	CS1	5	ML: Limos arenosos	0.439	0.056	0.050
	CS2		GC-SM: Gravas y finos sin plasticidad	0.281		
	CS3		CL: Arcillas limosas inorgánicas	0.150		
	CS4		GC: Grava con arcilla	0.085		
	CS5		Roca dura	0.045		
Nivel freático	NF1	5	Aflorante o encharcado	0.444	0.04	0.036
	NF2		Somero	0.284		
	NF3		Moderado	0.137		
	NF4		Profundo	0.09		
	NF5		Ausente o muy profundo	0.045		
Capacidad portante	CP1	5	Muy bajo	0.474	0.047	0.043
	CP2		Bajo	0.286		
	CP3		Medio	0.136		
	CP4		Alto	0.069		
	CP5		Muy alto	0.035		

Nota: Modificado de CENEPRED, 2014

## Anexo Z. Matriz y descriptores del factor desencadenante “magnitud de momento”

Parámetro	Descriptor	Nº de descriptores	Descripción	Vector de priorización	IC (índice de consistencia)	RC (relación de consistencia)
Magnitud de momento	MW 1	5	>7 Mw	0.503	0.061	0.054
	MW 2		>6 a 7 Mw	0.260		
	MW 3		>5 a 6 Mw	0.134		
	MW 4		>3 a 5 Mw	0.068		
	MW 5		1 a 3 Mw	0.035		

Nota: Modificado de CENEPRED, 2014

## Anexo AA. Matriz de descriptores del parámetro de evaluación “intensidad sísmica”

Parámetro	Descriptor	Nº de descriptores	Descripción	Vector de priorización	IC (índice de consistencia)	RC (relación de consistencia)
Magnitud de momento	IS 1	5	IX - X	0.504	0.054	0.049
	IS 2		VII - VIII	0.261		
	IS 3		V - VI	0.138		
	IS 4		III - IV	0.059		
	IS 5		I - II	0.038		

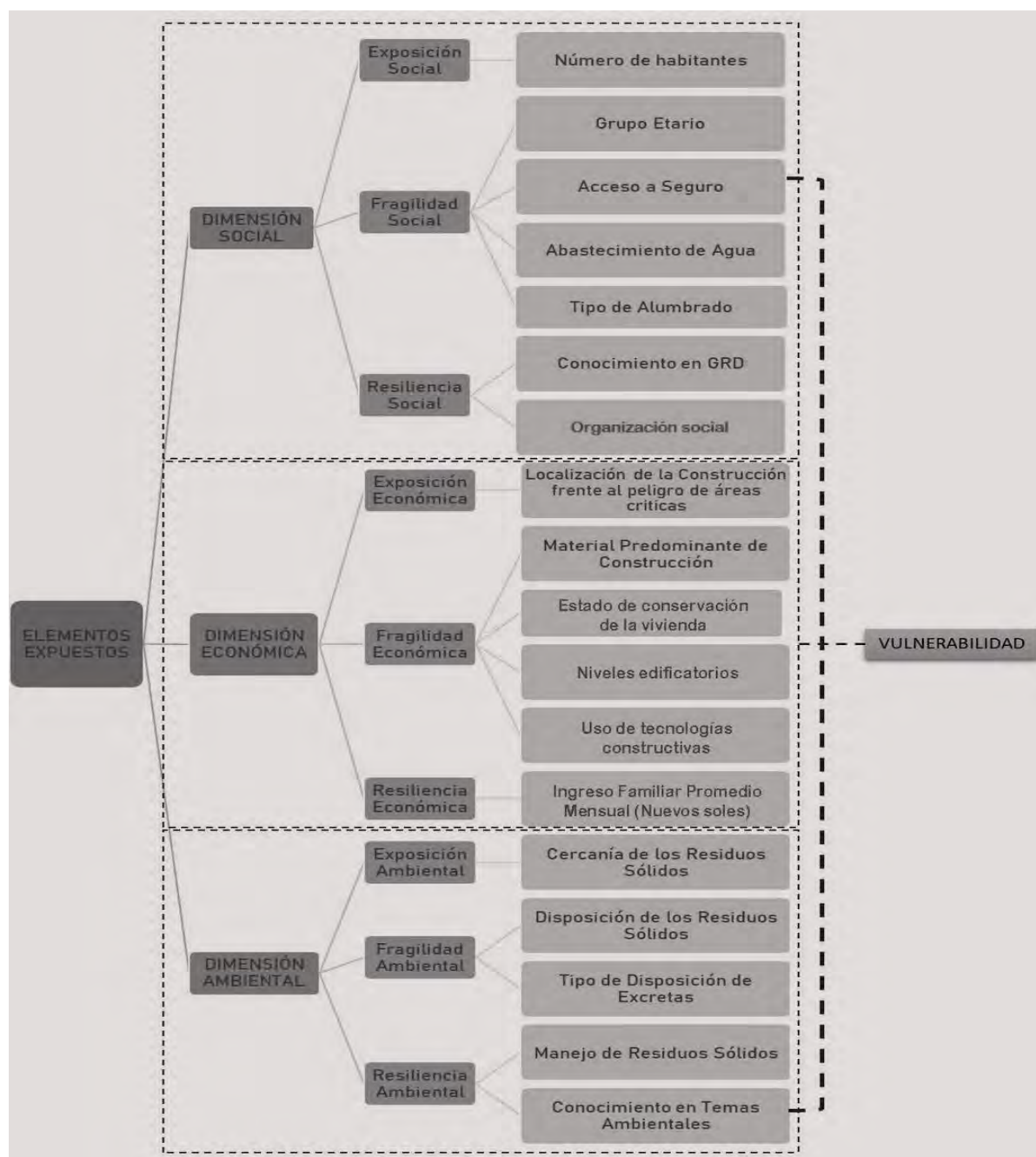
Nota: Modificado de CENEPRED, 2014

## Anexo BB. Niveles y estratificación del peligro

Nivel de Peligro	Descripción	Rango
<b>Peligro Muy Alto</b>	El terreno presenta un tipo de suelo S4 (condiciones excepcionales según el perfil dinámico), clasificado como ML (limos arenosos) por el SUCS, con un nivel freático aflorante o encharcado, y una capacidad portante muy baja, oscilando entre 0.25 y 0.50 kg/cm².	$0.263 \leq P \leq 0.497$
<b>Peligro Alto</b>	El terreno se caracteriza por un tipo de suelo S3 (suelos blandos según el perfil dinámico), clasificado como GC-SM (gravas y finos sin plasticidad) por el SUCS, con un nivel freático somero y una capacidad portante baja, en el rango de 0.50 a 1.00 kg/cm².	$0.138 \leq P < 0.263$
<b>Peligro Medio</b>	El terreno presenta un tipo de suelo S2 (suelos intermedios según el perfil dinámico), clasificado como CL (arcillas limosas inorgánicas) por el SUCS, con un nivel freático moderado y una capacidad portante baja, que va de 1.00 a 2.50 kg/cm².	$0.064 \leq P < 0.138$
<b>Peligro Bajo</b>	El terreno presenta tipos de suelo S1 (roca o suelos muy rígidos) y S0 (roca dura) según el perfil dinámico, clasificados como GC (grava con arcilla) y roca dura respectivamente por el SUCS, con un nivel freático profundo o ausente/muy profundo, y una capacidad portante que va de 2.50 a 4 kg/cm² o es mayor a 4 kg/cm².	$0.038 \leq P < 0.064$

Nota: Modificado de CENEPRED, 2014

## Anexo CC. Metodología general para determinar los niveles de vulnerabilidad



Nota. Modificado de CENEPRED, (2014)



## Anexo DD. Matriz y descriptores de la fragilidad social

Parámetro	Descriptor	Nº de descriptores	Descripción	Vector de priorización	IC	RC
					(índice de consistencia)	(relación de consistencia)
Grupo Etario	GE 1	5	De 0 a 5 años	0.462	0.067	0.06
	GE 2		De 0 a 5, 6 a 12 y 31 a 54 años	0.253		
	GE 3		De 0 a 5, 19 a 30 y 31 a 54 años	0.154		
	GE 4		De 0 a 5 y 31 a 54 años	0.09		
	GE 5		De 6 a 12 y 31 a 54 años	0.041		
Acceso a Seguro	ACCS 1	5	Sin Seguro	0.472	0.03	0.027
	ACCS 2		Cuenta Con SIS	0.26		
	ACCS 3		Seguro ESSALUD	0.135		
	ACCS 4		Seguro FF.AA.	0.089		
	ACCS 5		Seguro Privado	0.044		
Abastecimiento de Agua	SAA 1	5	No cuenta con servicio	0.487	0.007	0.006
	SAA 2		Río, acequia, manante o similar	0.231		
	SAA 3		Camión cisterna	0.138		
	SAA 4		Pilón Público	0.096		
	SAA 5		Red Pública (JASS)	0.048		
Tipo de Alumbrado	TA 1	5	No cuenta	0.449	0.019	0.017
	TA 2		Vela, mechero	0.247		
	TA 3		Petróleo, Gas lámpara	0.172		
	TA 4		Grupo electrógeno	0.017		
	TA 5		Servicio eléctrico	0.044		

Nota. Modificado de CENEPRED, (2014)

## Anexo EE. Matriz y descriptores de la resiliencia social

Parámetro	Descriptor	Nº de descriptores	Descripción	Vector de priorización	IC	RC
					(índice de consistencia)	(relación de consistencia)
Conocimiento en Gestión del Riesgo de Desastres	CGRD 1	5	Ninguno	0.495	0.039	0.035
	CGRD 2		Muy poco	0.248		
	CGRD 3		Poco	0.14		
	CGRD 4		Regular	0.07		
	CGRD 5		Completo	0.047		
Organización en la Comunidad	PS 1	5	No participa	0.495	0.039	0.035
	PS 2		Una vez al mes	0.248		
	PS 3		2 veces al mes	0.14		
	PS 4		3 veces al mes	0.07		
	PS 5		Participa activamente	0.047		



Nota. Modificado de CENEPRED, (2014)

## Anexo FF. Matriz y descriptores de la fragilidad económica

Parámetro	Descriptor	N° de descriptores	Descripción	Vector de priorización	IC	RC
					(índice de consistencia)	(relación de consistencia)
Material De Construcción Predominante	MCP 1	5	Plásticos, palos, calaminas y/o mixto	0.469	0.039	0.035
	MCP 2		Ladrillo, bloqueta sin columnas	0.226		
	MCP 3		Adobe	0.171		
	MCP 4		Acero dry wall	0.089		
	MCP 5		Concreto armado	0.046		
Configuración de Elevación de las Edificaciones	CE 1	5	Más de 5 Pisos	0.425	0.03	0.027
	CE 2		4 Pisos	0.257		
	CE 3		3 Pisos	0.176		
	CE 4		2 Pisos	0.093		
	CE 5		1 Pisos	0.049		
Uso de Tecnologías Constructivas	UT1	5	No se aplicaron	0.511	0.016	0.015
	UT2		Convencional	0.267		
	UT3		Cimentación superficial	0.109		
	UT4		Cimentación profunda I	0.074		
	UT5		Cimentación profunda II	0.038		
Estado de conservación	EC1	5	Muy malo	0.411	0.025	0.022
	EC2		Malo	0.311		
	EC3		Regular	0.161		
	EC4		Buena	0.078		
	EC5		Muy bueno	0.04		

Nota. Modificado de CENEPRED, (2014)

## Anexo GG. Matriz y descriptores de fragilidad ambiental

Parámetro	Descriptor	N° de descriptores	Descripción	Vector de priorización	IC	RC
					(índice de consistencia)	(relación de consistencia)
Disposición de RR.SS.	CGS1	5	Desecha en Ríos y Quebradas	0.404	0.034	0.03
	CGS2		Quema de Residuos Sólidos	0.313		
	CGS3		Desechar en vías y calles	0.162		
	CGS4		Desechar en botaderos (puntos críticos)	0.079		
	CGS5		Carro Recolector	0.042		
Tipo de Disposición de Excretas	DE1	5	Sin servicio	0.465	0.053	0.047
	DE2		Letrina sin tratamiento	0.254		
	DE3		Letrina, pozo seco	0.156		
	DE4		Unidad básica de Tratamiento	0.083		
	DE5		Instalación sanitaria	0.042		

Nota. Modificado de CENEPRED, (2014)

## Anexo HH. Matriz y descriptores de resiliencia ambiental

Parámetro	Descriptor	Nº de descriptores	Descripción	Vector de priorización	IC	RC
					(índice de consistencia)	(relación de consistencia)
Manejo de Residuos Sólidos	MRRSS1	5	Sin manejo	0.465	0.053	0.047
	MRRSS2		Deposita en un solo envase	0.254		
	MRRSS3		Selecciona orgánico e inorgánico	0.156		
	MRRSS4		Reuso y compostaje	0.083		
	MRRSS5		Clasificación por material	0.042		
Conocimiento en Temas Ambientales	CTA 1	5	Sin conocimiento	0.465	0.053	0.047
	CTA 2		Otras personas	0.254		
	CTA 3		Radio y TV	0.156		
	CTA 4		Internet	0.083		
	CTA 5		Sensibilización por instituciones	0.042		

Nota. Modificado de CENEPRED, (2014)

## Anexo II. Formato de encuesta aplicada a la población para determinar vulnerabilidad

REGISTRO DE INFORMACION PARA ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD																											
I. DATOS GENERALES:										NUMERO DE ENCUESTA:			FECHA DE APLICACION: / /														
UBIGEO		ZONA	CENTRO POBLADO		APV, AA.HH., PP.JJ., etc.		MZ	LOTE		PLANO DE UBICACIÓN																	
DPTO	PROV	DIST																									
CU	ACO	SAN	19 S	MARCACONGA																							
SIN EDIFICACION/ LOTE VACIO						FIRMA DEL RESIDENTE																					
CON EDIFICACION																											
ABANDONADO																											
EN CONSTRUCCION																											
NOMBRES Y APELLIDOS DEL RESIDENTE							DNI																				
USO PREDOMINANTE DEL PREDIO							NUMERO DE PERSONAS POR VIVIENDA																				
Residencial	Comercio	Taller		Otros																							
II. SERVICIOS BASICOS:																											
SUMISTRO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO					SI	NO	SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA					SI	NO	RED DE DESAGUE					SI	NO	SERVICIO DE LIMPIEZA PÚBLICA					SI	NO
CONEXIÓN DOMICILIARIA DE SEDACUSCO							CONEXIÓN DOMICILIO ELECTRO SUR ESTE S.A							CONEXIÓN DOMIC. A LA RED PÚBLICA DE SEDA CUSCO							SERVICIO DE LIMPIEZA POR PARTE DE SU MUNICIPALIDAD						
DE MANANTES							SUMINISTRO ELÉCTRICO DE OTRAS CONEXIONES							CONEX. DOMIC. RED LOCAL DE LAGUNA DE OXIDACIÓN							SERVICIO DE LIMPIEZA POR PARTE DE PRIVADOS						
PILETA PUBLICA / CAMIÓN CISTERNA							PANEL SOLAR							CONEX. DOMIC. POR POZO SEPTICO							NINGUN SERVICIO DE LIMPIEZA						
SIN CONEXIÓN							SIN CONEXIÓN							SIN CONEXIÓN							OTROS						
OTROS:							OTROS:							OTROS:							OTROS						
ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD																											
VULNERABILIDAD PARA DIMENSION SOCIAL																											
FRAGILIDAD	GRUPO ETAREO (cantidad)		de 0 a 5 años		de 6 a 12 años		de 13 a 18 años		de 19 a 30 años		de 31 a 54 años																
			> 66 años.		de 55 a 65 años																						
	ACCESO A SERVICIOS BASICOS		NINGUNO		CON UN SOLO SERVICIO BASICO		CON DOS SERVICIOS BASICOS		TODOS LOS SERVICIOS BASICOS		CON TODOS LOS SERVICIOS BASICOS Y ESPECIALES																
	DISCAPACIDAD (cantidad)		MULTIPLE		FISICA		COGNITIVA		SENSORIAL		NINGUNA																
	NIVEL DE EDUCACION		NO LEE NI ESCRIBE		PRIMERIA COMPLETA		SECUNDARIA COMPLETA		TECNICO SUPERIOR		SUPERIOR UNIVERSITARIO																
	ACCESO A SEGURO		SIN SEGURO		S.I.S		ESSALUD		FF.AAA		PRIVADO																
	ABASTECIMIENTO DE AGUA		NO CUENTA		MANANTE O SIMILAR		CAMIÓN CISTERNA		PILÓN PÚBLICO		RED PÚBLICA																
RESILIENCIA	TIPO DE ALUMBRADO		NO CUENTA		VELA, MECHERO, ETC		LAMPARA, GAS, PETROLEO, ETC		GRUPO ELECTROGENO		SERVICIO ELÉCTRICO																
	ORGANIZACIÓN SOCIAL		NO PARTICIPA		UNA VEZ AL MES		2 VECES AL MES		3 VECES AL MES		PARTICIPA ACTIVAMENTE																
CONOCIMIENTO EN GESTION DE RIESGO DE DESASTRES (GRD)		NINGUNO		MUY POCO		POCO		REGULAR		COMPLETO																	

VULNERABILIDAD PARA DIMENSION ECONOMICA											
EXPOSICION	LOCALIZACION DE LA CONSTRUCCION FRENTE AL PELIGRO	0-25m		25-50m		50-75m		75-100m		>100m	
	ESTADO DE CONSERVACION DE LA VIVENDA	MUY MALO		MALO		MEDIO		BUENO		MUY BUENO	
FRAGILIDAD	MATERIAL PREDOMINANTE DE CONSTRUCCION	PLASTICOS, PALOS, CALAMINAS Y/O MIXTO		ADOBE		LADRILLO BLOQUETA		ACERO DRY WALL		CONCRETO ARMADO	
	USO DE TECNOLOGIAS CONSTRUCTIVAS	NO SE APLICARON		CONVENCIONAL		CIMENTACION SUPERFICIAL		CIMENTACION PROFUNDA 1		CIMENTACION PROFUNDA 2	
	NIVELES EDIFICATORIOS	5 A MAS NIVELES		4		3		2		1	
RESILIENCIA	INGRESO PROMEDIO FAMILIAR MENSUAL EN SOLES	<200		>200 - <750		>750 - >1500		>1500 - <=3000		>3000	
	ACTIVIDAD QUE REALIZA EL JEFE DE FAMILIA	Desempleado		TRABAJADOR DE hogar Y/O AMBULANTE		Trabajador Independiente		Trabajador dependiente no calificado		Trabajador dependiente calificado	
VULNERABILIDAD DIMENSION AMBIENTAL											
EXPOSICION	CERCANIA DE LA VIVIENDA A RRSS	<25m		25-50m		50-100m		100-200m		>200m	
	DISPOSICION DE RRSS	Desecha en quebradas y cauces		Quema de residuos solidos		Desechar en vias y calles		Desechar en botaderos (puntos criticos)		Carro recolector	
FRAGILIDAD	IMPACTO AMBIENTAL EN OCUPACION	lotes totalmente construidas sin areas libres		lotes con mas del 60% de area construida. Con areas de libres (huerto)		lotes con menos del 60% de area construida. Con areas de libres (huerto)		pastizales con arboles.		areas total mente arborizadas.	
	TIPO DE DISPOSICION DE EXCRETAS	sin servicio		letrina sin tratamiento		letrina, pozo septico		Unidad Basica de Tratamiento		Instalacion sanitaria	
	VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	vierte sus aguas directamente a la quebrada.		vierte sus aguas a la quebrada con entubado		vierte sus aguas a otras areas circundantes a la quebrada con entubado.		vierte sus aguas al sistema de desague.		sin vertimiento de aguas, sin vivienda	
RESILIENCIA	CONSERVACION Y PROTECCION DE AREAS VERDES.	Degrada el suelo		Conserva el suelo		Ornamentación y Jardineria		Revegetación y reforestación		Conservación de especies nativas	
	MANEJO DE RRSS	Sin manejo		Deposita en solo embase		Selecciona Organico e Inorganico		Reuso y compostage		Clasificación por material	
	FUENTE DE CONOCIMIENTO EN TEMAS AMBIENTALES	sin conocimiento		Otras personas		Radio y TV		Internet		Sensibilización por Instituciones	
OBSERVACIONES:											
<ul style="list-style-type: none"> <li></li> <li></li> <li></li> <li></li> </ul>											



## Anexo JJ. Estratificación de los niveles de vulnerabilidad

NIVEL	DESCRIPCIÓN	RANGO
<b>MUY ALTO</b>	En este nivel de exposición, se identifican estudiantes en un entorno altamente vulnerable, con más de 25 personas en el grupo etario de 0 a 5 años, sin acceso a seguro de salud, agua potable ni alumbrado, sin conocimientos en gestión del riesgo de desastres (GRD) y con escasa organización comunitaria. La infraestructura del proyecto y su zona de contingencia están en proximidad crítica al peligro (0-25 m), con edificaciones precarias de madera, calaminas, plásticos o bloquetas/ladrillos sin columnas, más de cinco niveles, sin tecnologías constructivas y en estado de conservación deficiente. El ingreso familiar promedio es $\leq 200$ . Además, la infraestructura y comunidad educativa se ubican a menos de 25 m de residuos sólidos (RR.SS.), dispuestos inadecuadamente en el cauce del río, sin servicios higiénicos ni manejo adecuado de RR.SS., y sin conocimientos en temas ambientales.	$0.253 \leq V \leq 0.475$
<b>ALTO</b>	En este nivel de exposición, alumnos, docentes y personal administrativo, con una población de 15 a 25 personas en los rangos etarios de 0 a 5, 6 a 12 y 31 a 54 años, cuentan con SIS, abastecimiento de agua de fuentes naturales como ríos, acequias o manantiales, y alumbrado precario mediante velas o mecheros. Presentan un conocimiento limitado en gestión del riesgo de desastres (GRD) y una organización comunitaria deficiente. La infraestructura del proyecto y su zona de contingencia se ubican en una zona de riesgo moderado (25-50 m), con edificaciones de dry-wall de tres a cuatro niveles, cimentación y estructuras convencionales, pero en mal estado de conservación. El ingreso familiar promedio oscila entre $>200$ y $\leq 750$ . Además, la comunidad educativa se encuentra a 25-50 m de residuos sólidos (RR.SS.), los cuales se disponen principalmente mediante quema. Los servicios sanitarios consisten en letrinas con arrastre hidráulico sin tratamiento adecuado, y el manejo de RR.SS. se limita al almacenamiento en un solo recipiente, con conocimientos ambientales adquiridos de terceros.	$0.154 \leq V < 0.253$
<b>MEDIO</b>	En este nivel de exposición, alumnos, docentes y personal administrativo, con una población de 8 a 15 personas en los rangos etarios de 0 a 5, 19 a 30 y 31 a 54 años, cuentan con seguro SIS, abastecimiento de agua mediante un sistema público tipo JASS y servicio eléctrico. Presentan un conocimiento regular en gestión del riesgo de desastres (GRD) y una organización comunitaria moderada. La infraestructura del proyecto y su zona de contingencia se ubican a una distancia de 50-100 m del peligro, con edificaciones de concreto de uno a dos niveles, cimentación superficial y un estado de conservación de regular a bueno. El ingreso familiar promedio varía entre $>750$ y $\leq 1500$ . La comunidad educativa se encuentra a 50-100 m de residuos sólidos (RR.SS.), los cuales se disponen en vías y calles, mientras que las excretas son eliminadas en letrinas de pozo seco. Se realiza una separación de residuos orgánicos e inorgánicos, y los conocimientos ambientales provienen principalmente de medios radiales. Según el análisis de vulnerabilidad, seis bloques de la institución educativa, incluyendo módulos de aulas, sala múltiple, biblioteca y servicios higiénicos, junto con todos los bloques del área de contingencia, presentan una vulnerabilidad media.	$0.077 \leq V < 0.154$
<b>BAJO</b>	En este nivel de exposición, los alumnos, docentes y personal administrativo, con una población menor a 8 habitantes en distintos grupos etarios, cuentan con seguro privado, abastecimiento de agua de red pública tipo JASS y servicio eléctrico. Poseen conocimientos en gestión del riesgo de desastres (GRD) y una organización comunitaria activa. La infraestructura del proyecto y su zona de contingencia se ubican a más de 100 m del peligro, con edificaciones de concreto armado de un nivel, cimentación profunda en zonas críticas y estructura sismorresistente, con un estado de conservación muy bueno. El ingreso familiar promedio supera los 1500. La comunidad educativa se encuentra a más de 100 m de los residuos sólidos (RR.SS.), los cuales se disponen en botaderos o mediante recolección, con un sistema sanitario conectado y prácticas de reutilización, compostaje y clasificación de residuos. Los conocimientos ambientales provienen de internet y sensibilización institucional. Según el análisis de vulnerabilidad, dos bloques del área de contingencia (guardiania y bloque de servicios) presentan una vulnerabilidad baja.	$0.040 \leq V < 0.077$

Nota. Modificado de CENEPRED, (2014)



## Anexo KK. Estratificación de los niveles de riesgo

NIVEL	DESCRIPCIÓN	RANGO
<b>MUY ALTO</b>	Con una intensidad sísmica entre VI y VIII, la zona presenta una geología de depósitos fluviales, con un suelo de arcilla limosa inorgánica de baja plasticidad (CL), una capacidad admisible de 0.74 kg/cm <sup>2</sup> , una geomorfología de cono de deyección y una pendiente superior al 25°, con proximidad a una falla activa a menos de 5 km. En este nivel, los alumnos expuestos superan los 25 habitantes, pertenecen al grupo etario de 0 a 5 años, carecen de seguro de salud, abastecimiento de agua y alumbrado, no tienen conocimientos en gestión del riesgo de desastres (GRD) y presentan una organización comunitaria deficiente. La infraestructura del área del proyecto y de contingencia se encuentra en proximidad crítica al peligro (0-25 m), con edificaciones predominantemente de madera, calamina, plásticos y/o bloques/ladrillos sin columnas, con más de cinco niveles y sin aplicación de tecnologías constructivas. Su estado de conservación es muy deficiente y el ingreso familiar promedio de la población estudiantil es <200. Tanto la infraestructura como la comunidad educativa se ubican a menos de 25 m de residuos sólidos (RR.SS.), los cuales son eliminados en el cauce del río. Además, no cuentan con servicios higiénicos ni manejo adecuado de RR.SS. y carecen de conocimientos en temas ambientales.	$0.065 \leq R < 0.233$
<b>ALTO</b>	La zona presenta una intensidad sísmica entre VI y VIII, con geología de materiales cuaternarios coluviales y aluviales, suelo de arcilla limosa inorgánica de baja plasticidad (CL) con una capacidad admisible de 0.88-0.89 kg/cm <sup>2</sup> , geomorfología de colinas de roca sedimentaria y volcánico-sedimentaria, llanura de inundación y pendiente entre 10° y 25°, con proximidad a una falla activa a menos de 5 km. En este nivel, la población expuesta comprende entre 15 y 25 personas, incluyendo alumnos, docentes y personal administrativo, pertenecientes a diversos grupos etarios. Cuentan con seguro SIS, abastecimiento de agua de fuentes naturales, alumbrado precario (vela o mechero), escasos conocimientos en gestión del riesgo de desastres (GRD) y una organización comunitaria deficiente. La infraestructura del proyecto y área de contingencia se encuentra en zona de peligro moderado (25-50 m), con edificaciones de dry-wall de tres a cuatro niveles, cimentación convencional, estado de conservación deficiente e ingresos familiares entre >200 y <750. La comunidad educativa se ubica a 25-50 m de residuos sólidos (RR.SS.), los cuales son eliminados por quema, disponen de letrinas con arrastre hidráulico sin tratamiento y manejan los RR.SS. en un solo recipiente, con conocimientos ambientales adquiridos por terceros.	$0.022 \leq R < 0.065$
<b>MEDIO</b>	La zona presenta una intensidad sísmica entre VI y VIII, con geología de la formación Ausangate, suelo de arcilla limosa inorgánica de baja plasticidad (CL) y una capacidad admisible de 1.07 kg/cm <sup>2</sup> . La geomorfología corresponde a colinas con pendientes entre 5° y 10°, con proximidad a una falla activa a menos de 5 km. En este nivel, la población expuesta oscila entre 8 y 15 personas, incluyendo alumnos, docentes y personal administrativo, con acceso a seguro SIS, abastecimiento de agua por sistema JASS, servicio eléctrico y un conocimiento regular en gestión del riesgo de desastres (GRD), así como una organización comunitaria moderada. La infraestructura del proyecto y área de contingencia se encuentra en una zona de peligro medio (50-100 m), con edificaciones de concreto de uno a dos niveles, cimentación superficial y estado de conservación de regular a bueno, con ingresos familiares entre >750 y <1500. La comunidad educativa se ubica a 50-100 m de residuos sólidos (RR.SS.), los cuales son desechados en vías y calles; las excretas se disponen en letrinas de pozo seco y los RR.SS. son clasificados en orgánicos e inorgánicos. Los conocimientos ambientales provienen de medios radiales. Según el análisis de vulnerabilidad, seis bloques de la IEI (módulos de aulas, sala múltiple, biblioteca y servicios higiénicos), así como todos los bloques del área de contingencia, presentan una vulnerabilidad media.	$0.006 \leq R < 0.022$
<b>BAJO</b>	La zona presenta una intensidad sísmica entre VI y VIII, con geología del Grupo Moho, presencia de roca fija sobre suelo suelto (gravas) con una capacidad admisible superior a 1.07 kg/cm <sup>2</sup> , geomorfología de colinas poco empinadas y pendientes entre 0° y 5°. La población expuesta es menor a 8 personas, incluyendo alumnos, docentes y personal administrativo, con acceso a seguro privado, abastecimiento de agua por red pública tipo JASS, servicio eléctrico, conocimiento en gestión del riesgo de desastres (GRD) y una organización comunitaria activa. La infraestructura del proyecto y área de contingencia se encuentra muy alejada del peligro (>100 m), con edificaciones de concreto armado de un nivel, cimentación profunda en zonas críticas y estructura sismorresistente, en estado de conservación muy bueno y con ingresos familiares superiores a 1500. La comunidad educativa está ubicada entre 100 y 250 m o más de residuos sólidos (RR.SS.), los cuales son desechados en botaderos o recolectados; las excretas se disponen mediante instalaciones sanitarias conectadas, reuso y compostaje, con clasificación de RR.SS. por material. Los conocimientos ambientales provienen de internet y sensibilización institucional. Según el análisis de vulnerabilidad, dos bloques (guardiania y bloque de servicios) del área de contingencia presentan vulnerabilidad baja.	$0.002 \leq R < 0.006$

Nota. Modificado de CENEPRED, (2014)

**Anexo LL. Matriz de riesgos de la Institución educativa de nivel inicial N° 532**

PMA	0.449	0.035	0.069	0.114	0.213
PA	0.304	0.024	0.047	0.077	0.144
PM	0.135	0.010	0.021	0.034	0.064
PB	0.075	0.006	0.012	0.019	0.036
		0.077	0.154	0.253	0.475
		VB	VM	VA	VMA

Nota. Modificado de CENEPRED, (2014)