




**INFORME DE EVALUACIÓN DE RIESGO POR DESLIZAMIENTO EN  
EL CERRO CRUZ DE SHALLAPA DEL DISTRITO DE CHAVÍN DE  
HUÁNTAR, PROVINCIA DE HUARI DEL DEPARTAMENTO DE  
ANCASH**



AGOSTO 2022

116

GOBIERNO REGIONAL DE ANCASH



"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional!"

**RESOLUCIÓN EJECUTIVA REGIONAL**  
**N° 352 -2022-GRA/GR**  
Huaraz, 01 AGO 2022

**VISTO:**

El Acta de reunión virtual de coordinación para la elaboración del EVAR en Chavín de Huántar de fecha 18 de julio de 2022, el Informe N° 381-2022-GRA-ORDN/J de fecha 21 de julio de 2022, el Informe Legal N° 615-2022-GRA/GRAJ de fecha 25 de julio de 2022, y;

**CONSIDERANDO:**

Que, con el artículo 191° de la Constitución Política del Perú, los gobiernos regionales tienen autonomía política, económica y administrativa en los asuntos de su competencia; en concordancia con la Ley de Bases de la Descentralización, Ley N° 27783; asimismo, en el artículo 2° de la Ley N° 27867 - Ley Orgánica de Gobiernos Regionales, señala que los Gobiernos Regionales emanan de la voluntad popular. Son personas jurídicas de derecho público, con autonomía política, económica y administrativa en asuntos de su competencia, constituyendo, para su administración económica y financiera, un Pliego Presupuestal;

Que, mediante Ley N° 29664 "Ley que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres" - SINAGERD, como sistema interinstitucional, sinérgico, descentralizado, transversal y participativo, con la finalidad de identificar y reducir los riesgos asociados a los peligros o minimizar sus efectos, así como evitar la Generación de nuevos riesgos, y preparación y atención ante situaciones de desastre mediante el establecimiento de principios, lineamientos de política, componentes, procesos e instrumentos de Gestión del Riesgo de Desastres;

Que, en el numeral 6.2 del Artículo 6° de la Ley N° 29664 - SINAGERD, establece que la implementación de la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, se logra mediante el planeamiento, organización, dirección y control de actividades y acciones relacionadas con los procesos de Estimación del Riesgo, Prevención del Riesgo y Reducción del Riesgo; así como de Preparación, Respuesta, Rehabilitación y Reconstrucción, procesos que a su vez son desarrollados en el reglamento de la acotada Ley, aprobado por Decreto Supremo N° 048-2011-PCM;

Que, conforme al numeral 14.1 y 14.2 del Artículo 14° de la Ley N° 29664 "Ley que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres" - SINAGERD, establece respectivamente que los Gobiernos Regionales, como integrantes del SINAGERD, formulan, aprueban normas y planes, evalúan, dirigen, organizan, supervisan, fiscalizan y ejecutan los procesos de la Gestión del Riesgo de Desastres, en el ámbito de su competencia;

**Stamp 1 (Top Left):** REGIONAL DE ANCASH, OFICINA REGIONAL DE PLANIFICACION Y DESARROLLO, R.L.O.-B.-D.O., 01 AGO 2022, HORA: 16:42, FOLIOS: \$, FIRMA: \$

**Stamp 2 (Top Right):** GOBIERNO REGIONAL DE ANCASH, COPIA FIEL DEL ORIGINAL, 01 AGO 2022, ZOILA NALIA MORA TAFUR, FEDATARIO

**Stamp 3 (Middle Left):** REGIONAL DE ANCASH, GOBIERNO REGIONAL, GOBERNADOR

**Stamp 4 (Bottom Left):** GOBIERNO REGIONAL DE ANCASH, GERENCIA GENERAL, V. B. G.

**Stamp 5 (Bottom Left):** POLITICA NACIONAL CIVIL Y SEGURIDAD, OFICINA GENERAL DE ASISTENCIA TECNICA Y LOGISTICA

**Stamp 6 (Bottom Left):** GOBIERNO REGIONAL DE ANCASH, OFICINA GENERAL DE ASISTENCIA TECNICA Y LOGISTICA

352

115

Que, en cumplimiento a lo estipulado en la Ley N° 29664, Ley que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD) y su Reglamento, corresponde a los gobiernos regionales la implementación de la gestión prospectiva, correctiva y reactiva del riesgo de desastres. En este sentido, es necesaria la conformación del Equipo Técnico encargado de la elaboración de instrumentos técnicos en los procesos de estimación, prevención, reducción, reconstrucción, respuesta, preparación y rehabilitación;

Que, mediante el Decreto Supremo N° 080-2022-PCM, en su artículo 1° se Declara el Estado de Emergencia en el distrito de Chavín de Huántar de la provincia de Huari del departamento de Ancash, por impacto de daños a consecuencia de derrumbe, por el plazo de sesenta (60) días calendario, para la ejecución de medidas y acciones de excepción, inmediatas y necesarias, de respuesta y rehabilitación que correspondan;



Que, en el Acta de reunión virtual de coordinación para la elaboración del EVAR en Chavín de Huántar, se acordó por mayoría constituir el Equipo Técnico Multisectorial para la elaboración del EVAR Cuantitativo, integradas por los actores directamente involucrados, instituciones públicas y privadas, con la asistencia técnica del Cenepred;

Que, mediante el Informe N° 381-2022-GRA-ORDN/J de fecha 21 de julio de 2022, la Oficina Regional de Defensa Nacional, considera pertinente, viable y factible para la constituir el Equipo Técnico Multidisciplinario para la Elaboración del Informe de la Evaluación del Riesgo de Desastres en la zona de Impacto y Acogida en Chavín de Huántar;

Que, mediante Informe Legal N° 615-2022-GRA/GRAJ de fecha 25 de julio de 2022, la Gerencia Regional de Asesoría Jurídica, considera procedente constituir el Equipo Técnico Multidisciplinario para la Elaboración del Informe de la Evaluación del Riesgo de Desastres en la zona de Impacto y Acogida en Chavín de Huántar;

Que, mediante la Resolución N° 0163-2021-JNE de fecha 27 de enero de 2021, donde se convoca a don Henry Augusto Borja Cruzado, identificado con DNI N° 42482191, para asumir en forma provisional, el cargo de Gobernador Regional del Gobierno Regional de Ancash, en tanto se resuelve la situación jurídica de la Autoridad suspendida, para lo cual se otorga la respectiva credencial que lo faculte como tal;



Que, en el literal d) del artículo 21° de la Ley N° 27867, Ley Orgánica de Gobiernos Regionales y sus modificatorias, la Ordenanza Regional N° 008-2017-GRA/CR que aprueba el Reglamento de Organizaciones y Funciones-ROF del Gobierno Regional de Ancash, y demás antecedentes; menciona que el Gobernador Regional tiene la atribución de dictar Decretos y Resoluciones Regionales;

**SE RESUELVE:**



**ARTÍCULO 1°. CONSTITUYASE, el Equipo Técnico Multidisciplinario** para la Elaboración del Informe de la Evaluación del Riesgo de Desastres en la zona de Impacto y Acogida en Chavín de Huántar, dentro de la competencia y funciones que establece el Sistema Nacional de la Gestión del Riesgo de Desastres – SINAGERD, el cual estará integrado por

N°	NOMBRES Y APELLIDOS	CARGO
01	Ing. Benjamin Padilla Rivera	Jefe de la Oficina Regional de Defensa Nacional del Gobierno Regional de Ancash.
02	Ing. Michael Huaranga Flores	Especialista en GRD de la Oficina Regional de Defensa Nacional del Gobierno Regional de Ancash.



01 AGO. 2022  
ZOILA NALIA MORA TAFUR  
FEDATARIO

352

119

03	Ing. Eddy Condezo Chuquijajas	Consultor en GRD del Gobierno Regional de Ancash.
04	Lic. Liz Durán León	Directora Regional de Comercio Exterior y Turismo – Ancash.
05	Ing. Reynalda Julia Boza Marquez	Jefa de la Unidad de Gestión del Riesgo Desastres y defensa civil de la Municipalidad Provincial de Huari.
06	Ing. Janeht Manesa Alva Ramirez	Jefa del Área de Catastro, Control Urbano y Defensa Civil de la Municipalidad Distrital de Chavín de Huántar.
07	Ing. Segundo Núñez Juárez	Especialista del Ingemmet
08	Ing. Juan Carlos Gomez Avalos	Especialista de IGP
09	Ing. David Vásquez Castillo	Representante de la empresa minera de Antamina
10	Ing. Silvestre Quito Broncano	Especialista en GDR de la DDI de Ancash
11	Sra. Yda Amparo Abarca damian	Representante de la Sociedad Civil de Chavín de Huántar
12	Sr. Daniel Otto Espinoza Sobrera	Representante de la Sociedad Civil de Chavín de Huántar
13	Sr. Ronald Aban Melgarejo	Representante de la Sociedad Civil de Chavín de Huántar
<b>Asistencia técnica del Cenepred</b>		
14	Ing. Enrique Villanueva Aguero	Especialista de la Dirección de Fortalecimiento y asistencia Técnica – Cenepred.
15	Ing. Rosa Rodriguez Anaya	Coordinadora de Enlace regional de Ancash – Cenepred.



**ARTÍCULO 2º. ENCARGAR**, a la Oficina de Defensa Nacional del Gobierno Regional de Ancash para coordinar con el Grupo de Trabajo de la GRD y el Equipo Técnico a fin de que sus integrantes cumplan a cabalidad las funciones establecidas.




**ARTÍCULO 3º. HACER** de conocimiento la presente Resolución al "Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres"- CENEPI para la coordinación y enlace como integrante del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, con cumplimiento de la presente Resolución.

**ARTÍCULO 4º. - NOTIFICAR**; la presente Resolución a los integrantes del Equipo Técnico de la elaboración de Evaluación de Riesgo de Desastres en la zona de Impacto y Acogida en Chavín de Huántar.



REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y CÚPLASE.

  
GOBIERNO REGIONAL DE ANCASH  
GOBERNACIÓN REGIONAL  
ING. HENRY AUGUSTO BORJA CRUZADO  
Gobernador Regional (p)



## ELABORACIÓN DEL INFORME TÉCNICO:

Municipalidad Distrital de Chavín de Huántar – zona urbana, Provincia de Huari del Departamento de Ancash.

## EQUIPO TÉCNICO MULTIDISCIPLINARIO:

Equipo Técnico según resolución N°352 – 2022 – GRA/GR

**Ing. Benjamín Padilla Rivera**

Jefe de la Oficina Regional de Defensa Nacional del Gobierno Regional de Ancash

**Ing. Michael Huaranga Flores**

Especialista en GRD de la Oficina Regional de Defensa Nacional del Gobierno Regional de Ancash

**Lic. Liz Duran León**

Directora Regional de Comercio Exterior y turismo – Ancash

**Ing. Reynalda Julia Boza Márquez**

Jefa de la Unidad de Gestión del Riesgo de Desastres y Defensa civil de la Municipalidad Provincial Huari

**Ing. Janeth Manesa Alva Ramírez**

Jefa del área de Catastro, Control Urbano y Defensa Civil de la Municipalidad Distrital de Chavín de Huántar.

**Ing. Segundo Núñez Juárez**

Especialista del INGEMMET

**Ing. Juan Carlos Gómez Avalos**

Especialista del IGP

**Ing. Silvestre Quito Broncano**

Especialista en GRD de la DDI de Ancash

**Sra. Yda Amparo Abarca Damián**

Representante de la sociedad Civil de Chavín de Huántar

**Sr. Daniel Otto Espinoza Sobrera**

Representante de la sociedad Civil de Chavín de Huántar

**Sr. Ronald Aban Melgarejo**

Representante de la sociedad Civil de Chavín de Huántar

**Ing. Eddy Charlie Condezo Chuquijajas**

Consultor en GRD el Gobierno Regional de Ancash

## ASISTENCIA TÉCNICA DE CENEPRED:

**Ing. Enrique Villanueva Agüero**

Especialista de la Dirección de Fortalecimiento y asistencia Técnica - CENEPRED

**Ing. Rosa Rodríguez Anaya**

Coordinadora de Enlace Regional de Ancash CENEPRED

## CONTENIDO

<b>RESUMEN</b> .....	<b>7</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>9</b>
<b>CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES</b> .....	<b>10</b>
1.1 Objetivo general .....	10
1.2 Objetivos específicos .....	10
1.3 Finalidad.....	10
1.4 Justificación.....	10
1.5 Antecedentes .....	10
1.6 Marco normativo .....	12
<b>CAPÍTULO II: CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ÁREA DE ESTUDIO</b> .....	<b>13</b>
2.1 Ubicación geográfica.....	13
2.1.1 Límites geopolíticos .....	13
2.1.2 Vías de acceso .....	13
2.1.3 Área de estudio .....	13
2.2 Características sociales .....	15
2.2.1 Población.....	15
2.2.2 Vivienda .....	16
2.2.3 Servicios básicos .....	16
2.2.4 Nivel educativo de la población .....	17
2.2.5 Salud .....	18
2.3 Características económicas .....	18
2.3.1 Actividades económicas .....	18
2.4 Características físicas .....	19
2.4.1 Pendiente .....	19
2.4.2 Tipo de suelo .....	21
2.4.3 Condiciones Geomorfológicas.....	23
2.4.4 Condiciones geológicas.....	25
2.4.5 Condiciones climatológicas .....	28
2.4.6 Condiciones Geodinámicas.....	33
2.4.7 Estabilización de Talud.....	43
2.4.7.1 Evaluación sísmica.....	43
2.4.7.2 Evaluación Geotécnica.....	44
2.4.7.3 Análisis de Estabilidad física .....	45
<b>CAPÍTULO III: DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE PELIGROSIDAD</b> .....	<b>55</b>
3.1 Metodología para la determinación de la peligrosidad.....	55
2.5 Recopilación y análisis de la información.....	55
2.6 Identificación del peligro.....	56
2.7 Caracterización del peligro.....	57
2.8 Ponderación del parámetro de evaluación del peligro .....	57
2.9 Susceptibilidad del territorio .....	59
2.9.1 Análisis del factor desencadenante.....	59
2.9.2 Análisis de los factores condicionantes .....	60
2.10 Análisis de elementos expuestos.....	64
2.10.1 Población.....	64
2.10.2 Vivienda .....	64
2.10.3 Institución educativa .....	64

2.10.4	Centro de Salud.....	65
2.10.5	Comisaria .....	65
2.10.6	Puentes .....	65
2.11	Definición de escenario de riesgo .....	67
2.12	Niveles de peligro.....	67
2.13	Estratificación del nivel de peligro .....	67
2.14	Mapa de peligro .....	68
<b>CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD.....</b>		<b>69</b>
4.1	Metodología para el análisis de la vulnerabilidad.....	69
4.2	Análisis de la dimensión social.....	69
4.2.1	Análisis de la exposición en la dimensión social de la vulnerabilidad.....	70
4.2.2	Análisis de la fragilidad en la dimensión social de la vulnerabilidad .....	71
4.2.3	Análisis de la resiliencia en la dimensión social de la vulnerabilidad.....	74
4.3	Análisis de la dimensión económica .....	75
4.3.1	Análisis de la exposición en la dimensión económica de la vulnerabilidad .....	76
4.3.2	Análisis de la fragilidad en la dimensión económica de la vulnerabilidad .....	76
4.4	Nivel de vulnerabilidad .....	80
4.5	Estratificación de la vulnerabilidad .....	81
4.6	Mapa de Vulnerabilidad .....	82
<b>CAPÍTULO V: CÁLCULO DEL RIESGO .....</b>		<b>83</b>
5.1	Metodología para la determinación de los niveles del riesgo.....	83
5.2	Determinación de los niveles de riesgos.....	84
5.2.1	Niveles del riesgo .....	84
5.2.2	Matriz del riesgo .....	84
5.2.3	Estratificación del riesgo.....	85
5.2.4	Mapa del Riesgo.....	86
5.3	Cálculo de efectos probables.....	87
5.4	Medidas de prevención del riesgo.....	87
5.4.1	De orden estructural .....	87
5.4.2	De orden no estructural .....	88
5.5	Medidas de reducción del riesgo.....	88
5.5.1	De orden estructural .....	88
5.5.2	De orden no estructural .....	89
<b>CAPÍTULO VI: CONTROL DEL RIESGO .....</b>		<b>90</b>
6.1	De la evaluación de las medidas.....	90
6.1.1	Aceptabilidad / Tolerabilidad.....	90
6.1.2	Control de riesgos.....	91
<b>CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>		<b>92</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>		<b>94</b>
<b>LISTA DE CUADROS .....</b>		<b>95</b>
<b>LISTA DE GRÁFICOS.....</b>		<b>97</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>		<b>98</b>
<b>LISTA DE MAPAS.....</b>		<b>98</b>
<b>ANEXOS.....</b>		<b>99</b>

## RESUMEN

El Gobierno Regional de Ancash en cumplimiento de sus atribuciones y amparado en el decreto supremo 080-2022-PCM, tiene en uso de sus facultades realizar las acciones de respuesta inmediata en el distrito de Chavín de Huántar, que a consecuencia de lo ocurrido el 30 de junio del 2022, a horas 5:00 pm, en el cerro Cruz de Shallapa, registró un derrumbe en la zona conocida como el mirador, poniendo en riesgo la vida y salud de las personas, ocasionando daños a las viviendas y servicios básicos colindantes.

Con resolución ejecutiva Regional N° 352 – 2022 – GRA/GR y en cumplimiento de la Ley N° 29664 ley que crea el sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD); corresponde al gobierno Regional de Ancash la implementación de la gestión prospectiva, correctiva y reactiva del riesgo de desastres, en ese sentido convoca la necesidad de conformar el Equipo Técnico encargado de la elaboración de instrumentos técnicos en los procesos de estimación, prevención, reducción, reconstrucción, preparación y rehabilitación.

Con fecha de 21 de julio del 2022, la oficina regional de defensa civil, considera pertinente, viable y factible constituir un equipo técnico multidisciplinario para la elaboración del informe de evaluación de riesgos de desastres en la zona de impacto y acogida en Chavín de Huántar.

Actualmente, la zona donde ocurrió el derrumbe ha quedado expuesto y activo a posibles nuevos eventos de derrumbe en menor proporción, por lo tanto, se viene realizando labores de desquinche, colocación de muros provisionales, reubicación temporal de las familias y otras medidas adicionales, que vienen trabajando en el control de dichos remanentes, como parte de la respuesta frente a este fenómeno de origen natural.

Con fecha 27 de julio se inician las labores de recopilación de información en campo desde la zona de derrumbe hasta la plaza de toros, por el peligro de deslizamiento. Se realizaron la toma de fotografías aéreas como parte del proceso para el modelamiento digital del terreno, se tomaron muestras de suelo y roca, para analizarlos en los laboratorios de la Universidad Nacional de Ingeniería obteniendo así el factor de cohesión, el Angulo de fricción y la densidad parámetros necesarios para halla el factor de seguridad. Se realizó también una actualización catastral en campo de las viviendas y familias no registradas en el ámbito de intervención las cuales podrían verse afectadas por estar colindante al cerro Cruz de Shallapa.

La información tomada en campo corresponde a la zona del mirador, por la parte alta, hasta el pie del cerro con una altura aproximada de 150 metros; en la zona del mirador se encontraron fisuras de gran tamaño propensas caer por acción de las lluvias al quedar expuestas, también se pudo determinar que el evento se encuentra activo con caída de rocas y material suelto, por lo que es necesario que la población afectada se mantenga alejada de la zona de derrumbe y permanezca a buen recaudo en el área de refugio.

Según los datos procesados en el software Slide con un periodo de retorno de 475, para el modelo pseudo-estático, el factor de seguridad para el cerro Cruz de Shallapa resulta inestable, tomando como inicio el mirador, hasta la plaza de toros, que forma parte de nuestro análisis, haciendo un recorrido aproximado de 1.00 kilómetro en forma horizontal, con una altura aproximada de 150 metros, con un ángulo de inclinación de 45°, teniendo un riesgo **Muy Alto** a deslizarse hacia las viviendas ubicadas en la primera manzana, estas viviendas son colindantes al cerro, siendo un total de 100 viviendas y 165 viviendas de riesgo **Alto** con una afectación parcial remediable de las mismas.



De acuerdo a la determinación de la zonificación del riesgo, se recomienda **evaluar un proceso de reubicación y/o reasentamiento del área de riesgo Muy Alto**, también se ha identificado el riesgo en las áreas de reubicación, propuestas por la municipalidad, teniendo como prioridad utilizar aquellas áreas de riesgo medio o bajo. También es importante continuar con los demás estudios (Geotécnico, geofísico y de mecánica de suelos) que puedan darnos una mejor información a un nivel determinístico, aplicando el método pseudoestático para estabilización de talud del cerro Cruz de Shallapa, para un mejor modelo y diseño a detalle de las medidas estructurales a realizar.

## INTRODUCCIÓN

El presente Informe de Evaluación del Riesgo permite analizar el impacto potencial del área de influencia del peligro por deslizamientos en la zona urbana del distrito de Chavín de Huántar, provincia de Huari del departamento de Ancash.

En este contexto, el departamento de Ancash a registrado sismos de magnitud mayor a 7.9 Mw. causando muertes, heridos, damnificados, destrucción parcial y/o total de las viviendas y unidades productoras; la historia nos ha dejado lecciones que aún no hemos aprendido y que pueden volver a ocurrir en un periodo de tiempo corto, mediano o largo plazo.

La ocurrencia de desastres por deslizamiento a causa de un sismo de gran intensidad, es uno de los factores que mayor destrucción en la región, las lluvias también están relacionadas a estos peligros de movimientos en masa, siendo un 70% los ocurridos por este evento en la región de un total de 1446 registrados, debido a la ausencia de medidas y/o acciones que puedan garantizar las condiciones de vida adecuada de la población, estas seguirán causando pérdidas de vidas humanas y económicas.

El presente informe tiene un alcance **semi cuantitativo**, debido al limitante de los informes geotécnico, geofísico y de toma de aceleraciones máximas en la zona urbana del distrito de Chavín de Huántar, que aún no han iniciado para toda el área de la ladera, desde el mirador hasta la plaza de toros el cual nos podría dar un modelo más preciso y una zonificación a detalle de un posible deslizamiento.

En el primer capítulo del informe, se desarrolla los aspectos generales, entre los que se destaca los objetivos, tanto el general como los específicos, la justificación que motiva la elaboración de la Evaluación del Riesgo de la zona urbana y el marco normativo. En el segundo capítulo, se describe las características generales del área de estudio, como ubicación geográfica, características físicas, sociales, económicas, entre otros.

En el tercer capítulo, se desarrolla la determinación del peligro, en el cual se identifica su área de influencia en función a sus factores condicionantes y desencadenante para la definición de sus niveles, representándose en el mapa de peligro. El cuarto capítulo comprende el análisis de la vulnerabilidad en sus dos dimensiones, el social y el económico. Cada dimensión de la vulnerabilidad se evalúa con sus respectivos factores: Exposición, fragilidad y resiliencia, para definir los niveles de vulnerabilidad, representándose en el mapa respectivo.

En el quinto capítulo, se contempla el procedimiento para cálculo del riesgo, que permite identificar el nivel del riesgo por movimientos en masa de la zona urbana y la zonificación en un mapa de riesgo como resultado de la evaluación del peligro y por la vulnerabilidad.

Finalmente, en el sexto capítulo, se evalúa el control del riesgo, para identificar la aceptabilidad o tolerancia del riesgo con sus respectivas conclusiones.

## CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES

### 1.1 Objetivo general

Determinar el nivel del riesgo por **deslizamiento** en el **Sector de la zona urbana del distrito de Chavín de Huántar, provincia de Huari del departamento de Ancash.**

### 1.2 Objetivos específicos

- Identificar y determinar los niveles de peligro y elaborar el mapa de peligro del área de influencia correspondiente.
- Analizar y determinar los niveles de vulnerabilidad y elaborar el mapa de vulnerabilidad correspondiente.
- Elaborar el mapa de riesgos, evaluando la aceptabilidad o tolerabilidad del riesgo y determinando las medidas de control.
- Estimar los efectos probables.

### 1.3 Finalidad

Contribuir con un documento técnico para que la autoridad que corresponda adopte las medidas de prevención y reducción del riesgo de desastres en el marco de lo estipulado según la normativa vigente.

### 1.4 Justificación

Con el presente documento desarrollado en el marco del D.S. 080-2022 PCM, se sustenta la aprobación del presupuesto para la implementación de las acciones de prevención y/o reducción de riesgos por deslizamiento de la zona urbana del distrito de **Chavín de Huántar**, provincia de Huari del departamento de Ancash.

### 1.5 Antecedentes

El 30 de junio del presente año, en la ladera noreste del cerro Cruz de Shallapa ocurrió un derrumbe que movilizó aproximadamente 58 mil m<sup>3</sup> de rocas y detritos. El derrumbe tiene un ancho promedio de 106 m y una distancia entre la zona de arranque y pie del derrumbe de 215 m. Afectó un área aproximada de 2.5 Ha; 42 viviendas destruidas, pérdida de 2.07 Ha de cultivo, 450 m de canal de riego, entre otros daños a la propiedad.

El evento continua activo y latente, muestra de ello son las constantes caídas de rocas, con diámetros de hasta 1.0 m y material suelto inestable en la cabecera del derrumbe, el cual podría caer y afectar las viviendas asentadas entre la calle Wiracocha y Jr. 17 de Enero.

Actualmente, hacia la parte izquierda del derrumbe, se tiene un deslizamiento antiguo en proceso de reactivación, compuesto por bloques (10%), grava (20%), arenas (40%) y limo arcilla (30%); donde se observó múltiples agrietamientos longitudinales y transversales, con aperturas de hasta 60 cm, producidos en el camino de herradura y desplazamientos de hasta 2.6 m; el cual nos infiere el avance retrogresivo del evento.

Es importante mencionar que, según reportes locales, este evento empezó a generarse desde el año 1970, a raíz del sismo, donde se produjo agrietamientos con aperturas milimétricas en el terreno, que a través de los años ha ido incrementando, hasta perder su equilibrio. Fuente INGEMMET

**Cuadro01. Listado las últimas emergencias por deslizamientos en la provincia de Huari**

Fecha	Fenómeno	Código	Departamento	Provincia	Distrito
28/03 /2022	Deslizamiento	153235	Ancash	Huari	San Pedro de Chana
01/05/2022	Deslizamiento	146792	Ancash	Huari	Masín
04/05/2022	Deslizamiento	152170	Ancash	Huari	Huántar
30/03/2022	Derrumbe	151608	Ancash	Huari	Masín
24/03/2022	Derrumbe	151399	Ancash	Huari	Masín

Fuente: SINPAD - INDECI

## 1.6 Marco normativo

- Ley N° 29664 Ley del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres - SINAGERD.
- Ley N° 27867, Ley Orgánica de los Gobiernos Regionales.
- Ley N° 27972, Ley Orgánica de Municipalidades.
- Decreto Supremo N° 038-2021-PCM Política Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres al 2050.
- Decreto Supremo N° 048-2011-PCM, Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres.
- Resolución Ministerial N° 222-2013-PCM, que aprueba los Lineamientos Técnicos del Proceso de Prevención del Riesgo de Desastres.
- Resolución Ministerial N° 220-2013-PCM, que aprueba los Lineamientos Técnicos del Proceso de Reducción del Riesgo de Desastres.
- Resolución Ministerial N° 046-2013-PCM, Lineamientos que definen el Marco de Responsabilidades en Gestión del Riesgo de Desastres, de las entidades del estado en los tres niveles de gobierno.
- Resolución Ministerial N° 334-2012-PCM, que aprueba los Lineamientos Técnicos del Proceso de Estimación del Riesgo de Desastres.
- Resolución Jefatural N° 112-2014-CENEPRED/J, que aprueba el “Manual para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales, segunda versión”.
- Decreto Supremo 080-2022 PCM

## CAPÍTULO II: CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ÁREA DE ESTUDIO

### 2.1 Ubicación geográfica

El área de estudio geográficamente está ubicada en el distrito de Chavín de Huántar, provincia de Huarí, en el departamento de Ancash. Fue creada según ley el 17 de octubre de 1893. Se ubica sobre la margen izquierda del río Mosna y en la parte baja del cerro Cruz de Shallapa. En relación al meridiano de Greenwich está entre los 77°10'38" de longitud oeste y a 09°35'19" de latitud sur.

#### 2.1.1 Límites geopolíticos

En El distrito de Chavín de Huántar limita:

- Norte: Distrito de Huántar.
- Sur: Distrito de Aquia
- Este: Distrito de San Marcos
- Oeste: Distrito de Huaraz, de Olleros, Ticapampa y Catac.

#### 2.1.2 Vías de acceso

Para acceder desde Huaraz a **Chavín de Huántar** Sigue por Av. Mariscal Toribio Luzuriaga hacia Av. Confraternidad Internacional Oeste/Carretera 3N, luego sigue por Carretera 3N y AN-110. Gira levemente a la izquierda. El recorrido es un total 105 km. aproximadamente 2 horas 25 min. en camioneta o auto es una vía asfaltada y una parte afirmada al llegar.

#### 2.1.3 Área de estudio

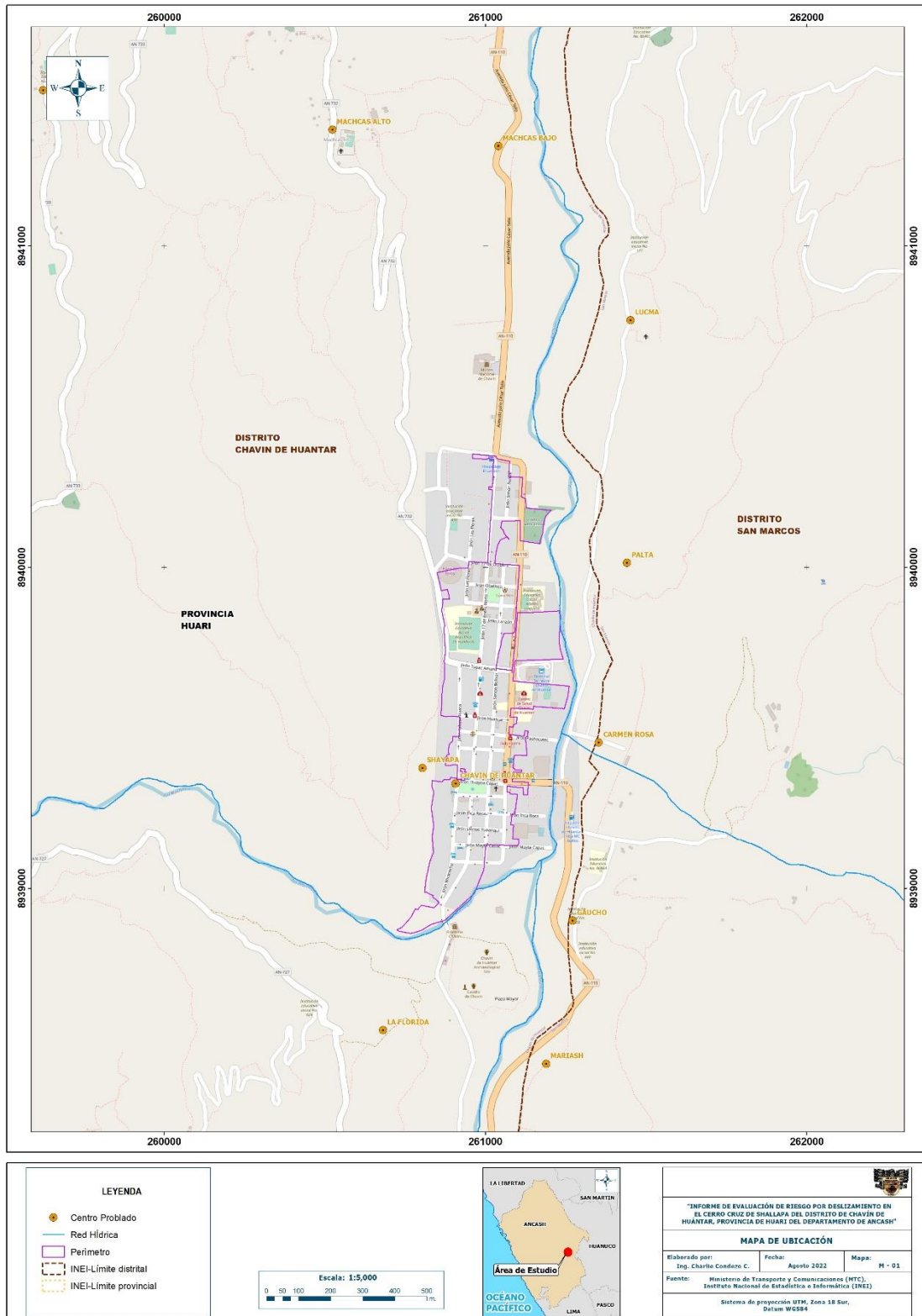
El área de estudio corresponde al **Sector de la zona urbana del distrito de Chavín de Huántar, provincia de Huarí del departamento de Ancash**; el cual comprende los siguientes barrios:

**Cuadro02. Coordenadas UTM de los barrios que comprende la zona urbana de Chavín de Huántar**

Barrio	Coordenadas UTM – WGS 84		Altitud
	Este	Norte	(msnm)
<b>Jana</b>	260966	8939313	3152
<b>Ura</b>	260992	8939624	3144
<b>Santa Barbara</b>	260902	8939836	3141
<b>Barrio las Viviendas</b>	261007	8939952	3131
<b>Virgen del Carmen</b>	261113	8940177	3116

Fuente: Elaboración propia

Mapa01. Mapa de ubicación del Sector zona urbana del distrito de Chavín de Huántar



Fuente: Elaboración propia

## 2.2 Características sociales

Para el desarrollo de las características sociales se utilizó la información obtenida del aplicativo “Sistema de Información Estadístico de apoyo a la prevención a los efectos del Fenómeno El Niño y otros fenómenos naturales”, del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) del año 2017.

### 2.2.1 Población

#### a) Población total

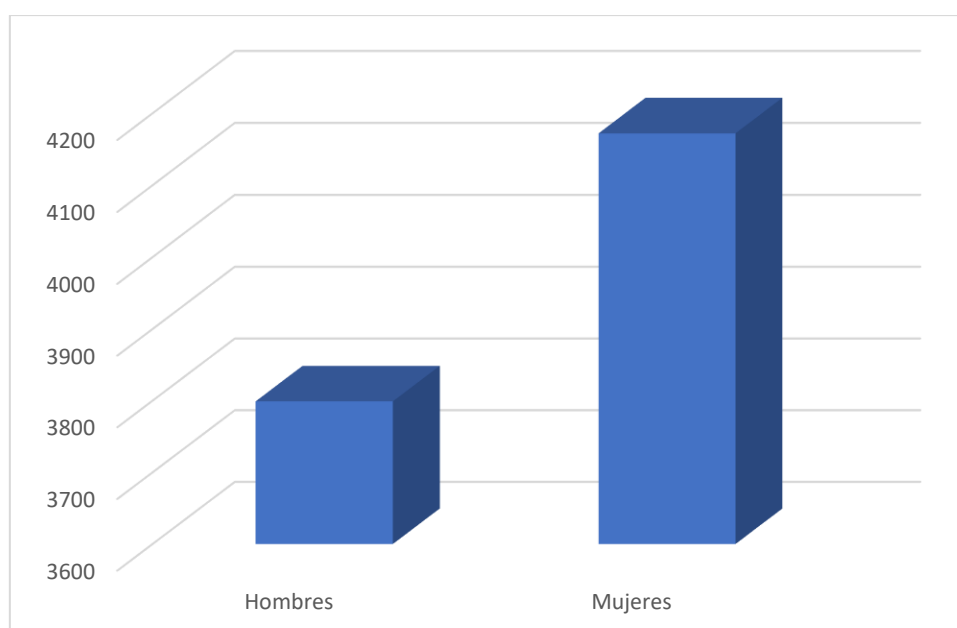
El distrito de Chavín de Huántar cuenta con 8510 habitantes, (población rural y urbana). En el Cuadro N°3 se observa que la población por sexo de acuerdo al Censo 2017 por INEI. Para el presente estudio se ha considerado la población rural y urbana del distrito de **Chavín de Huántar**.

**Cuadro03. Población según sexo en el distrito de Chavín de Huántar**

Sexo	Población total	%
Hombres	4087	48.03
Mujeres	4423	51.97
<b>Población total</b>	<b>8510</b>	<b>100.00</b>

Fuente: INEI 2017

**Gráfico01. Características de la población según sexo en el distrito de Chavín de Huántar**



Fuente: INEI 2017

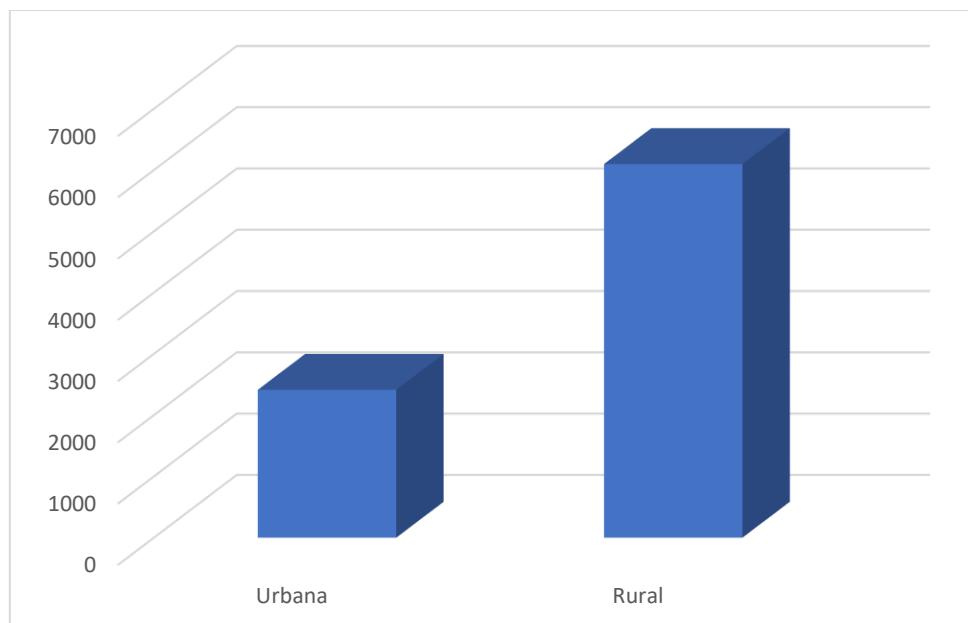
**Cuadro04. Población rural y urbana en el distrito de Chavín de Huántar**

Población por área	Población total	%
Urbana	2413	28.36
Rural	6097	71.64
<b>Población total</b>	<b>8510</b>	<b>100.00</b>

Fuente: INEI 2017



**Gráfico02. Población urbana y rural en el distrito de Chavín de Huántar**



Fuente: INEI 2017

## 2.2.2 Vivienda

Según el “Sistema de Información Estadístico de apoyo a la prevención de los efectos del Fenómeno El Niño y otros Fenómenos Naturales” del INEI 2017, señala que:

En el distrito de Chavín de Huántar existen 622 viviendas ocupadas, 184 de ellas son de ladrillo o bloque de cemento; 170 viviendas son de material adobe; 255 viviendas son de tapia; 11 viviendas son de material triplay o madera, calamina o estera; 2 viviendas son de quincha.

## 2.2.3 Servicios básicos

### 2.2.3.1 Abastecimiento de agua

El “Sistema de Información Estadístico de apoyo a la prevención de los efectos del Fenómeno El Niño y otros Fenómenos Naturales” del INEI 2017, se tiene que:

En la zona urbana de Chavín de Huántar la población es de existen 622 viviendas; 579 cuentan con red pública dentro de la vivienda; 32 viviendas cuentan con red pública fuera de la vivienda, pero dentro de la edificación; 1 viviendas se abastecen de agua por un pilón de uso público; 10 viviendas se abastecen de agua por medio del rio, acequia, lago, laguna.

### 2.2.3.2 Servicios higiénicos

El “Sistema de Información Estadístico de apoyo a la prevención de los efectos del Fenómeno El Niño y otros Fenómenos Naturales” del INEI 2017, se tiene que:

En la zona urbana de Chavín de Huántar existen 622 viviendas; 558 viviendas cuentan con red pública de desagüe dentro de la vivienda; 36 viviendas cuentan con red pública de desagüe fuera de la vivienda, pero dentro de la edificación; 14 viviendas cuentan con pozo séptico o pozo ciego, 3 viviendas de pozo ciego o negro, 2 viviendas cuentan con letrina; 2 viviendas usan como desagüe el río, acequia, canal o similar; 4 viviendas usan como servicios higiénicos el campo abierto o al aire libre; 3 viviendas utilizan otro tipo.

### 2.2.3.3 Tipo de alumbrado

El “Sistema de Información Estadístico de apoyo a la prevención de los efectos del Fenómeno El Niño y otros Fenómenos Naturales” del INEI 2017, se tiene que:

De las 622 vivienda; 571 cuentan con el servicio de alumbrado eléctrico por red pública y 51 viviendas no cuentan con alumbrado eléctrico por red pública.

## 2.2.4 Nivel educativo de la población

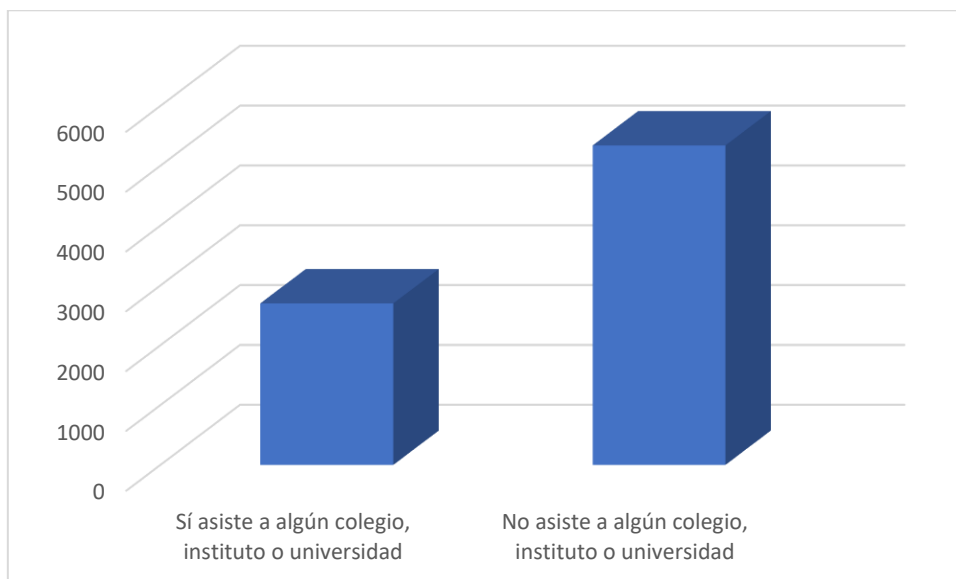
De acuerdo al Sistema de Información Estadístico, en el sector de la zona urbana de Chavín de Huántar se tiene los siguientes datos:

**Cuadro05. Población según nivel educativo**

Nivel Educativo	Cantidad	%
Sí asiste a algún colegio, instituto o universidad	2532	33.61
No asiste a algún colegio, instituto o universidad	5002	66.39
Total	7534	100

Fuente: INEI 2017

**Gráfico03. Población según nivel educativo**



Fuente: INEI 2017

## 2.2.5 Salud

Se ha identificado el Centro de salud Chavín de Huántar en la zona de estudio del Sector urbano del distrito de Chavín de Huántar de categoría I -3 con horario de atención de 8:00 am a 20:00 pm

## 2.3 Características económicas

### 2.3.1 Actividades económicas

De acuerdo al “Sistema de Información Estadístico de apoyo a la prevención de los efectos del Fenómeno El Niño y otros Fenómenos Naturales” del INEI 2017, en el Sector urbano se presentan las siguientes actividades económicas de acuerdo al siguiente cuadro:

**Cuadro06. actividades económicas en el distrito de Chavín de Huántar**

Actividad económica	Habitantes	%
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	1377	61.07
Explotación de minas y canteras	4	0.18
Industrias manufactureras	40	1.79
Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado	8	0.35
Construcción	117	5.19
Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos automotores y motocicletas	194	8.60
Transporte y almacenamiento	66	2.92
Actividades de alojamiento y de servicio de comidas	76	3.35
Información y comunicaciones	5	0.23
Actividades financieras y de seguros	2	0.09
Actividades profesionales, científicas y técnicas	55	2.45
Actividades de servicios administrativos y de apoyo	22	0.96
Administración pública y defensa; planes de seguridad social de afiliación obligatoria	78	3.45
Enseñanza	116	5.14
Actividades de atención de la salud humana y de asistencia social	36	1.62
Actividades artísticas, de entretenimiento y recreativas	10	0.47
Otras actividades de servicios	35	1.57
Act. de los hogares	13	0.59
Total	2255	100
No Aplica	6255	

Fuente: INEI 2017

## 2.4 Características físicas

### 2.4.1 Pendiente

El en base al reconocimiento de campo se han agrupado en 5 rangos, los valores de las pendientes se describen a continuación:

#### a.) Terreno llano y/o inclinados con pendiente suave

Se encuentran en este rango las zonas casi planas, como el cauce del río y el área donde se encuentra asentada las viviendas de la zona urbana de Chavín de Huántar.

#### b.) Pendiente moderada

Se encuentran a los alrededores de la zona urbana de Chavín de Huántar, presentando una ligera elevación, casi imperceptible.

#### c.) Pendiente fuerte

En este rango de pendientes encontramos laderas suaves u onduladas. Se puede observar entre la parte de la falda del cerro Cruz de Shallapa con algunas viviendas asentadas.

#### d.) Pendiente abrupta

Este rango corresponde a afloramiento de rocas intrusivas y sedimentarias ubicadas en las estribaciones. Los afloramientos ubicados en este rango se encuentran afectados por estructuras como pliegues y fallas.

#### e.) Pendiente muy escarpada

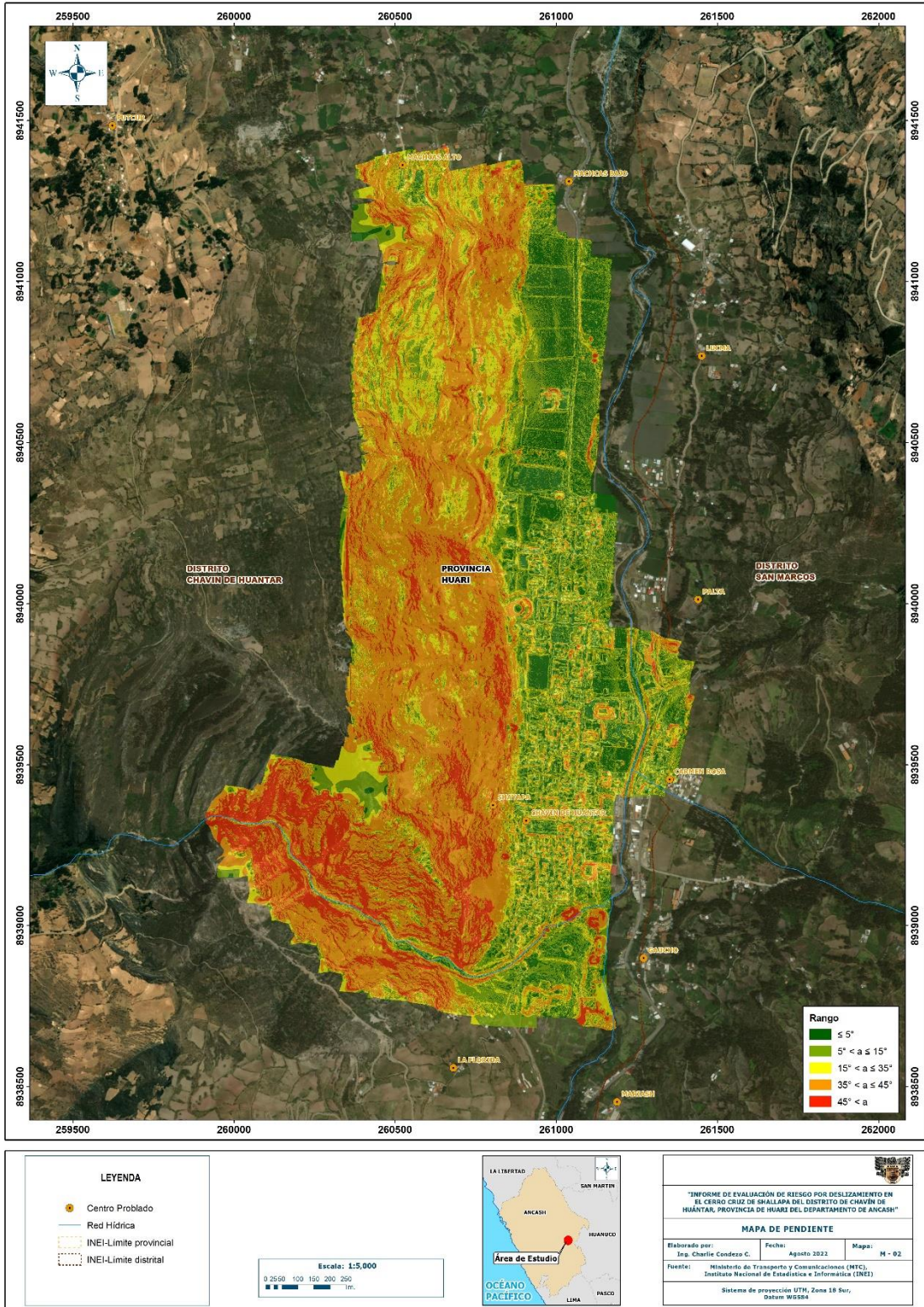
Se encuentran en este rango las zonas escarpadas, ubicados principalmente en la parte del Cerro Cruz de Shallapa, contribuyendo a la condición de peligro por deslizamiento.

**Cuadro07. Rango de Pendiente**

Rangos	Descripción
<5°	Terreno llano y/o inclinados con pendiente suave
5° - 20°	Pendiente moderada
20° - 35°	Pendiente fuerte
35° - 45°	Pendiente abrupta
>45°	Pendiente muy escarpada

Fuente: MINAM, 2014

**Mapa02. Mapa de pendientes del Sector de la zona urbana del distrito de Chavín de Huántar**



Fuente: Elaboración propia

## 2.4.2 Tipo de suelo

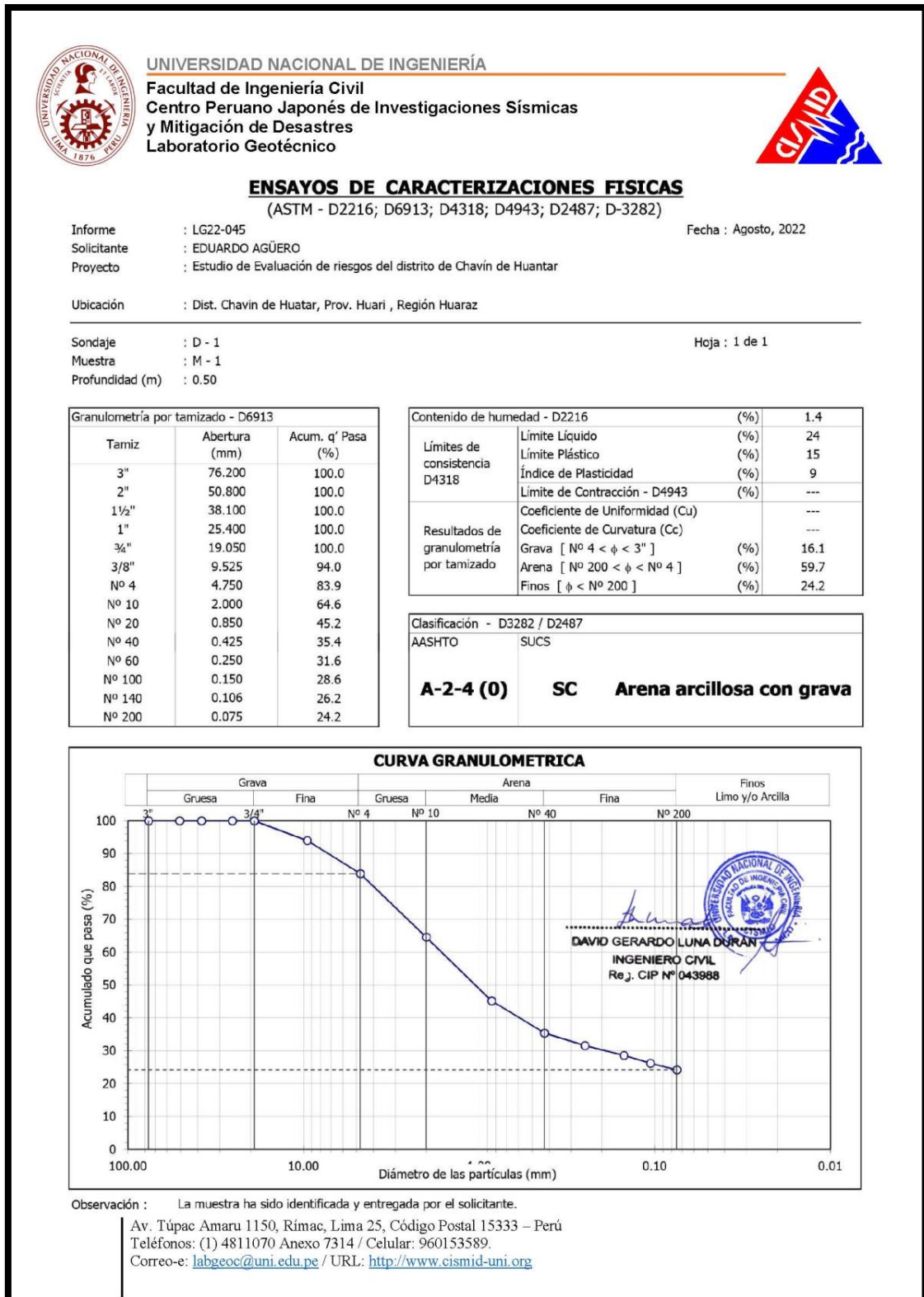
De acuerdo a los “Ensayos de caracterización física” del informe **LG22-045** de mecánica de suelos (anexos 2) realizados por el Centro Peruano-Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (**CISMID**), se obtuvo que la clasificación SUCS ASTM D-2487 determinó que el sector del cerro Cruz de Shallapa de la zona urbana Chavín de Huántar presenta un tipo de suelo: **Arena arcillosa con grava**, todo esto en base a la única calicata realizada de las diez propuestas para el estudio de mecánica de suelos.

Esta información servirá de insumo para hallar el factor de seguridad, definido como la relación entre la fuerza resistente y la fuerza actuante, la cual va a soportar o no el talud. Al ingresar los datos en el software SLIDE, se podrá realizar el modelamiento de un posible deslizamiento a futuro en dicha zona y la magnitud de la afectación. A continuación, se definen las cuatro propiedades de la muestra de suelo a ser utilizados :

- **Ángulo de fricción:** Es la propiedad de los materiales granulares relacionados con el ángulo de reposo o máximo ángulo posible para la pendiente de un conjunto de dicho material granular. Este factor es fundamental para determinar la estabilidad de taludes, la resistencia de una cimentación o para el cálculo de empuje de tierras.
- **Factor de cohesión:** Se define como la atracción entre partículas originada por las fuerzas moleculares y las películas de agua. Por lo tanto, el factor de cohesión de un suelo variará si cambia su contenido de humedad. La medición de este factor se expresa en Kg/cm<sup>2</sup>. No obstante, si bien el agua cumple un papel fundamental en el proceso de cohesión, si la cantidad resulta excesiva hace que la tierra pierda esta propiedad, dejando al suelo sin su plasticidad y volviéndolo a un estado casi líquido.
- **Densidad:** Es una dimensión referida al total de material contenido dentro de un determinado volumen, este concepto relaciona la masa que tiene un cuerpo o sustancia y el volumen que esta ocupa en el espacio donde está presente. Así mismo, en la mecánica de suelos, se establece como una propiedad que logra ser comprobada mostrando el estado de compactación de los suelos.
- **Profundidad de la roca madre:** Es la máxima profundidad en la que se puede encontrar la base rocosa de un suelo también conocido como roca matriz. Se proyectó de manera preliminar, que la roca madre, está a una profundidad de 20m. Se deberá continuar con los estudios realizados.

Resulta necesario aclarar que los detalles de los **resultados del laboratorio de suelos** se explican a mejor detalle más adelante, dentro de la Evaluación Geotécnica en el numeral 2.4.7.2

Figura01. Resultados de laboratorio de suelos



### 2.4.3 Condiciones Geomorfológicas

El reconocimiento de las unidades geomorfológicas del sector cerro Cruz de Shallapa de la zona urbana Chavín de Huántar, se desarrolló en base a información disponible en el mapa geomorfológico del cuadrángulo 20i a escala 1:100 000 y el informe Técnico A7280 “Evaluación de Peligros Geológicos en el Cerro Cruz de Shallapa y su influencia en la localidad de Chavín de Huántar” a una escala de 1:25000 elaborados por INGEMMET.

Mediante el cartografiado geomorfológico a escala 1:2500 realizado en la zona de estudio y alrededores se obtuvieron las siguientes unidades geomorfológicas:

- **Subunidad de vertiente con depósitos de deslizamiento (V-dd)**

Corresponde a las acumulaciones de ladera originadas por procesos de movimientos en masa, prehistóricos, antiguos y recientes, que pueden ser del tipo deslizamientos, avalancha de rocas y/o movimientos complejos, estos corresponden al cerro Cruz de Shallapa.

- **Subunidad de vertiente coluvial (V-co)**

Son depósitos inconsolidados, se encuentran localizados al pie de las laderas, en este caso puntual, al pie del derrumbe del cerro Cruz de Shallapa, resultantes de la acumulación de material caído desde las partes altas, por acción de la gravedad.

- **Subunidad montaña en rocas sedimentarias (RME-rs)**

Las montañas que cubren gran parte de la zona de estudio, presentan cimas subredondeadas y alargadas, cuyas laderas naturales poseen pendientes que varían de 25° a 85°.

La ladera noreste del cerro Cruz de Shallapa, presenta una morfología accidentada debido a la presencia de eventos antiguos, que configuraron el actual relieve.

- **Subunidad de piedemonte aluvio torrencial (P-at)**

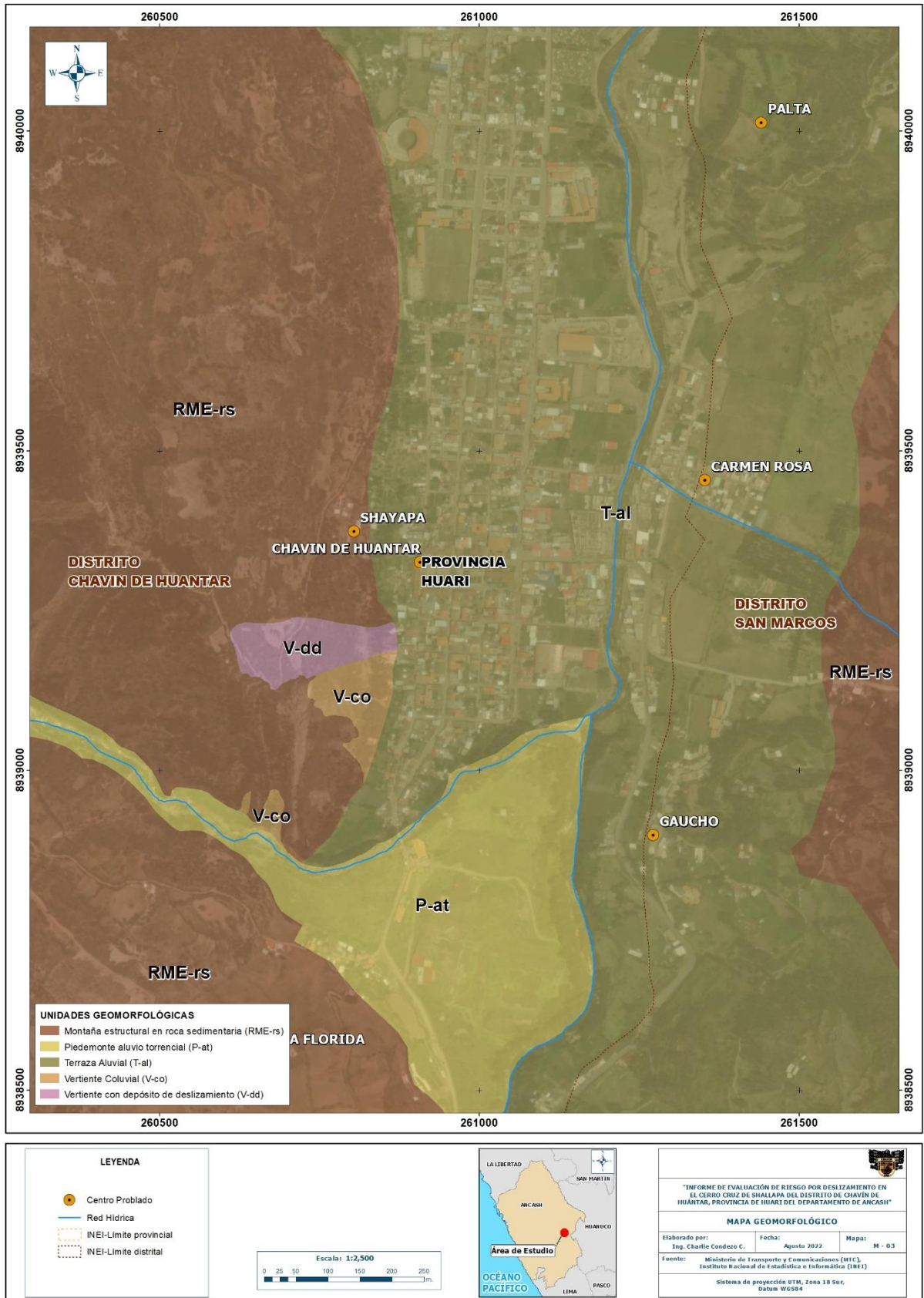
En la desembocadura de la quebrada Huachecsa, se ha formado un abanico, producto de la acumulación de material acarreado por aluviones históricos que han discurrido sobre esta quebrada, se caracteriza por presentar una pendiente menor a 5°.

- **Subunidad de terraza Aluvial (T-al)**

Son depósitos acumulados por material de aporte proveniente de los ríos Huachecsa y Mosna, se encuentran compactados y consolidados, poseen pendientes bajas. Sobre esta unidad se encuentra asentado la localidad de Chavín de Huántar.



Mapa03. Mapa geomorfológico del Sector de la zona urbana Chavín de Huántar



Fuente: Elaboración propia

#### 2.4.4 Condiciones geológicas

El reconocimiento de las unidades geológicas en las inmediaciones del sector de la zona urbana de Chavín de Huántar, se desarrolló en base a información disponible en el Mapa Geológico del Cuadrángulo (20i), a escala 1: 100,000 que fue elaborado por **INGEMMET** (1999) y fue descrito a detalle por la misma entidad, mediante el cartografiado geológico a escala 1: 3000; asimismo, se utilizó también el informe Técnico A7280 “Evaluación de Peligros Geológicos en el Cerro Cruz de Shallapa y su influencia en la localidad de Chavín de Huántar” a una escala de 1:25000 elaborado por **INGEMMET** realizado en la zona de estudio y alrededores, entre las cuales se tienen las siguientes unidades geológicas:

##### f.) Depósito aluvial proluvial (Qh-fl)

Los depósitos aluviales, es producto del acarreo fluvial, constituidos por clastos redondeados a sub redondeados, con tamaños y formas variables en una matriz areno limosa y areno arcillosa, dependientes de la roca madre; sobre esta se tienen depósitos proluviales producto de los aluviones que afectaron la zona, siendo uno de estos el ocurrido en 1945. Actualmente, las viviendas de la localidad de Chavín de Huántar se encuentran asentadas sobre este depósito.

##### g.) Depósitos coluviales (Qh-co)

Los depósitos coluviales corresponden a agregados de fragmentos angulosos de roca, transportados por acción de la gravedad y que se acumulan regularmente en los taludes adyacentes a los macizos rocosos

##### h.) Depósito proluvial (Qh-pl)

Son depósitos acarreados por flujo antiguos, compuesto por bloques sub angulosos a sub redondeados, en una matriz de gravas y limo arcillosos. La ocurrencia de los flujos de detritos, hacen del sitio peligroso a eventos futuros provenientes del río Huachecsa.

El sitio arqueológico de Chavín de Huántar se ubicó sobre el cono de deyección del río Huachecsa (huaicos y aluviones) originados antes de la llegada de los primeros habitantes a Chavín; y luego varias veces sepultada por varios flujos de detritos o aluviones provenientes de la quebrada.

##### i.) Formación Chimú (Ki-chi)

Aflora en la parte alta del cerro Cruz de Shallapa, suprayace a las areniscas cuarzosas de la Formación Oyón. Así mismo, aflora ampliamente al este del sitio arqueológico de Chavín de Huántar, donde resalta por su accidentada morfología. Esta unidad está conformada por estratos de areniscas cuarzosas blancas y macizas en capas de 1 a 3 m de espesor que se han depositado en un ambiente deltaico en el Cretácico inferior.

**j.) Formación Oyón (Ki-oy)**

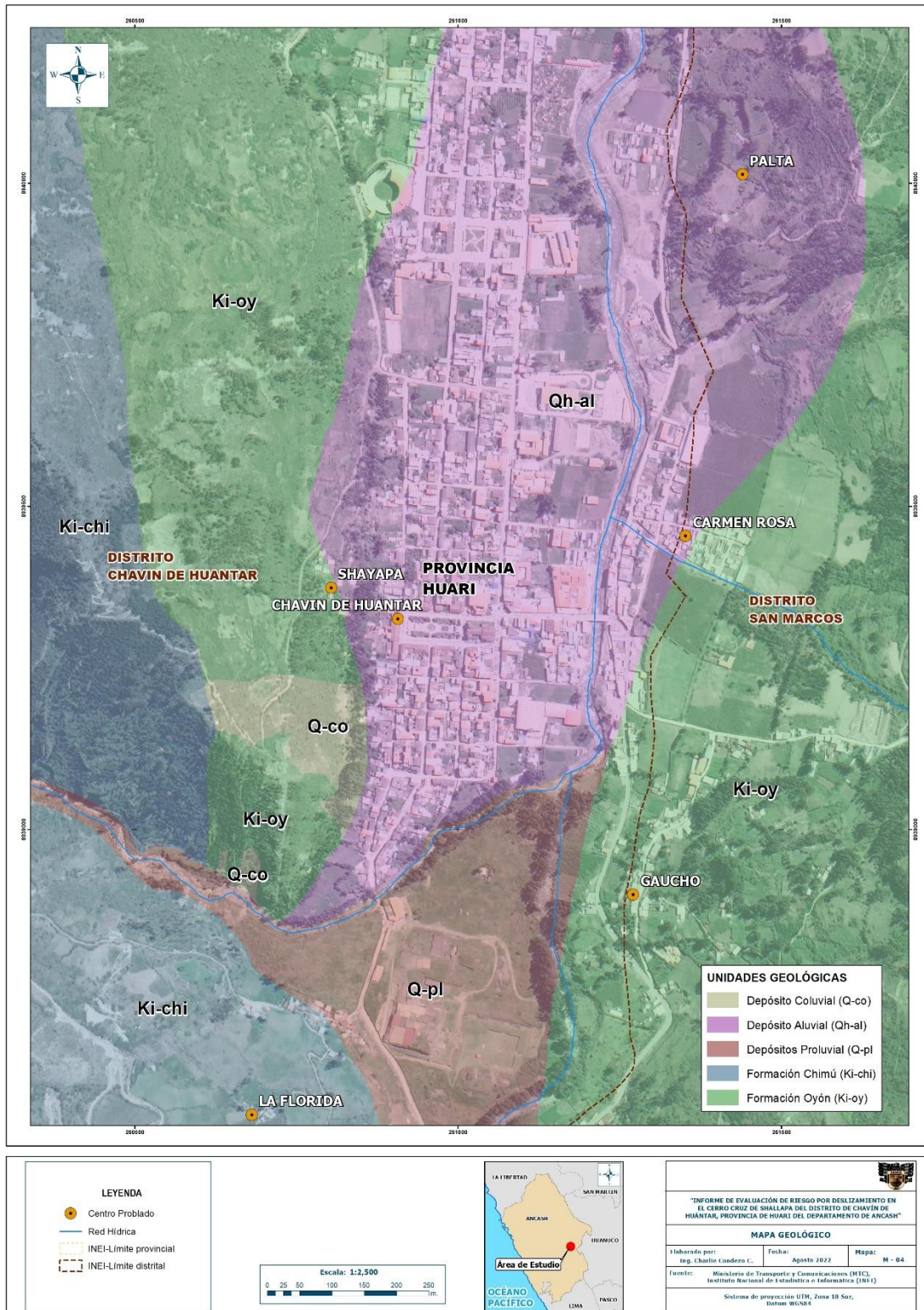
Aflora ampliamente al oeste de Chavín de Huántar, particularmente en la margen izquierda del valle del río Mosna. Conformada por areniscas cuarzosas, de color blanquecinas, intercaladas con capas de limoarcillitas y lutitas negras, con espesor variable entre 100 a 400 m. Localmente, se observó intercalación con potencias de 1.2 m. En el área de estudio es frecuente encontrar mantos de carbón que son explotados artesanalmente.

En la zona del derrumbe, el afloramiento se presenta moderadamente meteorizado y de mediano a muy fracturado, generando bloques sueltos entre 0.2 m a 0.5 m, y en las zonas superiores al evento, bloques de hasta 1.5 m.

En la zona puntual, la estratificación del substrato rocoso buza a favor de la pendiente, y presenta 3 familias de fracturamiento. De acuerdo a sus características ingeniero – geológicas, se consideran como rocas de regular calidad geotécnica.

Esta zona, geodinámicamente, está asociada a derrumbes, vuelco y caída de rocas, con probabilidad de fallas en cuña, planar y vuelco.

Mapa04. Mapa geológico del Sector de la zona urbana Chavín de Huántar



Fuente: Elaboración propia

## 2.4.5 Condiciones climatológicas

### 2.4.5.1 Clasificación climática

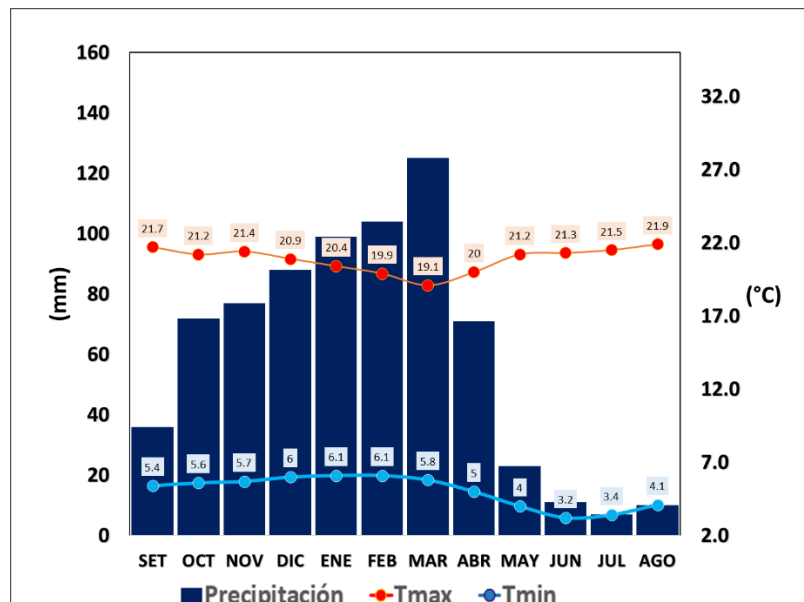
En base al Mapa de Clasificación Climática del Perú (SENAMHI, 2020), desarrollado a través del Sistema de Clasificación de Climas de Warren Thornthwaite, los dos sectores superiores, ubicado en el distrito Chavín de Huántar, provincia de Huari, se caracteriza por presentar un clima semiseco y templado, con humedad abundante en todas las estaciones del año (C (r) B'). Mientras que el sector inferior, se caracteriza por tener un clima lluvioso y frío, con otoño e invierno seco.

### 2.4.5.2 Clima

La temperatura máxima promedio del aire presenta un comportamiento distinto durante la temporada lluviosa y seca, oscilando sus valores entre 19,1 a 21,9°C, con menores valores durante los meses de verano debido a la abundante cobertura nubosa propia de la temporada lluviosa, mientras que los meses de invierno (época seca) presenta mayores valores producto de los cielos despejados que permiten ingresar mayor radiación solar. En cuanto a la temperatura mínima promedio del aire, presenta un comportamiento opuesto a la temperatura máxima, con valores promedio que fluctúan entre 3,2 a 6,1°C, disminuyendo principalmente durante los meses de junio a agosto.

Respecto al comportamiento de las lluvias, comprende una temporada lluviosa y otra seca. El primero predomina entre los meses de octubre y abril, siendo más intensas durante el primer trimestre del año totalizando en promedio aproximadamente 450,0 mm. La temporada seca se presenta principalmente entre los meses de junio a agosto. Anualmente acumula en promedio 723,0 mm.

**Gráfico04. Comportamiento temporal de la temperatura y precipitación promedio en la estación meteorológica Chavín**



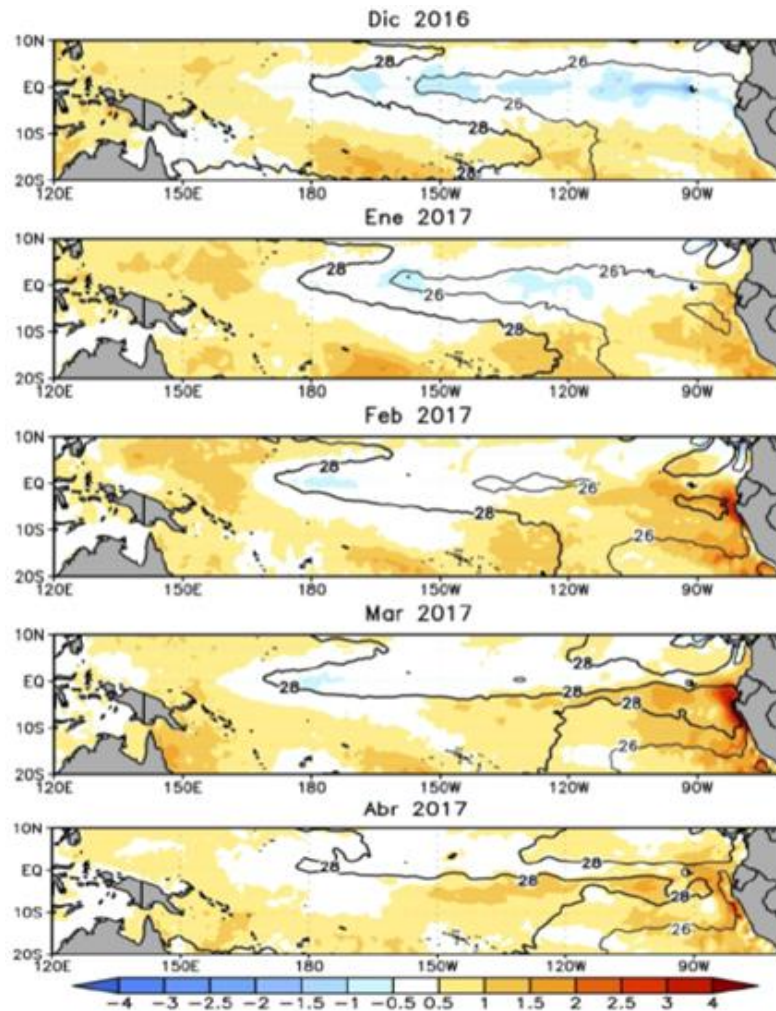
Fuente: Atlas de temperatura del aire y precipitación del Perú (SENAMHI, 2021)

### 2.4.5.3 Precipitaciones extremas

En el verano 2017, se presentaron condiciones océano-atmosféricas anómalas, que establecieron la presencia de “El Niño Costero 2017”, con el incremento abrupto de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) cuyos valores superaron los 26°C en varios puntos de la zona norte del mar peruano (ENFEN, 2017).

Asimismo, la TSM presentó valores sobre su normal histórica, siendo más intensas los meses de febrero y marzo 2017 (figura N°02); situación que complementado a la presencia de los vientos del norte y la Zona de Convergencia Intertropical favorecieron una alta concentración de humedad atmosférica, propiciando un comportamiento anómalo de las lluvias, afectando éstas gran parte de la franja costera peruana. A su vez, la persistencia de un sistema atmosférico (Alta de Bolivia) configurado y posicionado en el sur de Perú **propició condiciones favorables para la ocurrencia de lluvias fuertes y significativas en los Andes occidentales.**

Figura02. Anomalia de la Temperatura superficial del mar (°C) en el Pacifico ecuatorial para el periodo diciembre 2016 – abril 2017



Fuente: ENFEN, 2017

El Niño Costero 2017, calificada de magnitud moderada, fue bastante similar al evento El Niño del año 1925. Sin embargo, presentó mecanismos locales y características diferentes a los eventos extraordinarios El Niño de 1982-1983 y 1997-1998 (ENFEN, 2017).

En este contexto, el SEMAHI estimó los umbrales para caracterizar las lluvias extremas, las cuales se muestran en el siguiente cuadro para la estación meteorológica Chavín.

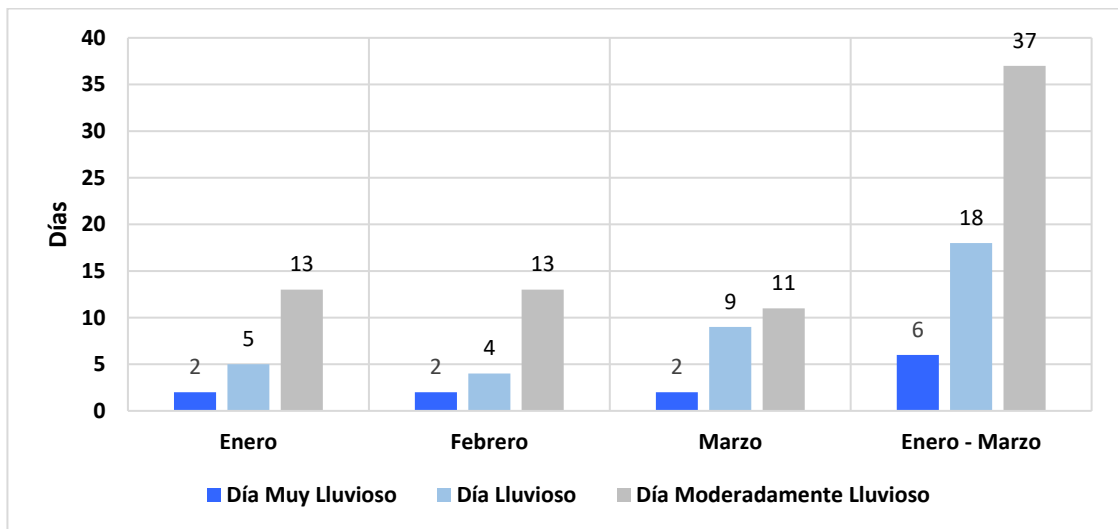
**Cuadro08. Caracterización de extremos de precipitación – Estación meteorológica Chavín**

Umbrales de Precipitación	Caracterización de Lluvias Extremas	Umbrales calculados
Precipitación acumulada diaria > Percentil 99	Extremadamente Lluvioso	PP > 20.6 mm
Percentil 95 < Precipitación acumulada diaria ≤ Percentil 99	Muy Lluvioso	13.7 mm < PP ≤ 20.6 mm
Percentil 90 < Precipitación acumulada diaria ≤ Percentil 95	Lluvioso	10.6 mm < PP ≤ 13.7 mm
Percentil 75 < Precipitación acumulada diaria ≤ Percentil 90	Moderadamente Lluvioso	6.8 mm < PP ≤ 10.6 mm
Precipitación Acumulada diaria ≤ Percentil 75	Lluvia Usual	6.8 mm ≤ PP

Fuente: Umbrales y precipitaciones absolutas (SENAMHI, 2017).

A nivel distrital, la frecuencia promedio areal de lluvias extremas (Gráfico N° 05) muestra que durante el verano 2017 los días catalogados como “Extremadamente lluvioso” no se presentaron en este ámbito, sin embargo, se presentaron días “Muy lluviosos”, “lluviosos” y “moderadamente lluvioso” durante los tres meses.

**Gráfico05. Frecuencia promedio de lluvias extremas durante El Niño Costero 2017 en el distrito Chavín de Huántar**

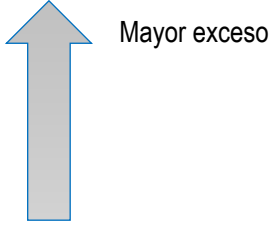


Fuente: SENAMHI, 2017.

a) Descriptores del factor desencadenante

Para el mes de enero, durante el Niño Costero 2017, las lluvias superaron sus cantidades normales, presentándose un exceso significativo de lluvias. En el **Cuadro N°09, se muestra los descriptores clasificados en cinco niveles**, los cuales se asocia a los rangos de anomalías de las precipitaciones expresados en forma gradual. Estos rangos nos **representan cuanto se ha desviado la precipitación, durante este evento extremo, en términos porcentuales con relación a la precipitación usual** de la zona (precipitación media). En los rangos con mayores valores porcentuales, las lluvias anómalas fueron mayores.

**Cuadro09. Anomalía de precipitación durante el mes de enero 2017 para la zona de estudio**

Rango de anomalías (%)	
> 35 % superior a su normal climática	
30 - 35 % superior a su normal climática	
25 - 30 % superior a su normal climática	
20 -25 % superior a su normal climática	
10 - 20 % superior a su normal climática	

Fuente: Adaptado de SENAMHI, 2019

#### 2.4.5.4 Análisis de la información por lluvias

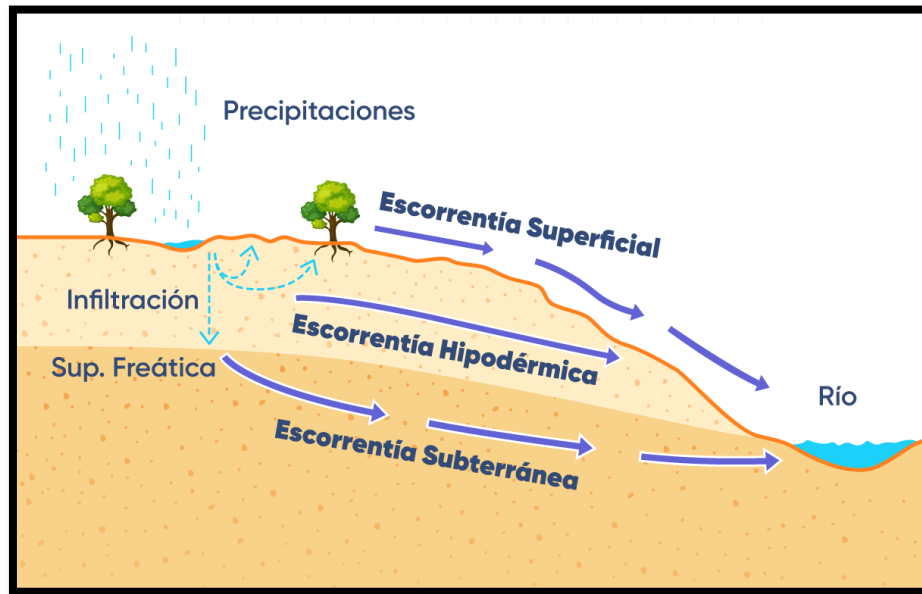
Los procesos de movimientos en masa han generado en la región de Ancash grandes impactos, los sismos, la presencia de la intensidad de la precipitación y su relación directa con las condiciones del terreno las cuales están asociadas a la geología (fallas, pliegues), pendiente, tipo de suelo, meteorización de la roca, zonas deforestadas o áreas expuestas (derrumbe Cerro Cruz de Shallapa), generan grandes impactos adversos a la población, al patrimonio público y privado.

En la región Ancash se han registrado un total de 1446 desastres por movimientos en masa estos eventos se han incrementado con el Fenómeno de El Niño los cuales se caracterizan por lluvias torrenciales en la región y sismo.

A los factores se agrega los factores antrópicos: expansión urbana, terreno de cultivos, riego indiscriminado, construcción de accesos, etc. estos modifican el volumen de agua al interno el sistema hídrico, aumenta la escorrentía hipodérmica por mayor infiltración de aguas y disminuye la escorrentía superficial. Las áreas de mayor infiltración son las áreas deforestadas.



Figura03. Flujo de tipos de escorrentía



El aumento de la escorrentía hipodérmica se agudiza con la presencia de las lluvias intensas para el distrito de Chavín de Huántar, estas empiezan en setiembre, la consecuencia es la saturación de la masa del suelo que se encuentra expuesta por el derrumbe, al introducirse agua en las grietas que se presentan en la zona expuesta donde ocurrió el evento, estas originan un incremento en las fuerzas actuantes pudiendo provocar nuevos derrumbes, pero en menor proporción.

Figura04. Grietas en la parte alta del cerro Cruz de Shallapa donde ocurrió el derrumbe



Figura05. Grietas en la parte alta del cerro Cruz de Shallapa donde ocurrió el derrumbe



Es importante conocer que el desencadenante de los peligros de movimientos en masa en la región Ancash, es la **precipitación** en un 70 %, estos condicionan los procesos de infiltración y escurrimiento para el suelo **expuesto**; es decir, que lluvias prolongadas con intensidad baja dan una infiltración alta y profunda y una menor escorrentía en las áreas con pendiente. Además, en esta zona, las lluvias torrenciales incrementan la escorrentía y dan una menor cantidad de infiltración; sin embargo, también generan fuerte influencia en el contenido de humedad y la presión de los poros en los suelos, lo que se traduce en un aumento de la masa específica de las rocas en un **30%** y una disminución de la resistencia al corte de un **50%**.

De acuerdo al análisis realizado para el presente estudio, se ha considerado la humedad del suelo, a través del coeficiente de cohesión (es la atracción entre partículas originadas por las fuerzas moleculares y las moléculas de agua), obtenida como resultado de una sola muestra, procesado en el laboratorio de la UNI. Por lo tanto, la cohesión del suelo varía si cambia su contenido de humedad, el valor de la cohesión es  $29.42 \text{ KN/m}^2$  este valor se utilizará, como uno de los 3 parámetros, en el modelamiento con el software SLIDE.

También se debe mencionar que el cerro Cruz de Shallapa, tiene una pendiente abrupta y escarpada haciendo menor la cantidad de filtración e incrementando la escorrentía por lluvias.

## 2.4.6 Condiciones Geodinámicas

### 2.4.6.1 Sismicidad

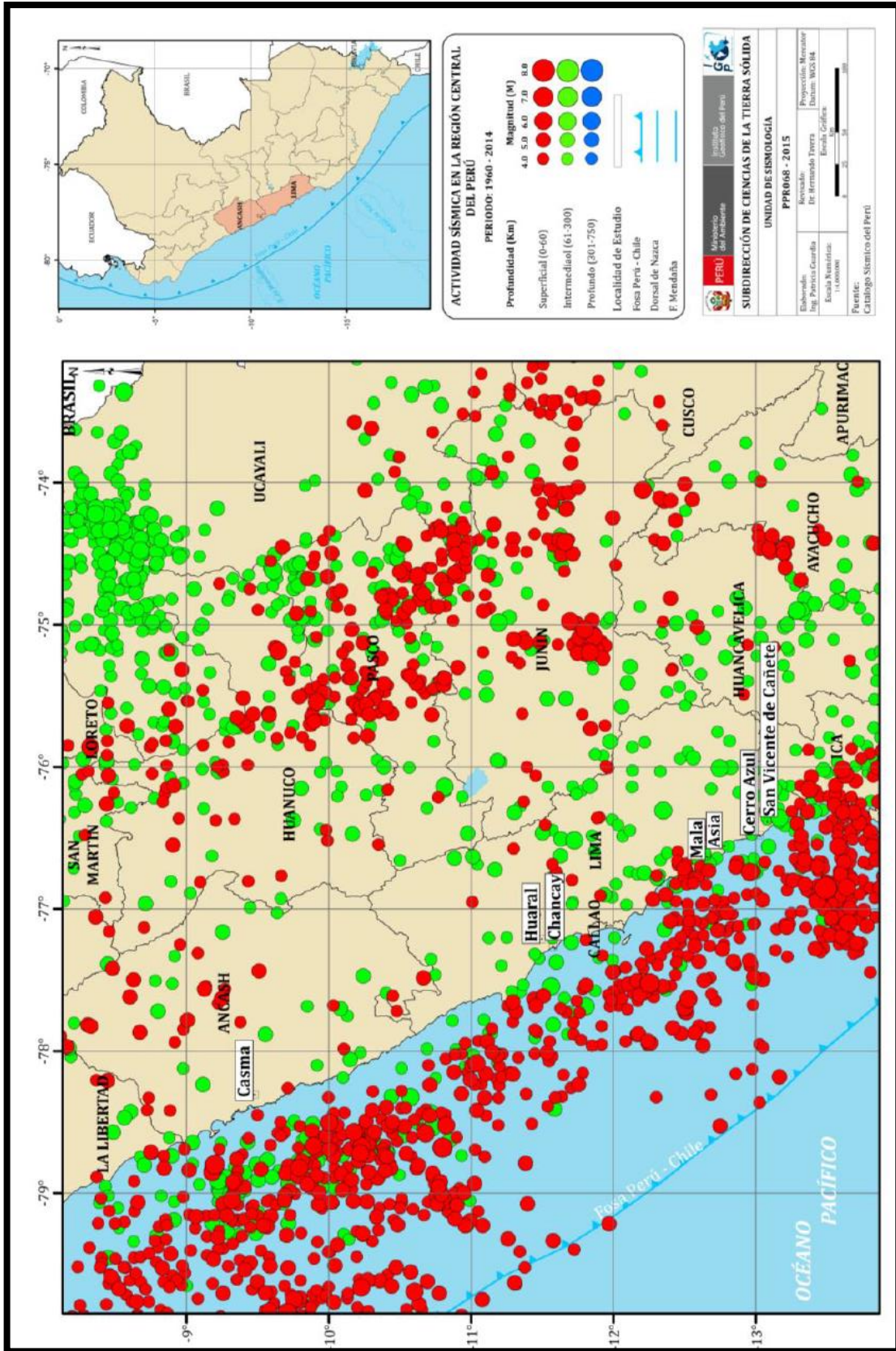
El borde occidental del Perú, se constituye como la principal fuente generadora de sismos y tsunamis, siendo los de mayor magnitud los que han causado grandes niveles de daños y pérdidas de vidas humanas. Dentro de este contexto, el borde occidental de la región central presenta actividad sísmica de tipo superficial (profundidad menor a 60 km) e intermedia (profundidad entre 61 y 350 km), siendo

los primeros de mayor peligro debido a que frecuentemente alcanzan magnitudes elevadas y al tener sus focos cerca de la superficie, producen daños y efectos importantes en las ciudades costeras, y uno de estos departamentos es Ancash.

Según información histórica, los sismos que causaron daño y destrucción en Ancash fueron los siguientes (Silgado, 1978):

- El Terremoto de Lima de 1828 ocurrió el 30 de marzo y devastó Lima, Callao, Chorrillos, Chancay-Huaral y otras poblaciones costeras del centro del Perú, especialmente las situadas al norte de Lima (Norte Chico). El terremoto llegó a generar un tsunami local.
- Las ciudades de Casma, Chancay y Huaral, así como su área circundante sufrió los efectos del tremendo terremoto de 1940 y el subsiguiente tsunami en caso de Chancay.
- El terremoto de 8.2 Mw en la costa central ocurrió frente a Lima y Ancash, el 12 de diciembre de 1908 uno de los más destructivos que dejó 10 muertos y más de 2500 damnificados, se sintió en todo el departamento de Ancash.
- Chancay En 1966, otro terremoto frente a Casma-Chancay-Huaral causó graves daños al llamado Norte Chico, y al área de Lima-Callao. En Chancay produjo 30 muertos y 4.000 damnificados. En la catedral del Callao, durante una ceremonia murieron 24 personas al caer parte de paredes. Un moderado tsunami causó graves daños en el Callao y en Pucusana. En total el sismo cobró 200 vidas, de las cuales 100
- En 1970, conocido como terremoto y aluvión de Ancash de 1970, sacudió todo el departamento de Ancash, siendo el más destructivo por la cantidad de pérdidas de vidas humanas en Ancash, Huánuco, Lima y La Libertad. En las zonas urbanas como Recuay, Chavín de Huántar y San Marcos los daños en viviendas y edificios fueron del 80%, además de daños importantes en las vías con la formación de grietas que impidió el tránsito vehicular. El número de afectados superó la cantidad de 500 mil. Este terremoto dejó muchas lecciones que aprender, pero lamentablemente las zonas urbanas, por ejemplo, sigue creciendo sin tener en cuenta la historia sísmica de la ciudad. La intensidad de sacudimiento fue de VIII (MM),

Figura06. Actividad sísmica en la región centro



Fuente: Instituto Geofísico del Perú - IGP 2017

#### 2.4.6.2 Magnitud Sísmica

Es una medida indirecta de la cantidad total de energía que se libera, por medio del estudio de las ondas sísmicas generadas durante un evento sísmico. Ello puede estimarse a partir de las amplitudes de las ondas sísmicas registradas en los sismógrafos, que son instrumentos muy sensibles, especialmente diseñados para ese fin. Generalmente se colocaban sobre suelo rocoso. Los sismógrafos registran los sismos que ocurren en todo el mundo. Con los registros llamados sismogramas, de varias estaciones, es posible determinar el epicentro, la profundidad focal y calcular la magnitud del sismo. El doctor Charles Richter, desaparecido profesor del instituto Tecnológico de California (CALTECH), desarrollo en 1958 una metodología sencilla, de carácter empírico, para determinar el tamaño de los sismos. Esta metodología fue creada a partir de los registros de sismógrafos estándar, instalados en el estado de California, EEUU.

La escala de magnitud más conocida es precisamente la propuesta por Richter, que se expresa en números arábigos, con aproximaciones hasta los décimos. Por ejemplo, el sismo de Áncash del 31 de mayo de 1970, fue de una magnitud Richter 7,9

La Figura N°07 Mapa Sísmico del Perú muestra los sismos ocurridos para el periodo 1960 y 2017.

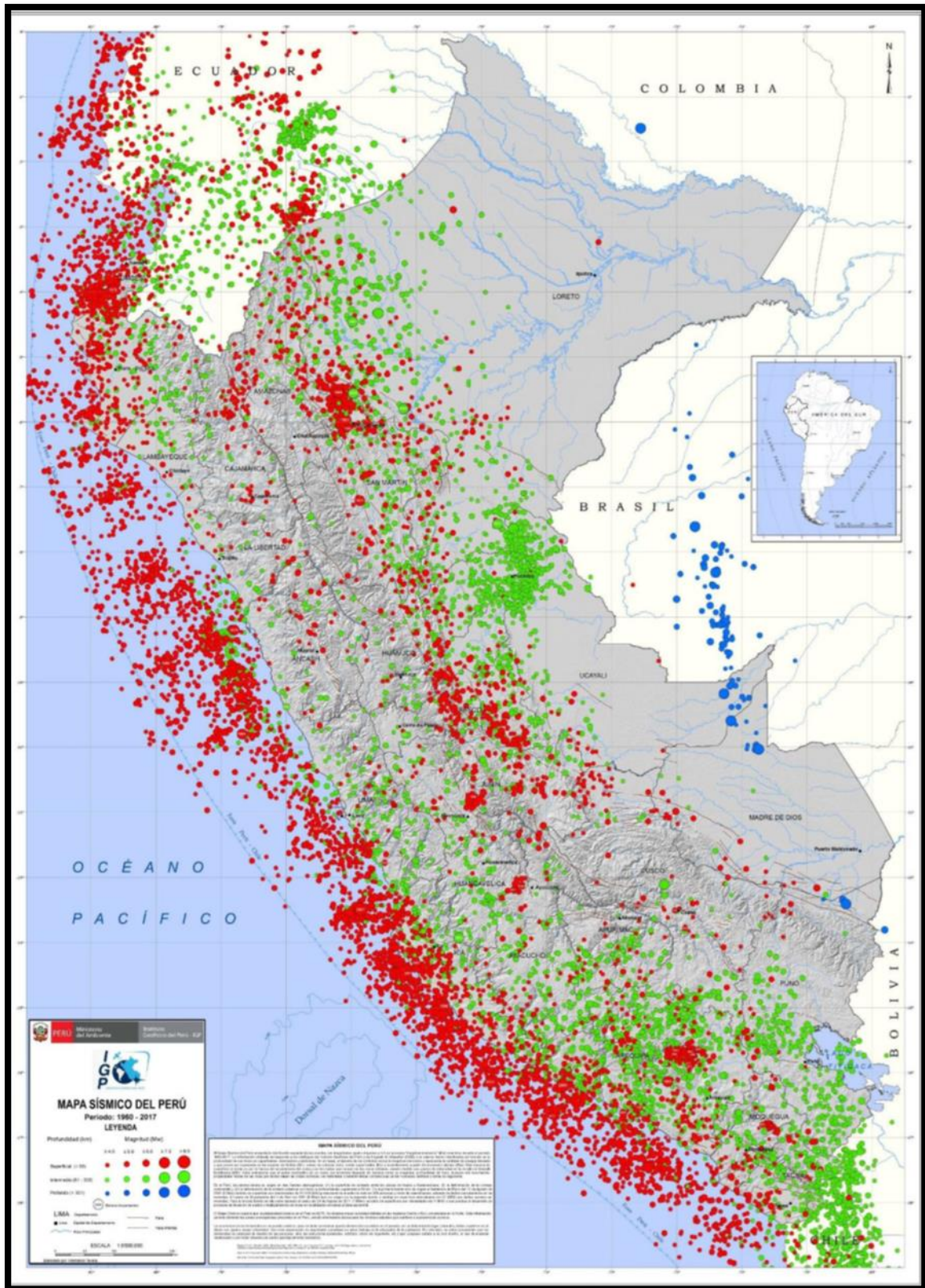
La magnitud de los sismos se diferencia por el tamaño de los círculos y la profundidad de sus focos por el color de los mismos. Los círculos, con número inscrito en su interior, indican la ubicación y año de ocurrencia de los grandes sismos (Tavera 2017).

La Figura N°08 muestra un esquema tectónico para las regiones norte-centro del Perú y que explica la interacción de las principales unidades geodinámicas que participan en la continua deformación del territorio peruano.

La colisión de las placas Nazca y Sudamericana produce el levantamiento de la cordillera y la ocurrencia de sismos de variada magnitud en la superficie de acoplamiento sísmico. En las regiones norte-centro, el escudo brasilero produce el plegamiento de las capas superficiales para formar anticlinales y fallas geológicas (Figura N°10).

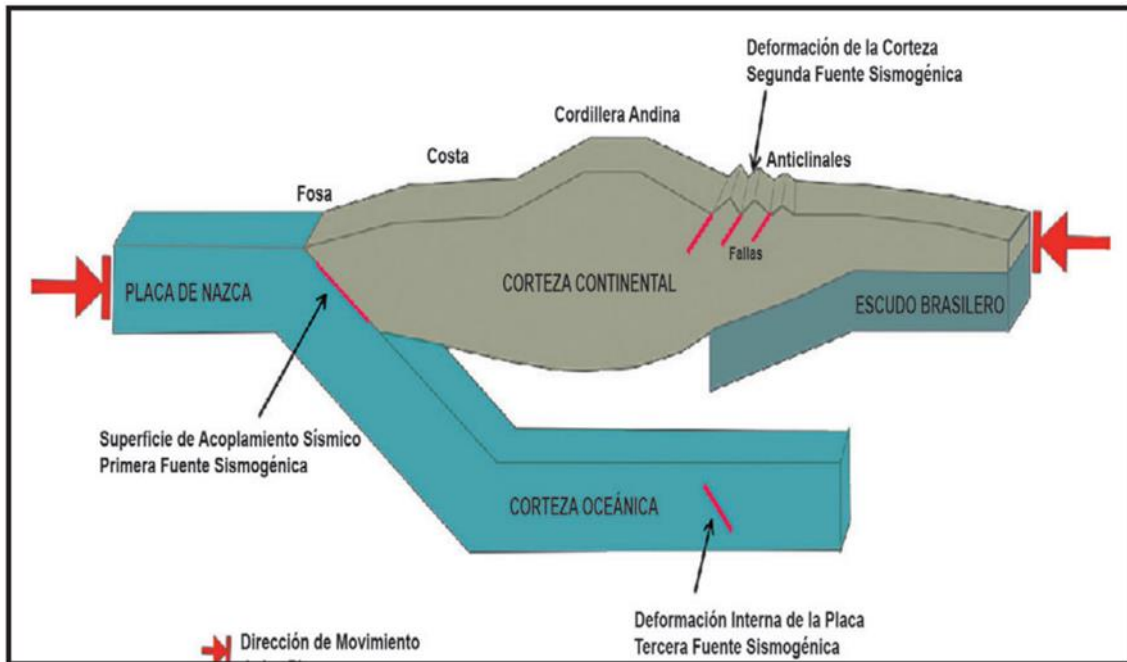
Se ha considerado para el área de estudio de la zona urbana del distrito de Chavín de Huántar un sismo de magnitud 7.9 Mw o mayor según la data histórica.

Figura07. Mapa de Sismo del Perú para el periodo 1960 y 2017



Fuente: Instituto Geofísico del Perú - IGP 2017

Figura08. Esquema que muestra la geometría de la subducción y la ubicación de las principales fuentes sísmicas en el centro del Perú



Fuente: Instituto Geofísico del Perú - IGP 2017

#### 2.4.6.3 Norma E030 diseño sismorresistente

En el Perú, la construcción de obras civiles de cualquier envergadura debe considerar las indicaciones contenidas en el Reglamento Nacional de Construcción o "Norma E.030, Diseño Sismorresistente (2019)". Básicamente, esta norma considera la clasificación de los suelos en función de sus propiedades mecánicas, espesor de estrato, período fundamental de vibración y velocidad de propagación de las ondas de corte. La Norma E.030, establece que los suelos pueden ser clasificados en cuatro tipos:

**Suelos duros (Tipo S1).** Corresponden a suelos o rocas muy rígidos en los cuales la velocidad de propagación de la onda de corte varía entre 500 y 1500 m/s.

**Suelos intermedios (Tipo S2).** Suelos con características intermedias entre las indicadas para los suelos S1 y S3.

**Suelos flexibles o con estratos de gran espesor (Tipo S3).** Corresponden a suelos que presentan velocidades de ondas de corte menor e igual a 180m/s.

**Condiciones excepcionales (Tipo S4).** A este tipo corresponden los suelos excepcionalmente flexibles y los sitios donde las condiciones geológicas y/o topográficas son particularmente desfavorables. En general, para cualquier estudio se deberá considerar el tipo de suelo que mejor describa las condiciones locales de cada zona de interés.

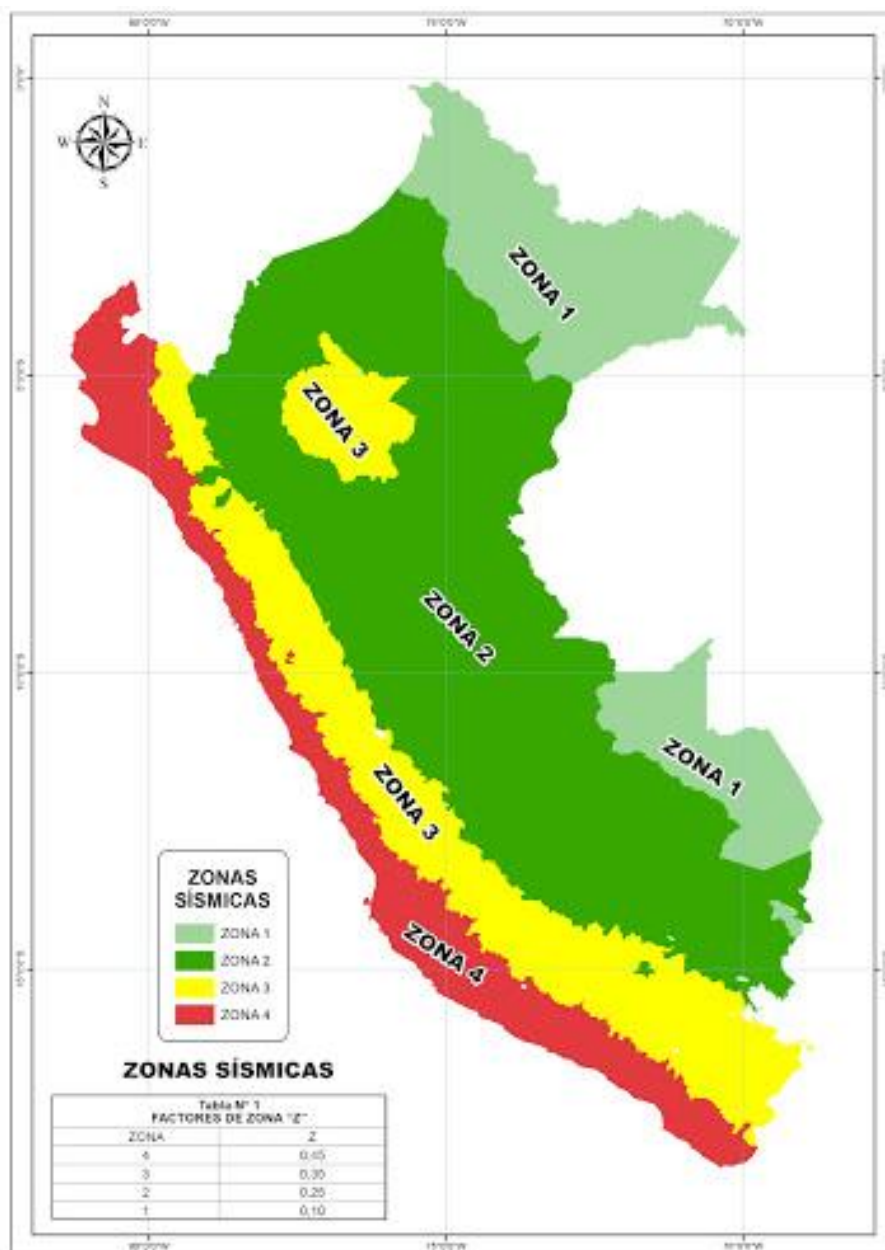
Según el Reglamento Nacional de Edificaciones, el territorio nacional se considera dividido en cuatro zonas. Zonificación que se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y

la atenuación de éstos con la distancia epicentral, así como a la información neotectónica.

#### 2.4.6.4 Zonificación sísmica

Dentro del territorio peruano se han establecido diversas zonas, las cuales presentan diferentes características de acuerdo con la mayor o menor presencia de los sismos. Según el mapa de Zonificación Sísmica del Perú, el área donde se asienta el distrito de Chavín de Huántar, provincia de Huari y departamento de Ancash, está comprendida en la Zona Sísmica correspondiéndole una sismicidad media y un factor de zona  $Z=0.35$  como indica la Figura 09 (factor que se interpreta como la aceleración máxima del terreno con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años).

Figura09. Zonificación sísmica del Perú Norma E030-2019



Fuente: Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID)

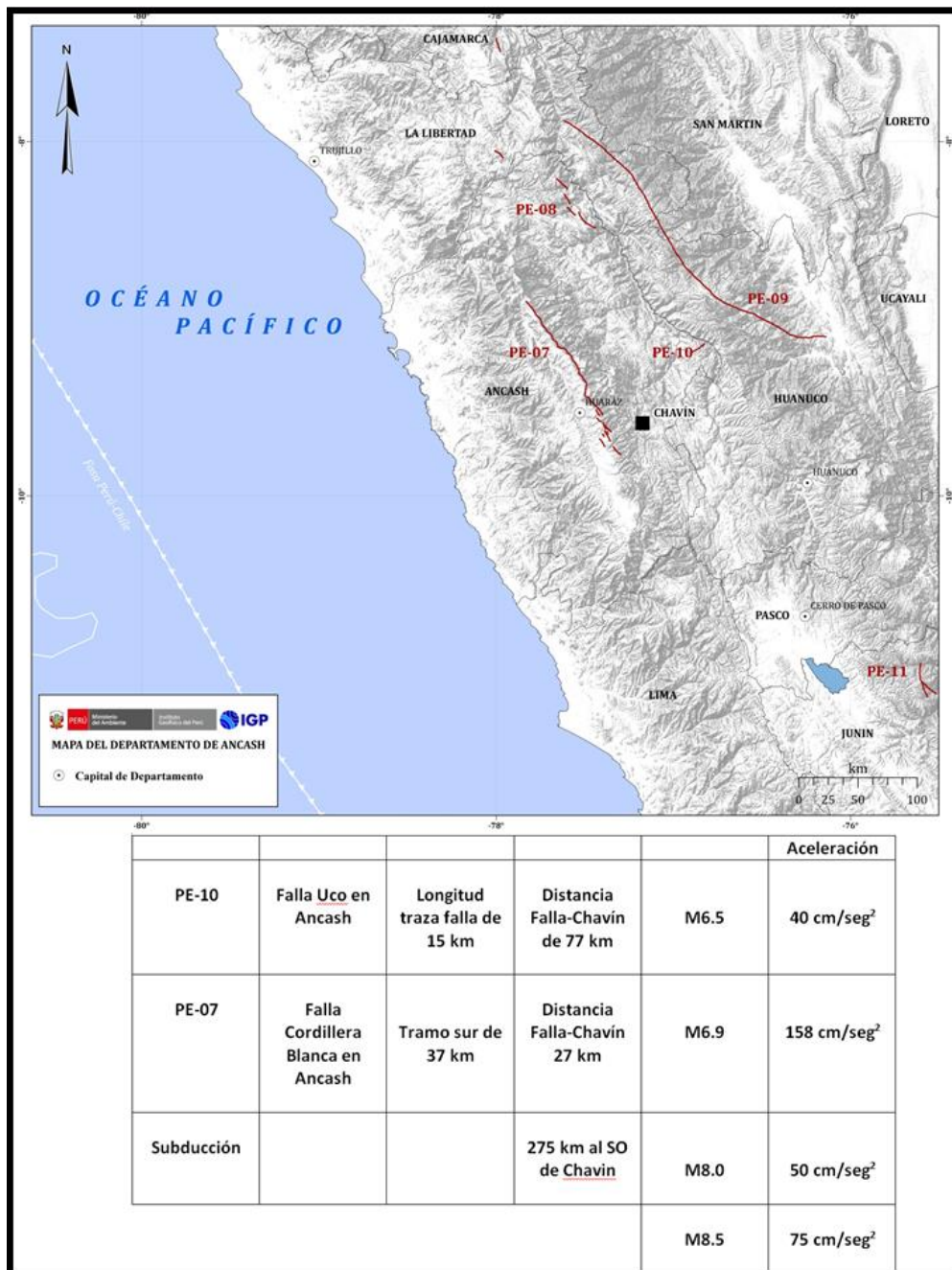


Cuadro 1. Factores de zona Z

Zona	Z
3	0.35

La zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral, así como en la información neotectónica. El Anexo N° 1 de la Norma de Diseño Sismo Resistente (2019), contiene el listado de las provincias y distritos que corresponden a cada zona.

Figura10. Valores de aceleración en el sector Chavín Ancash

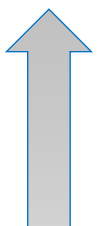


Fuente: Instituto Geofísico del Perú

a) Descriptores del factor desencadenante

“Es importante mencionar que, según reportes locales, este evento empezó a generarse desde el año 1970, a raíz del sismo, donde se produjo agrietamientos con aperturas milimétricas en el terreno, que a través de los años ha ido incrementando, hasta perder su equilibrio.” (INGEMMET) y basados en datos históricos y teniendo como referencia los terremotos más destructivos ocurridos cerca o dentro de la zona del departamento de Ancash se han considerado los siguientes rangos de magnitudes sísmicas:

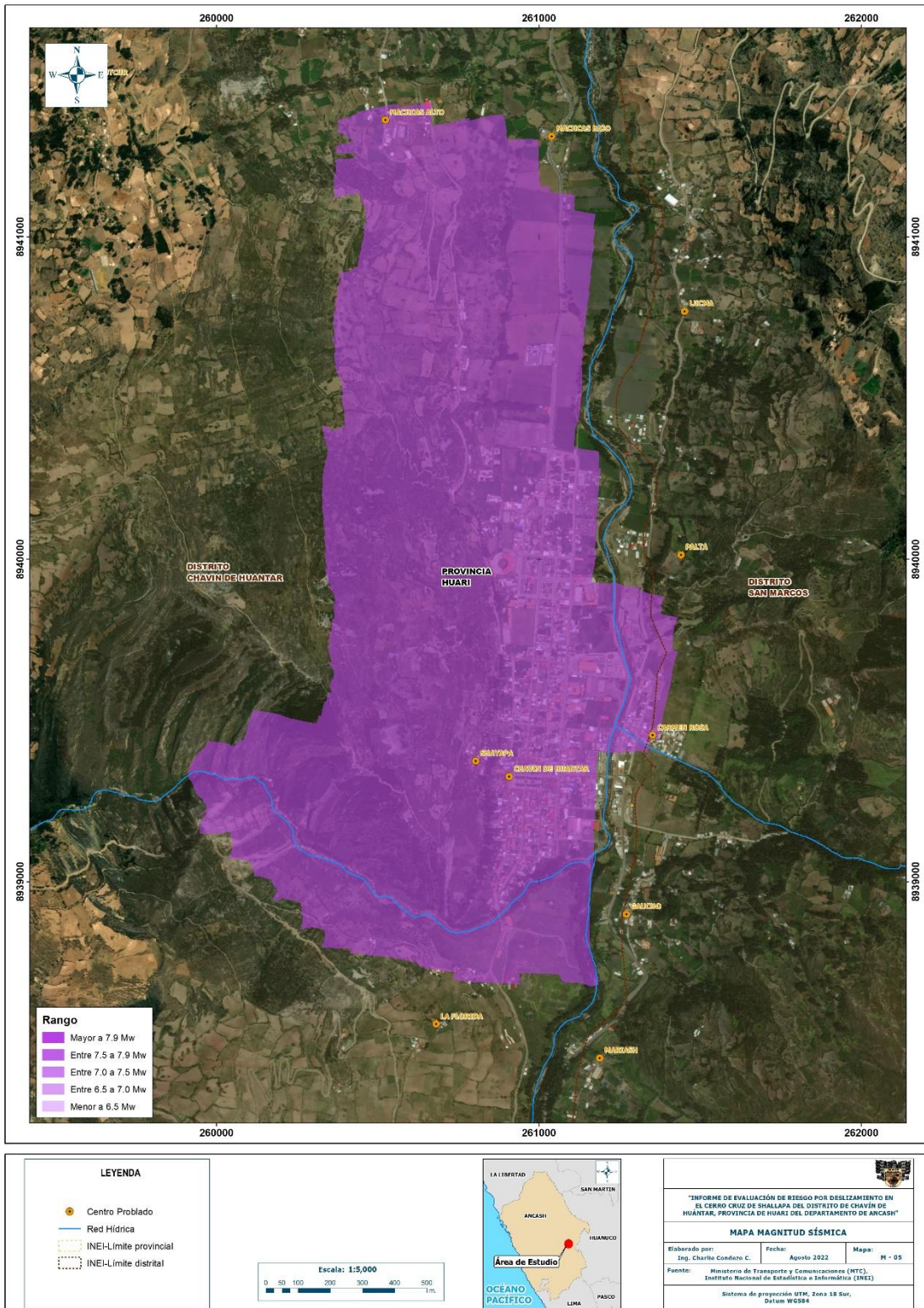
**Cuadro10. Rangos de Magnitudes sísmicas**

Magnitud sísmica	
Mayor a 7.9 Mw	
Entre 7.5 a 7.9 Mw	
Entre 7.0 a 7.4	
Entre 6.5 a 6.9	
Menor a 6.5	

Fuente: elaborado en base a la data del IGP

En el Mapa N°05, se observa que el área donde se encuentra en la zona urbana de distrito de **Chavín de Huántar** puede llegar a sentir una magnitud sísmica mayor o igual a 7.9 Mw. Para una aceleración máxima de 0.32 gals.

Mapa05. Mapa de Magnitud sísmica



Fuente: Elaboración propia

## 2.4.7 Estabilización de Talud

Para el presente estudio fue necesario realizar una caracterización geotécnica detallada de los materiales que componen el Cerro Cruz de Shallapa, con el fin de analizar la estabilidad física que garantice la seguridad del elemento expuesto.

### 2.4.7.1 Evaluación sísmica

Los efectos de un sismo en un talud pueden modelarse empleando aceleraciones horizontales y constantes. Terzaghi, en 1959, fue el primero en aplicar un modelo pseudo-estático para realizar un estudio de estabilidad de taludes durante un evento sísmico. En estos modelos, se representan los efectos del sismo mediante aceleraciones pseudoestáticas, las cuales producen fuerzas de inercia situadas en el centro de gravedad de cada dovela.

Para el área de estudio ya habíamos mencionado que se ubica en la Zona 3, utilizando la metodología e información pertinente disponibles en la literatura. Se utilizó el programa de cómputo RISK desarrollado por R. Mc Guire (1976) con datos de la ley de atenuación de Casaverde y Vargas (1980) para los sismos de subducción y de Mc Guire (1974) para los sismos continentales. Se usó las fuentes sismogénicas y parámetros de recurrencia definidos por Castillo (1993). Se utilizó el área de estudio, dentro de las coordenadas geográficas:  $-77.179616^\circ$  longitud Oeste y  $-9.589147^\circ$  latitud Sur.

#### A. Determinación del peligro sísmico

El peligro sísmico anual se presenta en el eje de abscisas de dichas figuras como la inversa del período de retorno. La selección del movimiento sísmico depende del tipo de obra; para el caso del cerro Cruz de Shallapa, se considera un período de retorno de 475 años para el sismo de diseño que corresponde a estructuras con vida útil de 475 años y un nivel de excedencia del valor de aceleración propuesto de 10%, mostrando que la aceleración máxima pico instrumental esperada para el presente estudio 0.30g y de 0.40g para periodos de retorno mayores a 900 años.

#### B. Aceleración Sísmica

De acuerdo a ello, el valor de la aceleración máxima para área de estudio, para un periodo de retorno de 475 años es:

$$a_{\text{máx}} = 0.32g$$

#### C. Aceleración de Diseño

Sobre este particular, Marcuson (1981) sugirió que, para las aceleraciones básicas de diseño, deben aplicarse coeficientes los cuales se encontrarán en un rango comprendido entre  $1/2$  y  $2/3$  a los valores de la aceleración máxima para el diseño. En consecuencia, en el método pseudoestático para análisis de estabilidad del presente proyecto el valor de las aceleraciones básicas de diseño a emplearse será  $1/2$  de la aceleración máxima:

$$A_{\text{básica de diseño}} = 0.16g. \text{ (Para periodos de retorno de 475 años)}$$

## 2.4.7.2 Evaluación Geotécnica

### A. Excavaciones Manuales

El programa de investigación de campo realizado por el consultor, Consideró la exploración mediante la excavación de una (01) calicata ubicada estratégicamente en el área de emplazamiento del área de estudio. En la calicata se llevó a cabo una detallada descripción de los tipos de suelos siguiendo los procedimientos del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS-ASTM D-2488-00). Asimismo, se tomaron muestras disturbadas de las paredes y fondo de la excavación, las cuales fueron identificadas y debidamente protegidas para su posterior envío al laboratorio de mecánica de suelos. Además, se ha recopilado la información histórica de las calicatas realizadas anteriormente en el área del proyecto. En el siguiente cuadro se describe la ubicación de la calicata realizada.

**Cuadro11. Coordenadas de toma de la muestra**

Muestra	Coordenadas UTM WGS84	
	Este	Norte
R1	260751	8939219

Fuente: Elaboración propia

### B. Ensayo de Laboratorio de Mecánica de Rocas

Los materiales que conforman el basamento rocoso fueron extraídos de campo, realizándose las siguientes pruebas o ensayos de laboratorio: Ensayo de compresión simple (ASTM D2938), Ensayo de corte directo (ASTM D5607-95).

**Cuadro12. Ensayo de compresión simple de rocas**

Muestra	Dimensiones (cm)		Carga aplicada (Kg)	RCU (Kg/cm <sup>2</sup> )	Compresión simple (MPa)
	Diámetro	Longitud			
R1	4.07	8.16	263.2	2064	202.4

Fuente: Laboratorio de mecánica de Rocas UNI

**Cuadro13. Ensayo de corte indirecto (brasileiro)**

Muestra	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Carga (KN)	Resist. a la tracción (kg/cm <sup>2</sup> )	Resist. A la tracción (Mpa)
R1	5.36	2.94	34.5	142	13.9
	5.36	2.91	32.7	136	13.3
	5.36	2.8	33.8	146	14.3
	PROMEDIO			142	13.9

Fuente: Laboratorio de mecánica de Rocas UNI

**Cuadro14. Ensayo de corte directo de rocas**

Muestra	Tipo de Discontinuidad	Esfuerzo Normal (Mpa)	Esfuerzo de Corte (Mpa)	Angulo de fricción (°)	Cohesión (Mpa)
R1	Simulada	1.10	0.70	28.05	0.103
		2.21	1.27		
		3.31	1.86		
		4.42	2.46		
		5.52	3.05		

Fuente: Laboratorio de mecánica de Rocas UNI

### C. Ensayo Geotécnicos

Los materiales que conforman el material del Cerro Cruz de Shallapa fueron extraídos de campo, realizándose las siguientes pruebas o ensayos de laboratorio: Ensayo de caracterización física (ASTM-D2216, D6913), Compactación Proctor modificado (ASTM - D1557 "A") y corte Directo (ASTM-D3080).

**Cuadro15. Ensayo de caracterización física**

Muestra	AASHTO	SUCS
M-1	A-2-4 (O)	SC Arena arcillosa con grava

Fuente: Laboratorio Geotécnico CISMID

**Cuadro16. Comparación Proctor modificado**

Muestra	Humedad O.C.H. (%)	Densidad M.D.S. g/cm <sup>3</sup>
M-1	8.1	2.141

Fuente: Laboratorio Geotécnico CISMID

**Cuadro17. Ensayo de corte directo**

Muestra	Angulo de fricción (°)	Cohesión kg/cm <sup>2</sup>
M-1	32.4	0.3

Fuente: Laboratorio Geotécnico CISMID

### 2.4.7.3 Análisis de Estabilidad física

#### A. Materiales – unidades Geotécnicas

El objetivo principal del capítulo es presentar las características geotécnicas del material con el que se ha conformado cerro Cruz de Shallapa. Los ensayos han sido ejecutados en laboratorios geotécnicos certificados.

Los materiales ensayados corresponden a muestras obtenidas de la conformación del cerro Cruz de Shallapa.

El modelo geotécnico del cerro Cruz de Shallapa considera las siguientes unidades geotécnicas:

Unidad 01: Suelo In Situ (Arena arcillosa con grava).

Unidad 02: Basamento rocoso

Unidad 03: Material Coluvial

## B. Modelo Constructivo Mohr Coulomb

- **Ángulo de Fricción**

El ángulo de fricción es uno de los parámetros más comunes en la mecánica de suelos y es utilizado para diferentes procedimientos de diseño de fundaciones y otras estructuras geotécnicas. Este parámetro hace referencia a la medida de la resistencia cortante debida a la fricción mecánica directa entre las partículas del suelo. El ensayo triaxial y el corte directo son los más adecuados para evaluarlo.

- **Factor de Cohesión**

La resistencia por cohesión es definida como la medida de las fuerzas que cementan las partículas del suelo. La cohesión del suelo puede estar establecida a partir de variados procedimientos; teniendo como referencia los ensayos triaxiales y/o corte directo ejecutados se puede determinar la cohesión.

- **Modelo de Young**

El módulo de rigidez o módulo de Young debido el comportamiento no lineal del suelo, no es conveniente usar el módulo de rigidez tangente a la parte inicial de la curva esfuerzo - deformación (zona elástica) sino que se recomienda usar el módulo de rigidez correspondiente a la pendiente de la recta entre el origen y el punto correspondiente al 50% de la resistencia máxima.

- **Basamento Rocoso**

Llamado bed-rock, base de formación terciaria, roca sedimentaria de grano fino: Filita, con alta presencia de alteración y descomposición en zonas de afloramiento o cercanas a superficie.

## C. Condiciones de análisis

El análisis de estabilidad de taludes implica determinar el esfuerzo cortante desarrollado a lo largo de la superficie más probable de falla con la resistencia cortante del suelo, determinándose un factor de seguridad que se define como:

$$FS. = \frac{t_f}{t_d}$$

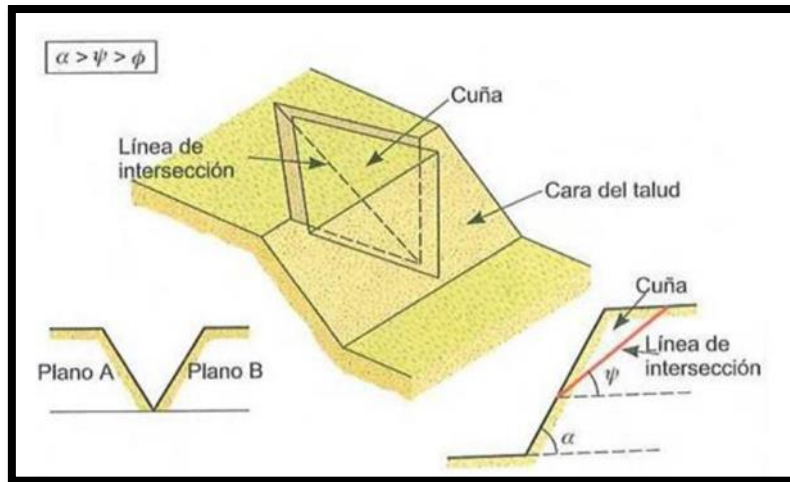
Donde:

FS: Factor de seguridad.

tf: Resistencia cortante (promedio) del suelo.

td: Esfuerzo cortante promedio desarrollado a lo largo de la superficie potencial de falla.

Figura11. Deslizamiento de bloque en cuña



#### D. Metodología de análisis

Para los análisis de estabilidad de taludes, se utilizó el programa de cómputo Slide (Rocscience), versión 6.2. Este es un programa de análisis de estabilidad de taludes completamente integrado, que permite: (1) desarrollar la geometría del talud interactivamente y (2) definir los tipos y propiedades de los materiales de manera muy amigable con el usuario.

El análisis para calcular el factor de seguridad se lleva a cabo de manera bidimensional usando el concepto de equilibrio límite. El programa tiene la opción de utilizar diferentes métodos de análisis de estabilidad de manera simultánea; sin embargo, para el presente informe se ha utilizado el Método de Bishop simplificado, el cual es considerado como método adecuado en el análisis de estabilidad para taludes pequeños.

El método de Bishop simplificado emplea dovelas para el cálculo de superficies de falla. La superficie de falla crítica es definida como aquella que proporciona el menor factor de seguridad, y fue encontrada en forma interactiva modificando las condiciones de búsqueda de esta, evaluándose superficies de falla circulares y del tipo bloque.

Como hipótesis del análisis se considera que las propiedades de los materiales que conforman las diferentes estructuras analizadas son homogéneas e isotrópicas y que el colapso se produciría como resultado de fallas simultáneas a lo largo de la superficie de deslizamiento. Cada material tiene sus propiedades y características físicas y mecánicas.

Para el análisis pseudoestático se considera que la masa involucrada en la falla está sometida a una aceleración horizontal igual a un coeficiente sísmico multiplicado por la aceleración de la gravedad, esto con el objetivo de tomar en cuenta el efecto de las fuerzas inerciales producidas por el terremoto de diseño.

#### E. Criterios de evaluación

En el siguiente cuadro, se presenta los valores de los factores de seguridad mínimos de acuerdo con el criterio del Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos (USACE) y del Ministerio de Energía y Minas del Perú (MEM).



**Cuadro18. Valores de factor de seguridad mínimos admisibles**

Factor de seguridad	USACE	MEM
Estático	1.5	1.5
Seudoestático	1.2	1.25

Fuente: Elaboración propia

Se debe indicar que un factor de seguridad pseudoestático mayor a 1.2 no significa que la masa a deslizar no se moverá durante un sismo. Lo que probablemente ocurrirá es que los desplazamientos serán mínimos y no se producirán derrumbe alguno en el cerro.

- **Aceleración del diseño**

Para la condición pseudoestático se consideró un coeficiente sísmico de 0.16 resultado del estudio de riesgo sísmico, equivalente a un sismo con período de retorno de 575 años.

- **Características de análisis**

- El escenario de análisis se ha considerado para condiciones estáticas y pseudoestáticas.
- La sección ha sido analizada buscando obtener fallas cuña.

- **Materiales**

Las propiedades de los materiales que intervendrán en el modelo geotécnico son los siguientes.

**Cuadro19. Ensayo de caracterización física**

Muestra	Cohesión KN/m <sup>2</sup>	Angulo de fricción (°)	Densidad (kN/m <sup>3</sup> )
Arenisca arcillosa con grava	29.42	32.4	20.99
Basamento Rocoso	103	28.05	25.6
Deposito coluvial	2.3	32	18.6

Fuente: elaboración propia

En todas las unidades geotécnicas se utilizó el modelo de Mohr Coulomb (M-C) para realizar los análisis de estabilidad.

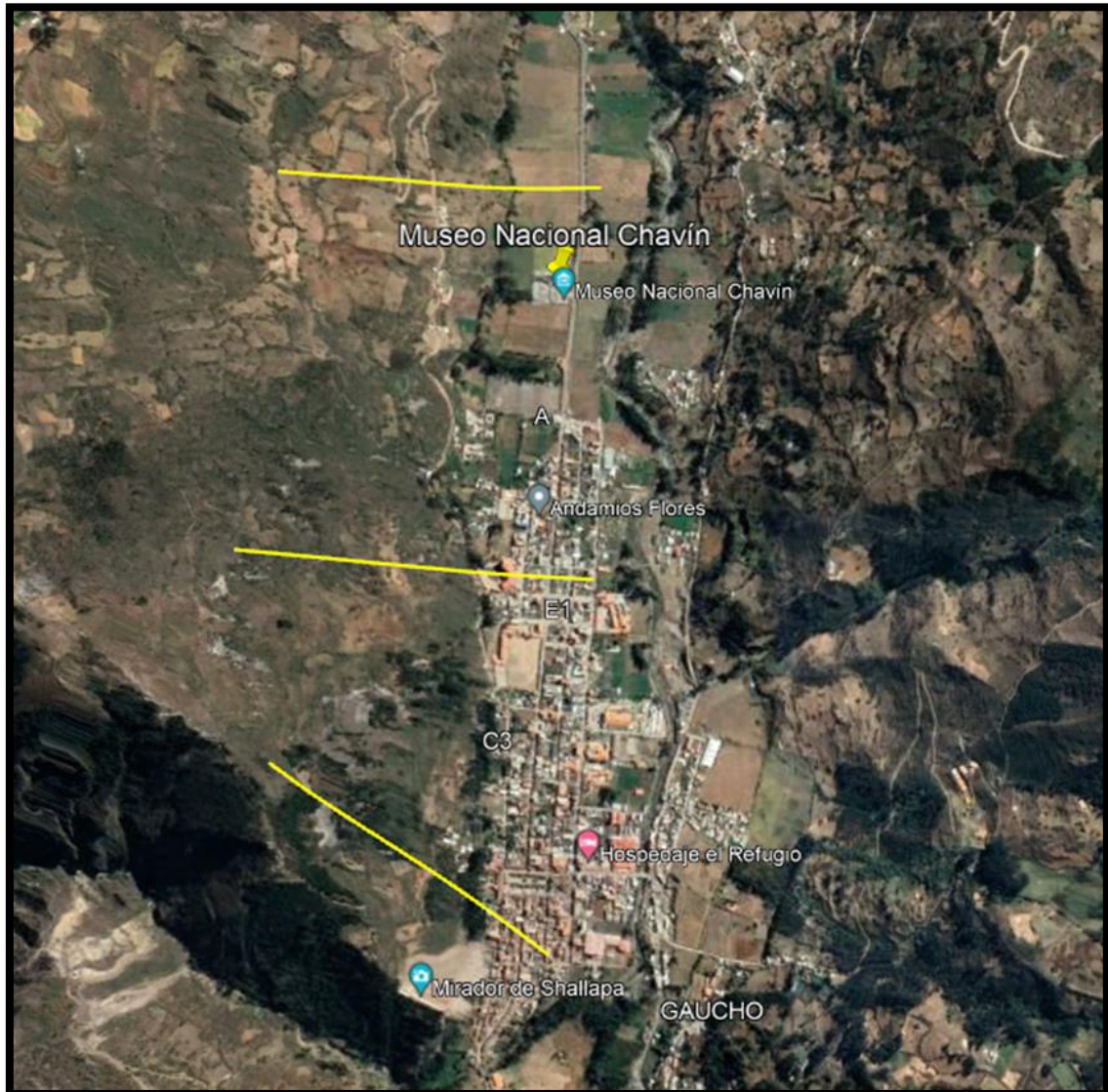
En el siguiente cuadro se presenta un resumen de los factores de seguridad obtenidos en los análisis de estabilidad física. Los detalles de los análisis se presentan en el *Anexo – Reporte de análisis de estabilidad física*.

**Cuadro20. Ensayo de caracterización física**

Ítem	Análisis	Factor de seguridad
Sección 01	Estático	1.088
	Seudoestático	0.625
Sección 02	Estático	1.113
	Seudoestático	0.703
Sección 03	Estático	1.399
	Seudoestático	0.810

Fuente: Elaboración propia

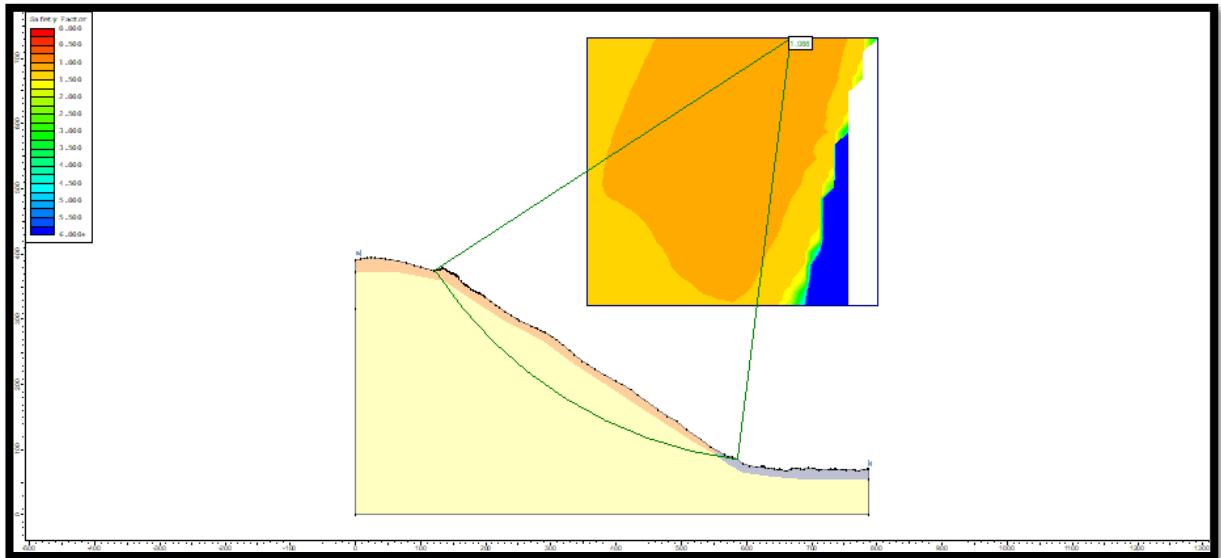
Figura12. Deslizamiento de bloque en cuña secciones analizadas



Fuente: Google Earth

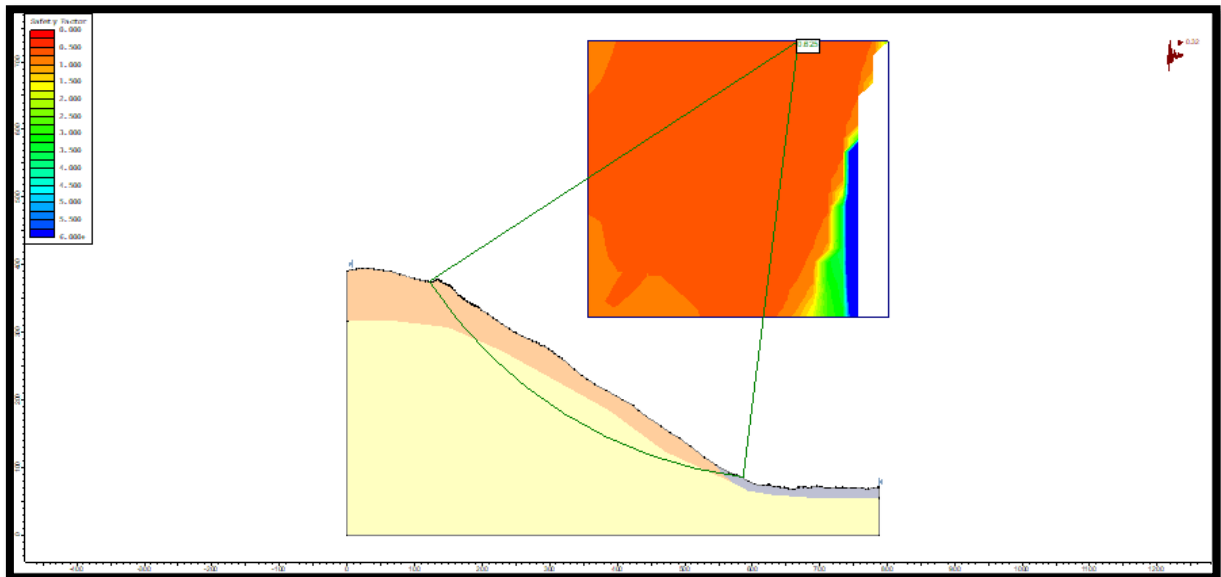
- Resultado de análisis de estabilidad

Figura13. Análisis de estabilidad estática sección 1



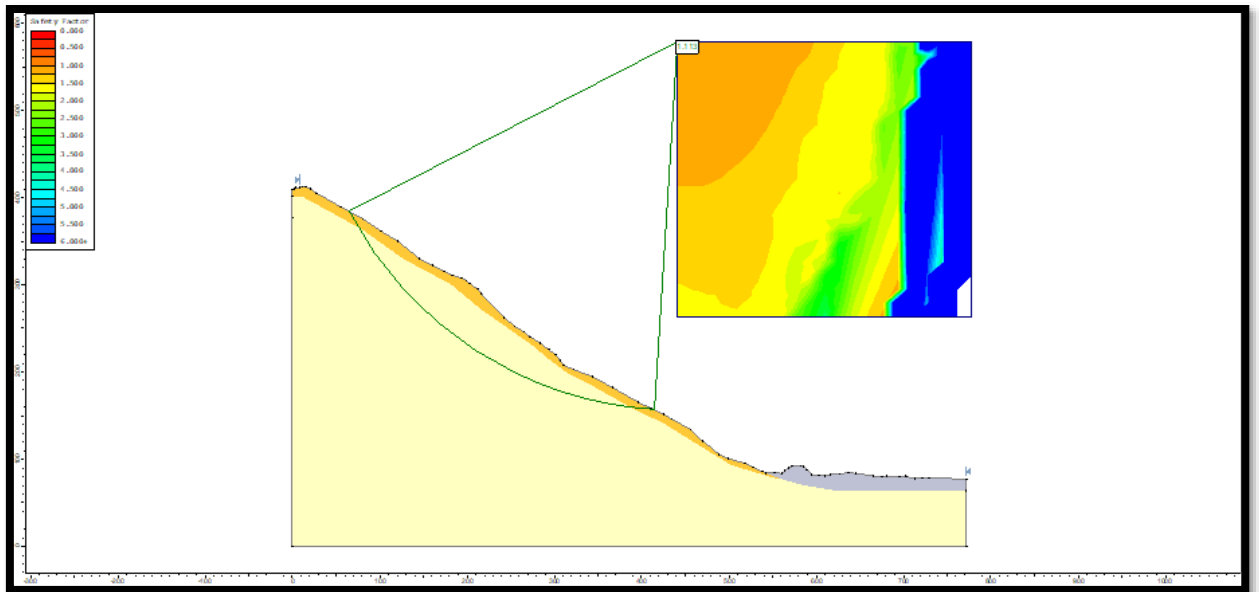
Fuente: Elaboración propia

Figura14. Análisis de estabilidad pseudoestática sección 1



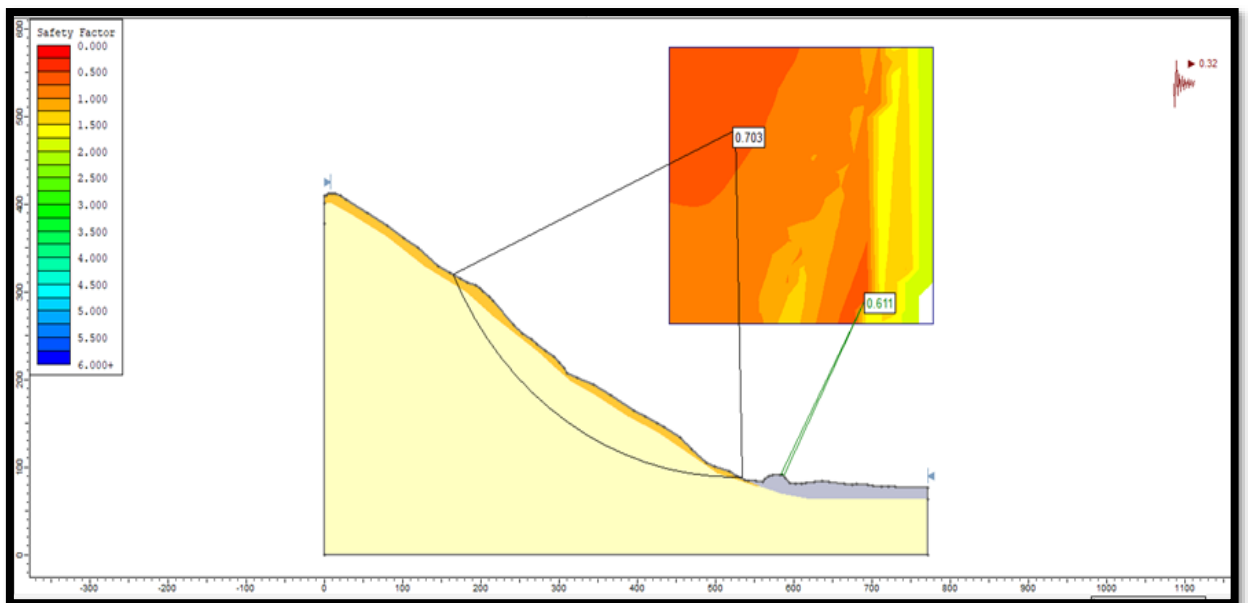
Fuente: Elaboración propia

Figura15. Análisis de estabilidad estática sección 2



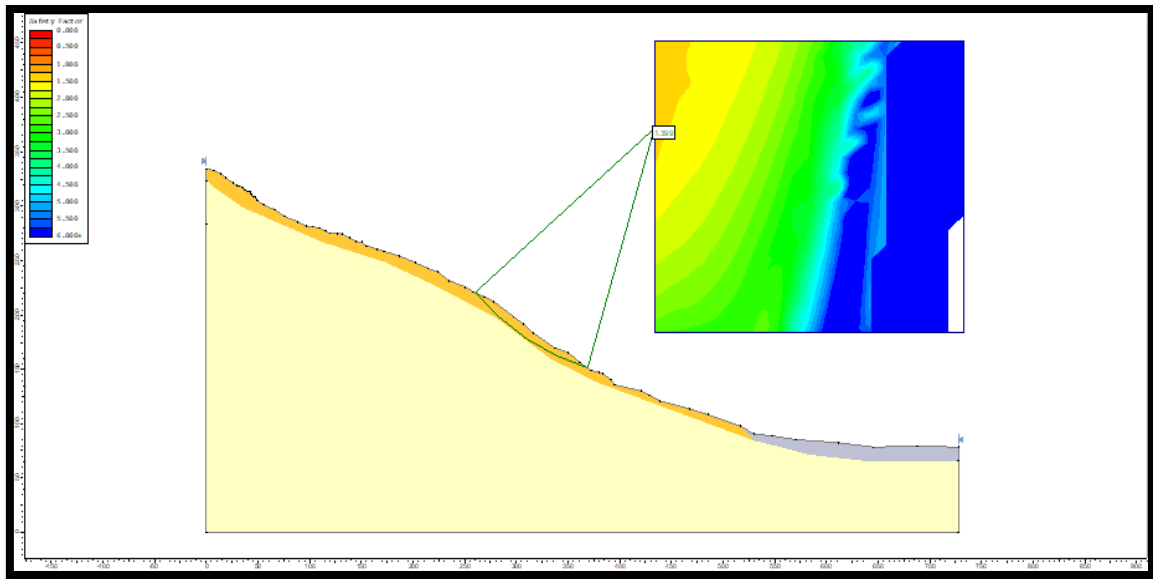
Fuente: Elaboración propia

Figura16. Análisis de estabilidad pseudoestática sección 2



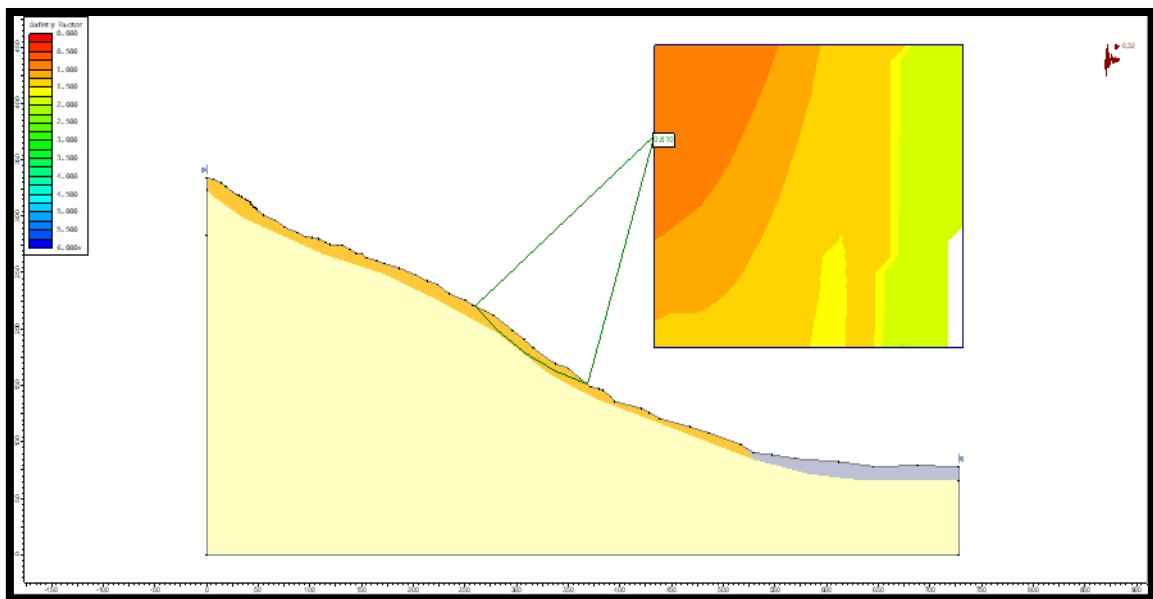
Fuente: Elaboración propia

Figura17. Análisis de estabilidad estática sección 3



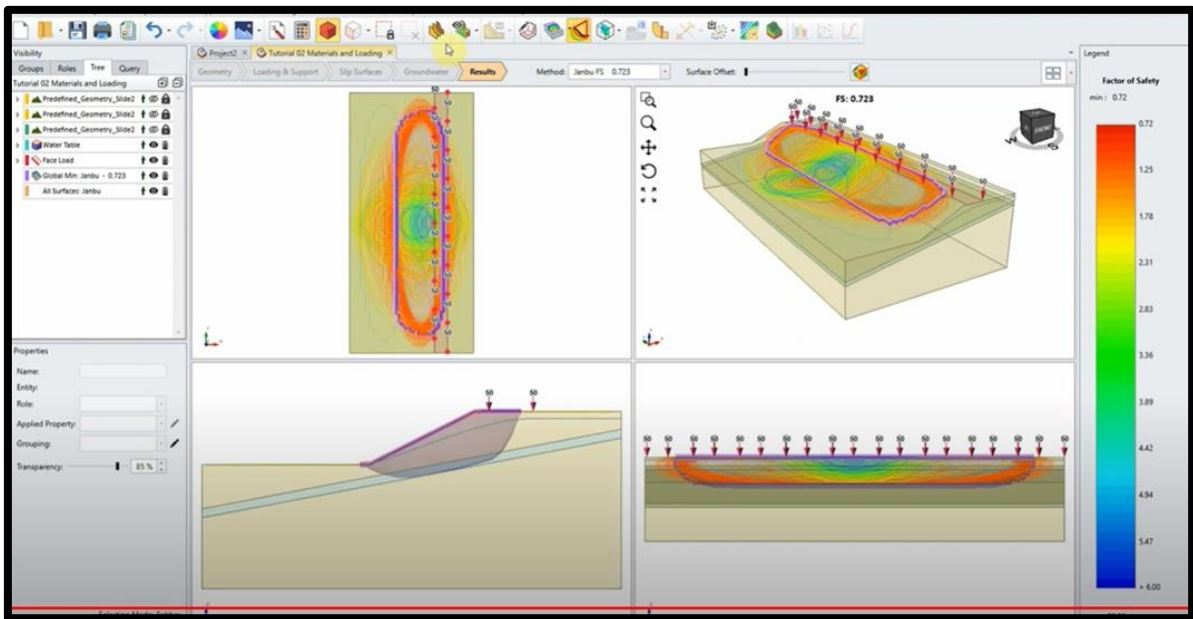
Fuente: Elaboración propia

Figura18. Análisis de estabilidad pseudoestática sección 3

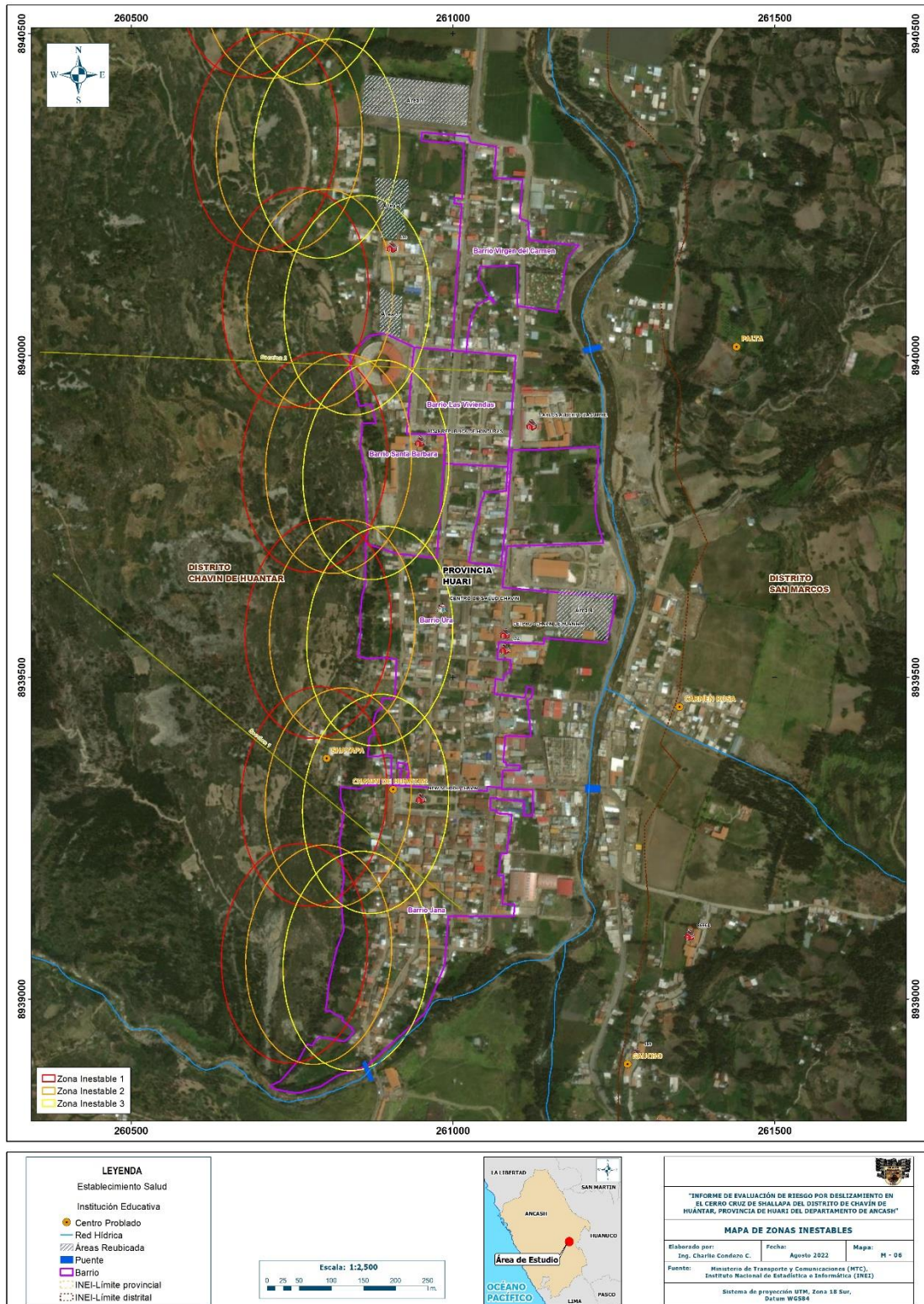


Fuente: Elaboración propia

Figura19. Simulación de deslizamiento con el software SCOOPS 3D



Mapa06. Mapa de zonas inestables a deslizarse



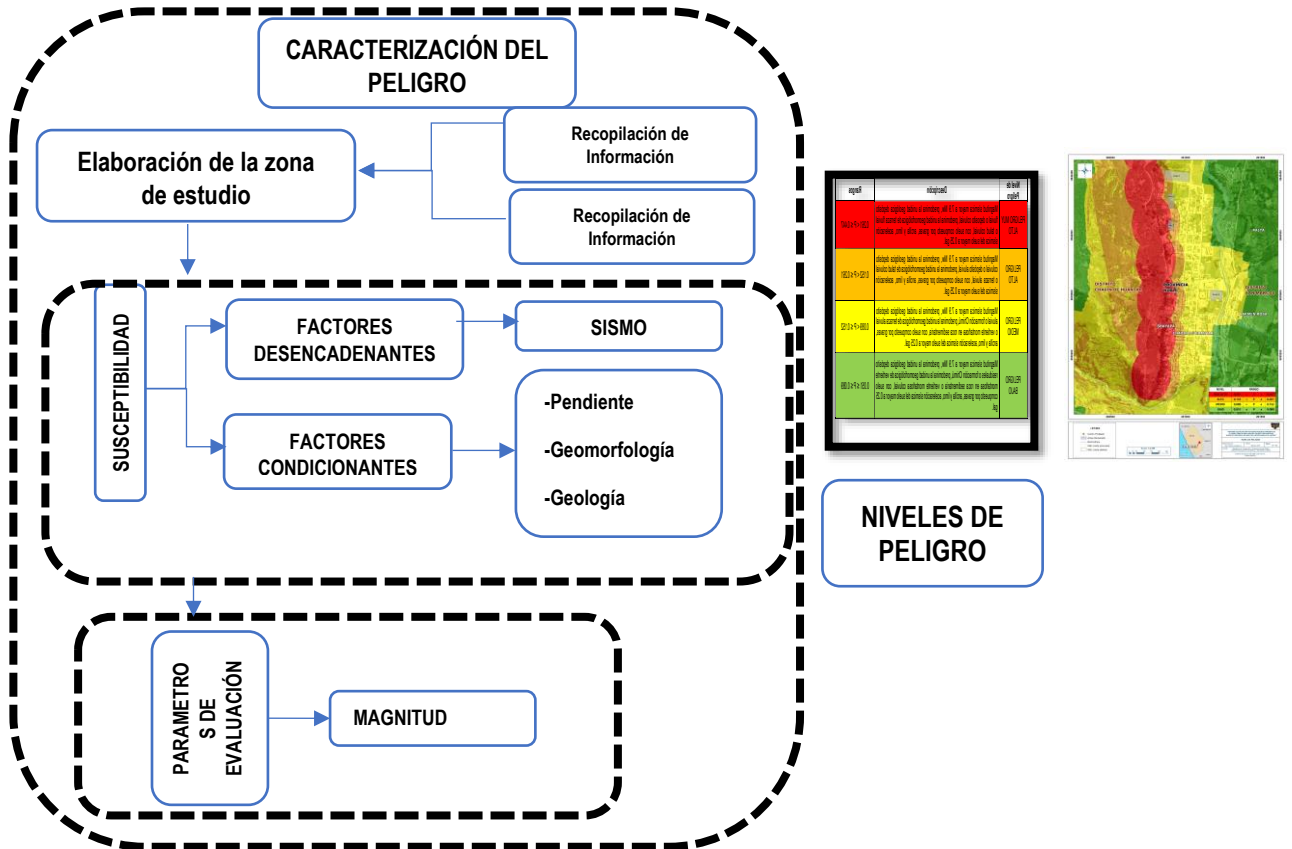
Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO III: DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE PELIGROSIDAD

### 3.1 Metodología para la determinación de la peligrosidad

Para determinar los niveles de peligrosidad, se tomó en cuenta los procedimientos establecidos en el manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales — 2da versión, realizándose los siguientes pasos:

Gráfico06. Metodología general para determinar el nivel de peligrosidad



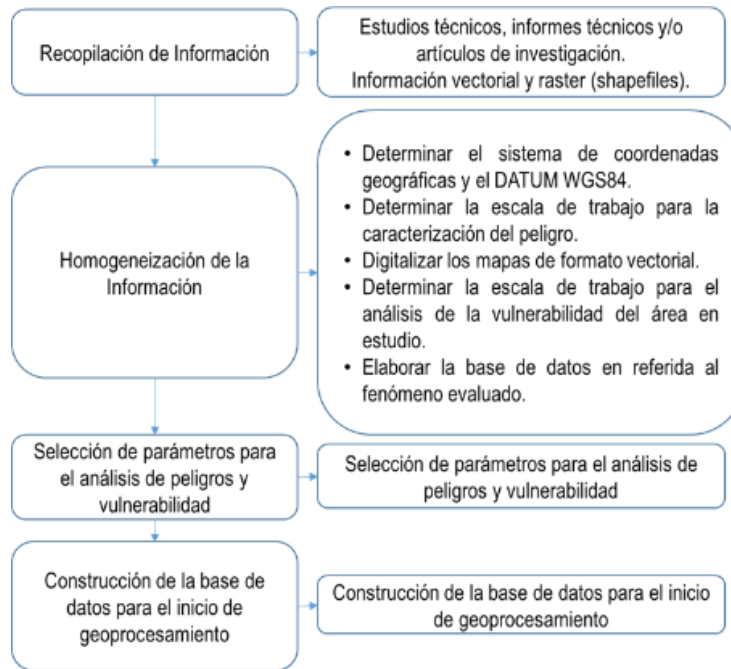
Fuente: Elaboración propia

### 2.5 Recopilación y análisis de la información

Se ha realizado la recopilación de información disponible: Estudios publicados por entidades técnico científicas competentes (INGEMMET, INEI, IGP, Municipalidad distrital de Chavín de Huántar), se ha consultado también el estudio de diamantina realizado por solicitud de la municipalidad, información histórica, estudio de peligros, cartografía, geología y geomorfología del distrito de Chavín de Huántar, para el fenómeno por deslizamiento del Cerro Cruz de Shallapa mayor a 7.9 Mw



**Gráfico07. Flujograma general del proceso de análisis de información**

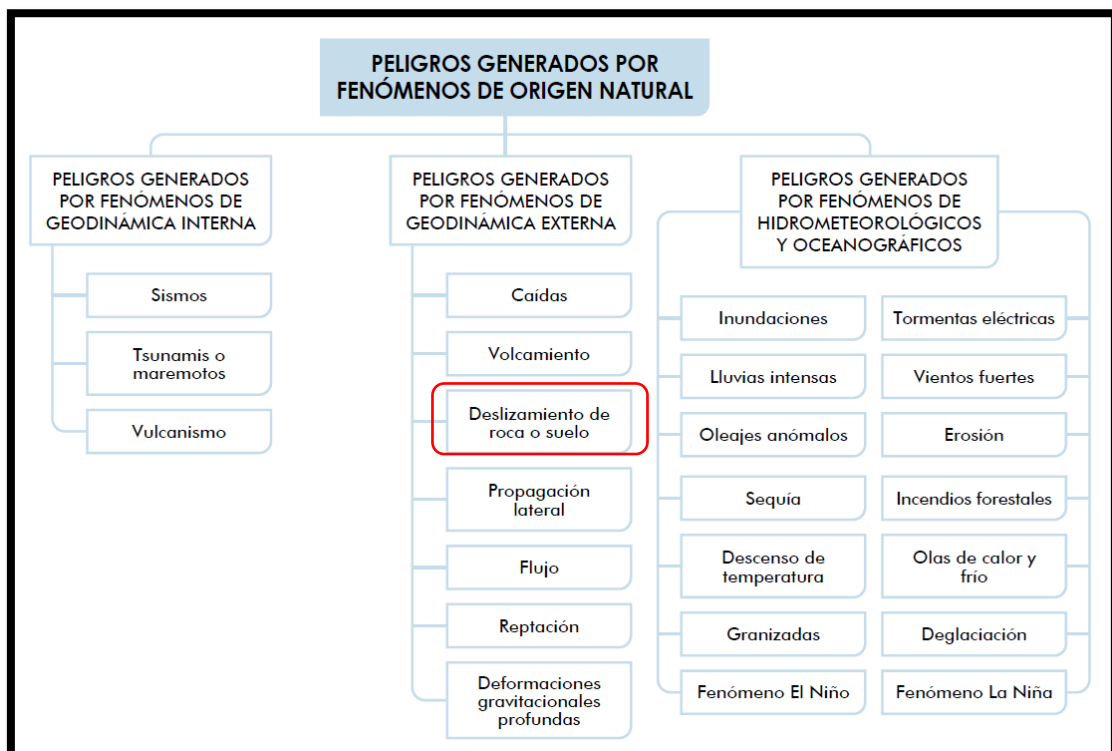


Fuente: Elaboración propia

## 2.6 Identificación del peligro

En base a la información recopilada en la etapa de gabinete inicial y durante los trabajos de campo se ha identificado que el peligro de origen natural que afecta el área de estudio: Deslizamientos.

**Gráfico08. Identificación de Peligros en el Sector de la zona urbana de Chavín de Huántar**



Fuente: Elaboración propia

## 2.7 Caracterización del peligro

La ocurrencia de un sismo de magnitud igual o mayor a 7.9 Mw en el departamento de Ancash sería uno de tantos ya ocurrido como el de 1942 y el de 1970. Analizando el área de estudio correspondiente a la zona urbana de Chavín de Huántar, que cuenta con una pendiente abrupta, con la clasificación de suelo: Arenas arcillosas y mezclas de arena y arcilla mal graduadas, con una geología de depósito aluvial y formación Oyón en gran parte de la zona de impacto; una aceleración sísmica del suelo de 158 cm/seg<sup>2</sup> que es igual 0.161 g, correspondiente a información del Instituto Geofísico del Perú, nos advierte sobre una ladera poco estable con antecedentes por derrumbe.

## 2.8 Ponderación del parámetro de evaluación del peligro

Se ha determinado que el Factor de seguridad del talud del cerro Cruz de Shallapa es menor a lo recomendado, por lo tanto, ahora se calcula la velocidad de la masa a deslizarse teniendo en cuenta los siguientes descriptores:

Extremadamente rápido	: su velocidad es 5 m/s
Muy rápido	: su velocidad es 0.05 m/s
Rápido	: su velocidad es 0.0033 m/s
Moderado	: su velocidad es 3.009 x 10-4 m/s
Lento	: su velocidad es 5.144 x 10-8 m/año

**Cuadro21. Velocidad de desplazamiento**

Velocidad de desplazamiento	Extremadamente rápido	Muy rápido	Rápido	Moderado	Lento
Extremadamente rápido	1.00	2.00	3.00	5.00	7.00
Muy rápido	0.50	1.00	2.00	3.00	5.00
Rápido	0.33	0.50	1.00	2.00	3.00
Moderado	0.20	0.33	0.50	1.00	2.00
Lento	0.14	0.20	0.33	0.50	1.00
<b>SUMA</b>	2.18	4.03	6.83	11.50	18.00
<b>1/SUMA</b>	0.46	0.25	0.15	0.09	0.06

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro22. Matriz de normalización**

Velocidad de desplazamiento	Extremadamente rápido	Muy rápido	Rápido	Moderado	Lento	Vector Priorización
Extremadamente rápido	0.460	0.496	0.439	0.435	0.389	0.444
Muy rápido	0.230	0.248	0.293	0.261	0.278	0.262
Rápido	0.153	0.124	0.146	0.174	0.167	0.153
Moderado	0.092	0.083	0.073	0.087	0.111	0.089
Lento	0.066	0.050	0.049	0.043	0.056	0.053

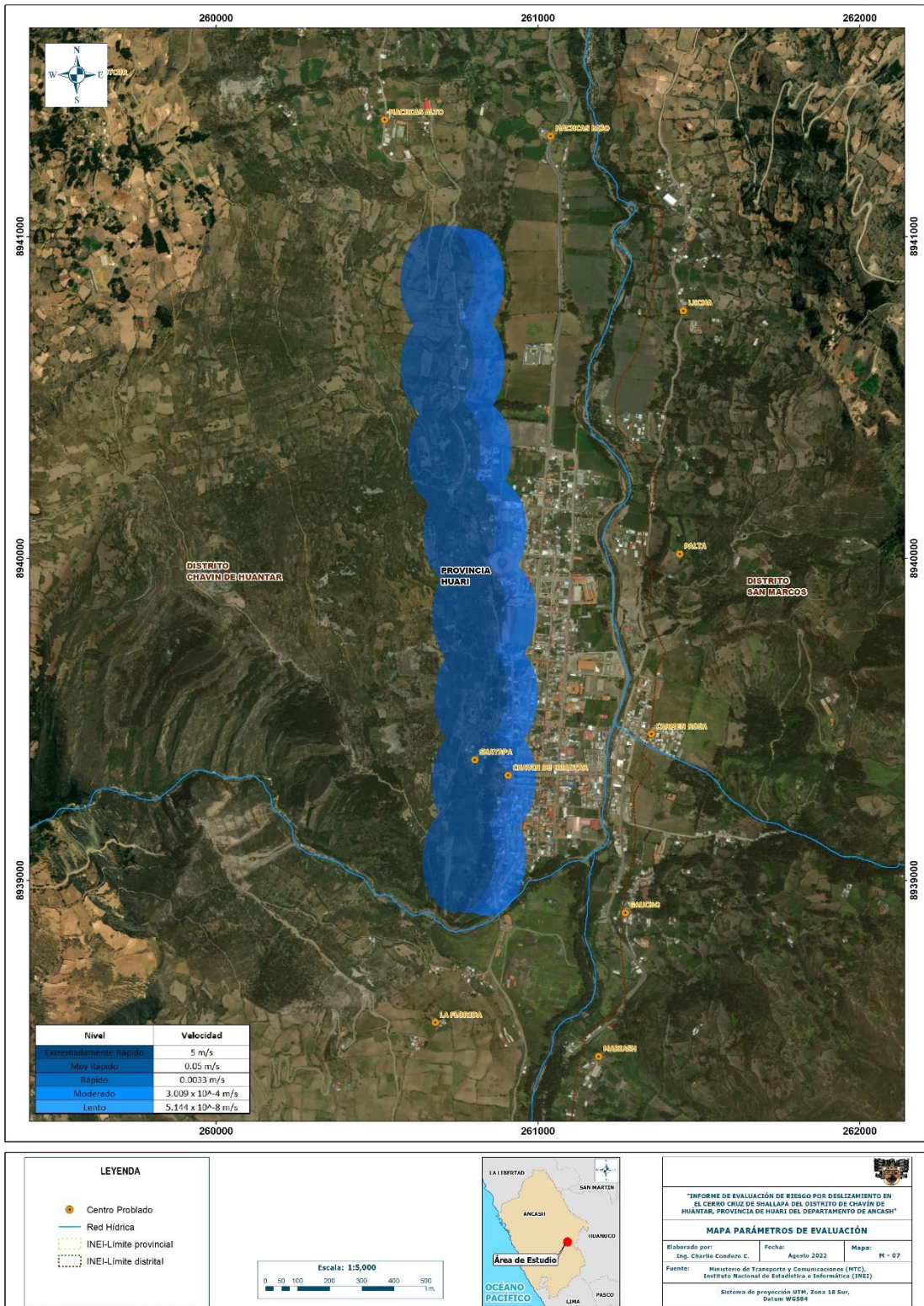
Fuente: Elaboración propia

**Cuadro23. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC)**

IC	0.007
RC	0.006

Fuente: Elaboración propia

Mapa07.Mapa de Velocidad de desplazamiento del deslizamiento



Fuente: Elaboración propia

## 2.9 Susceptibilidad del territorio

Para la evaluación de la susceptibilidad del área de estudio por deslizamiento del Sector de la zona urbana del distrito de Chavín de Huántar, se consideraron los factores condicionantes y el factor desencadenante:

**Cuadro24. Parámetros para considerar en la evaluación de la susceptibilidad**

Factor Desencadenante	Factores Condicionantes
Magnitud sísmica	Pendiente
	Unidades geomorfológicas
	Unidades geológicas

Fuente: Elaboración propia

La metodología a utilizar tanto para la evaluación del peligro, como para el análisis de la vulnerabilidad es el procedimiento de Análisis Jerárquico mencionado en el Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales, 2da versión. (CENEPRED, 2014).

### 2.9.1 Análisis del factor desencadenante

Para la obtención de los pesos ponderados del parámetro del factor desencadenante, se utilizó el proceso de análisis jerárquico.

El análisis se inicia comparando la fila con respecto a la columna (fila/columna). La diagonal de la matriz siempre será la unidad por ser una comparación entre el mismo parámetro. Se introducen valores en las celdas con texto en rojo (de acuerdo a la escala numérica de propuesta por Saaty, según priorización de descriptores o parámetros en función al tipo de peligro a evaluar) y automáticamente se muestran los valores inversos de las celdas de texto en azul (debido a que el análisis es inverso). Los resultados obtenidos son los siguientes:

#### a) Parámetro: Magnitud sísmica

**Cuadro25. Matriz de comparación de pares del parámetro magnitud sísmica**

Magnitud Sísmica	Mayor a 7.9 Mw	Entre 7.5 a 7.9 Mw	Entre 7.0 a 7.4 Mw	Entre 6.5 a 6.9 Mw	Menor a 6.5 Mw
Mayor a 7.9 Mw	1.00	3.00	4.00	5.00	7.00
Entre 7.5 a 7.9 Mw	0.33	1.00	3.00	4.00	5.00
Entre 7.0 a 7.4 Mw	0.25	0.33	1.00	3.00	4.00
Entre 6.5 a 6.9 Mw	0.20	0.25	0.33	1.00	3.00
Menor a 6.5 Mw	0.14	0.20	0.25	0.33	1.00
SUMA	1.93	4.78	8.58	13.33	20.00
1/SUMA	0.52	0.21	0.12	0.08	0.05

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro26. Matriz de normalización del parámetro magnitud sísmica**

Magnitud Sísmica	Mayor a 7.9Mw	Entre 7.5 a 7.9 Mw	Entre 7.0 a 7.4 Mw	Entre 6.5 a 6.9 Mw	Menor a 6.5 Mw	Vector Priorización
Mayor a 7.9 Mw	0.519	0.627	0.466	.375	0.350	0.467
Entre 7.5 a 7.9 Mw	0.173	0.209	0.350	0.300	0.250	0.256
Entre 7.0 a 7.4 Mw	0.130	0.070	0.117	0.225	0.200	0.148
Entre 6.5 a 6.9 Mw	0.104	0.052	0.039	0.075	0.150	0.084
Menor a 6.5 Mw	0.074	0.042	0.029	0.025	0.050	0.044

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro27. Índice de Consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC) para el parámetro magnitud sísmica**

IC	0.072
RC	0.064

Fuente: Elaboración propia

## 2.9.2 Análisis de los factores condicionantes

Para la obtención de los pesos ponderados de los parámetros de los factores condicionantes: Pendiente, Suelos y geología se utilizó el proceso de análisis jerárquico para la determinación de la importancia relativa entre ellos usando la escala Saaty. Los resultados obtenidos son los siguientes:

**Cuadro28. Matriz de comparación de pares para los factores condicionantes.**

Factores condicionantes	Pendiente	Unidades geomorfológicas	Unidades geológicas
Pendiente	1.00	2.00	3.00
Unidades geomorfológicas	0.50	1.00	2.00
Unidades geológicas	0.33	0.50	1.00
<b>SUMA</b>	1.83	3.50	6.00
<b>1/SUMA</b>	0.55	0.29	0.17

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro29. Matriz de normalización de factores condicionantes**

Factores condicionantes	Pendiente	Unidades geomorfológicas	Unidades geológicas	Vector Priorización
Pendiente	0.545	0.571	0.500	0.539
Unidades geomorfológicas	0.273	0.286	0.333	0.297
Unidades geológicas	0.182	0.143	0.167	0.164

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro30. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para el parámetro unidades de factores condicionantes**

IC	0.005
RC	0.009

Fuente: Elaboración propia

**a) Parámetro: Pendiente**

**Cuadro31. Matriz de comparación de pares del parámetro pendiente**

Rango de Pendiente	>45°	35° - 45°	15° - 35°	5° - 15°	<5°
>45°	1.00	2.00	3.00	5.00	7.00
35° - 45°	0.50	1.00	2.00	3.00	5.00
15° - 35°	0.33	0.50	1.00	2.00	3.00
5° - 15°	0.20	0.33	0.50	1.00	2.00
<5°	0.14	0.20	0.33	0.50	1.00
<b>SUMA</b>	2.18	4.03	6.83	11.50	18.00
<b>1/SUMA</b>	0.46	0.25	0.15	0.09	0.06

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro32. Matriz de normalización del parámetro pendiente**

Rango de pendiente	>45°	35° - 45°	15° - 35°	5° - 15°	<5°	Vector Priorización
>45°	0.460	0.496	0.439	0.435	0.389	0.444
35° - 45°	0.230	0.248	0.293	0.261	0.278	0.262
15° - 35°	0.153	0.124	0.146	0.174	0.167	0.153
5° - 15°	0.092	0.083	0.073	0.087	0.111	0.089
<5°	0.066	0.050	0.049	0.043	0.056	0.053

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro33. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para el parámetro pendiente**

IC	0.007
RC	0.006

Fuente: Elaboración propia

**b) Parámetro: Unidades geomorfológicas**

**Cuadro34. Matriz de comparación de pares del parámetro unidades geomorfológicas**

Unidades geomorfológicas	Vertiente con depósitos de deslizamiento	Montaña en roca sedimentaria	Vertiente coluvial	Piedemonte aluvio torrencial	Terraza aluvial
Vertiente con depósitos de deslizamiento	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00
Montaña en roca sedimentaria	0.50	1.00	2.00	3.00	4.00
Vertiente coluvial	0.33	0.50	1.00	2.00	3.00
Piedemonte aluvio torrencial	0.25	0.33	0.50	1.00	2.00
Terraza aluvial	0.20	0.25	0.33	0.50	1.00
<b>SUMA</b>	2.28	4.08	6.83	10.50	15.00
<b>1/SUMA</b>	0.44	0.24	0.15	0.10	0.07

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro35. Matriz de normalización del parámetro unidades geomorfológicas**

Unidades geomorfológicas	Vertiente con depósitos de deslizamiento	Montaña en roca sedimentaria	Vertiente coluvial	Piedemonte aluvio torrencial	Terraza aluvial	Vector Priorización
Vertiente con depósitos de deslizamiento	0.438	0.490	0.439	0.381	0.333	0.416
Montaña en roca sedimentaria	0.219	0.245	0.293	0.286	0.267	0.262
Vertiente coluvial	0.146	0.122	0.146	0.190	0.200	0.161
Piedemonte aluvio torrencial	0.109	0.082	0.073	0.095	0.133	0.099
Terraza aluvial	0.088	0.061	0.049	0.048	0.067	0.062

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro36. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para el parámetro comportamiento del suelo**

<b>IC</b>	0.017
<b>RC</b>	0.015

Fuente: Elaboración propia

c) **Parámetro: Unidades Geológicas**

**Cuadro37. Matriz de comparación de pares del parámetro suelos**

Unidades geológicas	Depósito aluvial proluvial (Qh-fl)	Depósitos coluviales (Qh-co)	Depósito proluvial (Qh-pl)	Formación Chimú (Ki-chi)	Formación Oyón (Ki-oy)
Depósito aluvial proluvial (Qh-fl)	1.00	2.00	3.00	5.00	9.00
Depósitos coluviales (Qh-co)	0.50	1.00	2.00	3.00	5.00
Depósito proluvial (Qh-pl)	0.33	0.50	1.00	2.00	3.00
Formación Chimú (Ki-chi)	0.20	0.33	0.50	1.00	2.00
Formación Oyón (Ki-oy)	0.11	0.20	0.33	0.50	1.00
<b>SUMA</b>	2.14	4.03	6.83	11.50	20.00
<b>1/SUMA</b>	0.47	0.25	0.15	0.09	0.05

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro38. Matriz de normalización del parámetro suelos**

Unidades geológicas	Depósito aluvial proluvial (Qh-fl)	Depósitos coluviales (Qh-co)	Depósito proluvial (Qh-pl)	Formación Chimú (Ki-chi)	Formación Oyón (Ki-oy)	Vector priorización
Depósito aluvial proluvial (Qh-fl)	0.466	0.496	0.439	0.435	0.450	0.457
Depósitos coluviales (Qh-co)	0.233	0.248	0.293	0.261	0.250	0.257
Depósito proluvial (Qh-pl)	0.155	0.124	0.146	0.174	0.150	0.150
Formación Chimú (Ki-chi)	0.093	0.083	0.073	0.087	0.100	0.087
Formación Oyón (Ki-oy)	0.052	0.050	0.049	0.043	0.050	0.049

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro39. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para el parámetro suelos**

<b>IC</b>	0.004
<b>RC</b>	0.004

Fuente: Elaboración propia



## 2.10 Análisis de elementos expuestos

Los elementos expuestos inmersos en el área de influencia han sido identificados con apoyo del "Sistema de Información Estadístico de apoyo a la Prevención a los efectos del Fenómeno El Niño y otros Fenómenos Naturales" del Instituto Nacional de Estadística e Informática – 2017, Sistema de Información Geográfica para la Gestión del Riesgo, y la información recopilada en campo, que se muestran a continuación.

### 2.10.1 Población

La población que se encuentra en el área de influencia de la zona urbana del distrito de Chavín de Huántar, son considerados como elementos expuestos ante el impacto del peligro por deslizamiento.

**Cuadro40. Población Expuesta**

Sector	Población total
Zona urbana Chavín de Huántar	2384

Fuente: INEI 2017

### 2.10.2 Vivienda

En la Zona urbana de **Chavín de Huántar**, cuenta con 622 viviendas según datos INEI donde la mayoría de estas viviendas son independientes. La zona urbana de Chavín de Huántar está compuesta por 5 barrios: Jana, Ura, Santa Barbara, Virgen del Carmen; también se encuentran las áreas para reubicación :1, 2, 3 (Barrio Virgen del Carmen) y 4 (Barrio Ura).

**Cuadro41. Viviendas expuestas**

Sector	Total de viviendas
Zona urbana / rural	622

Fuente: INEI 2017

### 2.10.3 Institución educativa

En la zona urbana de **Chavín de Huántar**, cuenta con 5 instituciones educativas, 1 de nivel primaria, 1 de nivel secundaria, 1 técnico superior y 2 de nivel jardín-inicial, el colegio Republica de Honduras se encuentran parcialmente en el área de influencia.

**Cuadro42. Instituciones educativas**

Nivel	Nombre
Primaria	I.E. Republica de Honduras
Secundaria	I.E. Carlos Alberto Izaguirre
Técnico	CETPRO – Chavín de Huántar
Inicial - Jardín	124
Inicial - jardín	New School Chavín

Fuente: ESCALE

#### 2.10.4 Centro de Salud

En la zona urbana de Chavín de Huántar, cuenta con un centro de salud del mismo nombre de categoría I-3, en la avenida av. Julio C. Tello s/n.

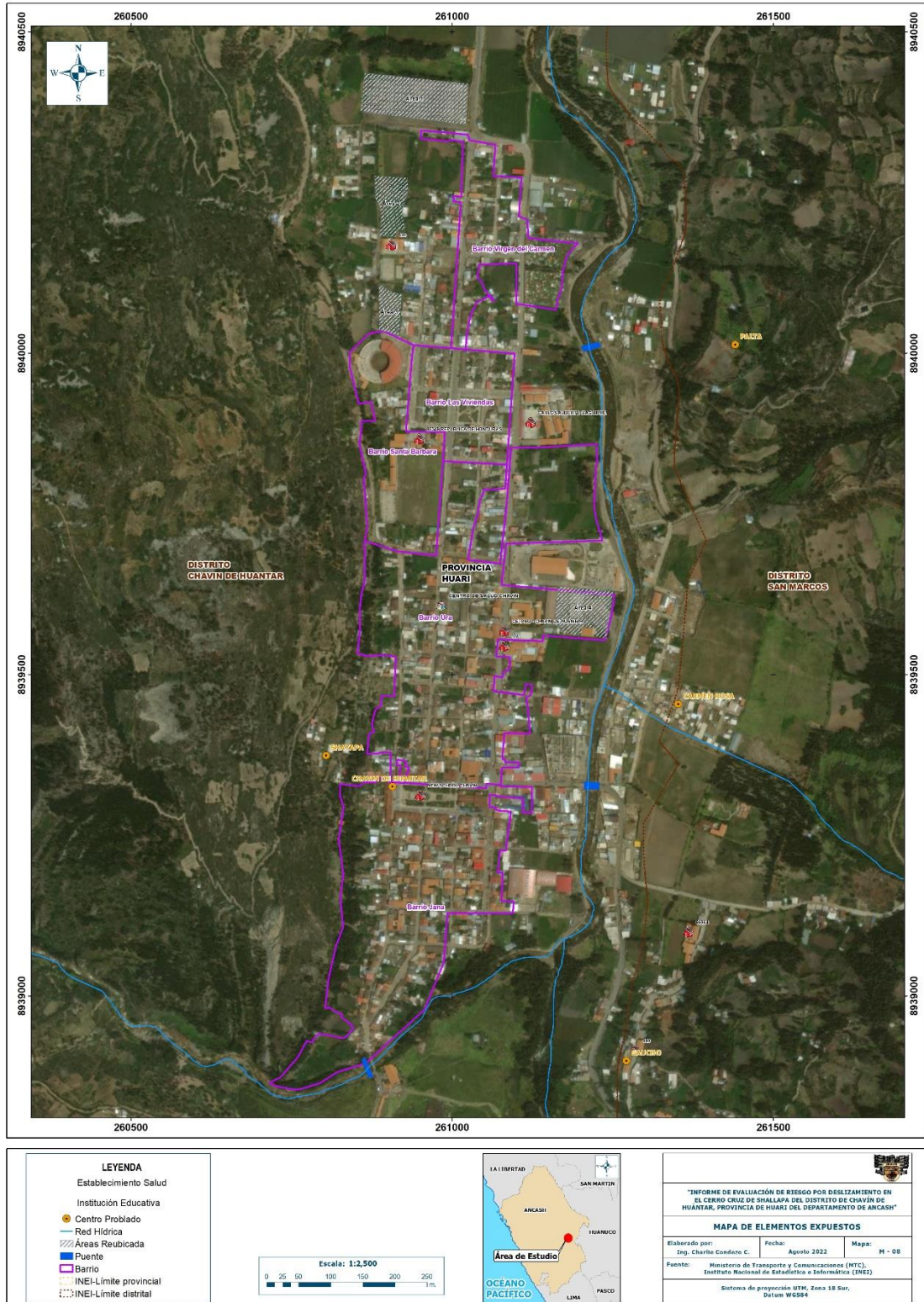
#### 2.10.5 Comisaria

En la zona urbana de Chavín de Huántar, cuentan con la Comisaria PNP del mismo nombre.

#### 2.10.6 Puentes

Existen 3 puentes que se encuentran en el Río Mosna que conectan que conectan San Marcos con Chavín de Huántar ambos son puentes vehiculares y peatonales.

**Mapa08. Mapa de elementos expuestos por deslizamiento de la zona urbana Chavín de Huántar**



Fuente: Elaboración propia

## 2.11 Definición de escenario de riesgo

Se ha considerado el siguiente escenario de riesgo: Deslizamiento por sismo de Magnitud mayor o igual a 7.9 Mw. en el Cerro Cruz de Shallapa, que tiene una pendiente abrupta o muy escarpada, con suelo Arena Arcilloso con grava, con geología de depósitos aluvial proluvial o depósitos coluviales. Dichas condiciones ocasionarían un deslizamiento del Cerro Cruz de Shallapa de toda la ladera hasta el estadio municipal con una velocidad de 5 m/s. Los daños serían totales en las estructuras de los elementos expuestos ubicados en la zona urbana Chavín de Huántar colindante con al cerro Cruz de Shallapa.

## 2.12 Niveles de peligro

En el siguiente cuadro, se muestran los niveles de peligro por deslizamiento de la zona urbana del distrito de Chavín de Huántar y sus respectivos rangos obtenidos a través de utilizar el Proceso de Análisis Jerárquico.

**Cuadro43. Niveles de Peligro**

NIVEL	RANGO
MUY ALTO	0.261 < P ≤ 0.447
ALTO	0.152 < P ≤ 0.261
MEDIO	0.089 < P ≤ 0.152
BAJO	0.051 ≤ P ≤ 0.089

Fuente: Elaboración propia

## 2.13 Estratificación del nivel de peligro

En el siguiente cuadro se muestra la matriz de peligros obtenido:

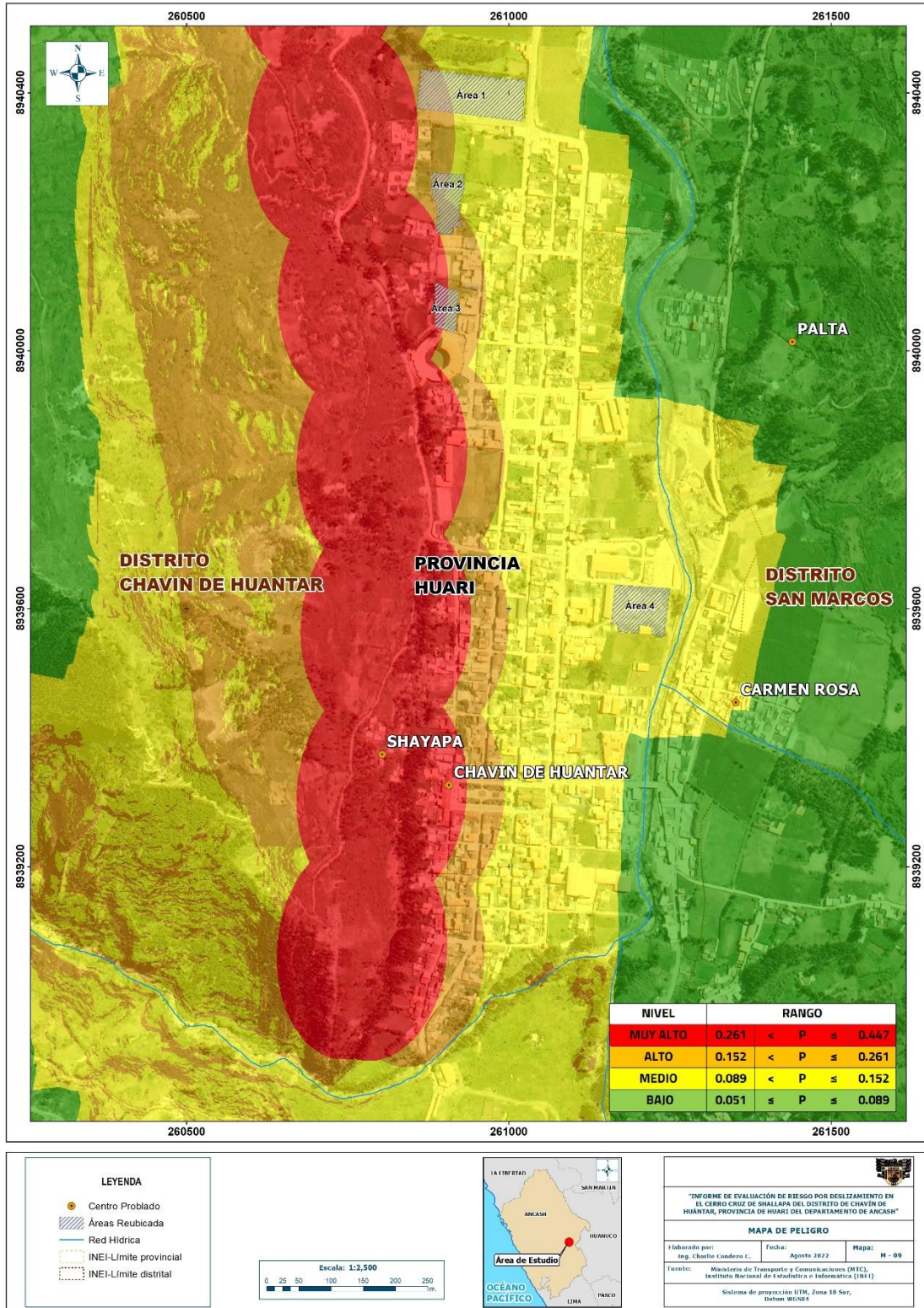
**Cuadro44. Matriz de estratificación por Deslizamiento de la zona urbana de Chavín de Huántar**

Nivel de Peligro	Descripción	Rangos
PELIGRO MUY ALTO	Magnitud sísmica mayor a 7.9 Mw, con una pendiente mayor a 35°, predomina la unidad geológica depósito aluvial proluvial o coluviales, con geomorfología de vertiente con depósitos de deslizamiento o montaña en roca sedimentaria, con velocidad de desplazamiento muy rápido o extremadamente rápido de la masa deslizante.	0.261 < P ≤ 0.447
PELIGRO ALTO	Magnitud sísmica mayor a 7.9 Mw, con una pendiente entre 15° y 35° predomina la unidad geológica depósito coluvial o depósito proluvial, con geomorfología de montaña en roca sedimentaria o vertiente coluvial, con velocidad de desplazamiento rápido o muy rápido de la masa deslizante.	0.152 < P ≤ 0.261
PELIGRO MEDIO	Magnitud sísmica mayor a 7.9 Mw, con una pendiente entre 5° - 15° predomina la unidad geológica depósito proluvial o formación Chimú, con geomorfología de vertiente coluvial o piedemonte aluvio torrencial, compuesto por gravas, arcilla y limo, con velocidad de desplazamiento moderado o rápido de la masa deslizante.	0.089 < P ≤ 0.152
PELIGRO BAJO	Magnitud sísmica mayor a 7.9 Mw, con una pendiente menor a 5°, predomina la unidad geológica formación Chimú o formación Oyón, con geomorfología de piedemonte aluvio torrencial o terraza aluvial, con velocidad de desplazamiento Lento o moderado de la masa deslizante.	0.051 ≤ P ≤ 0.089

Fuente: Elaboración propia

## 2.14 Mapa de peligro

Mapa09. Mapa de Peligro por deslizamiento de la zona Chavín de Huántar



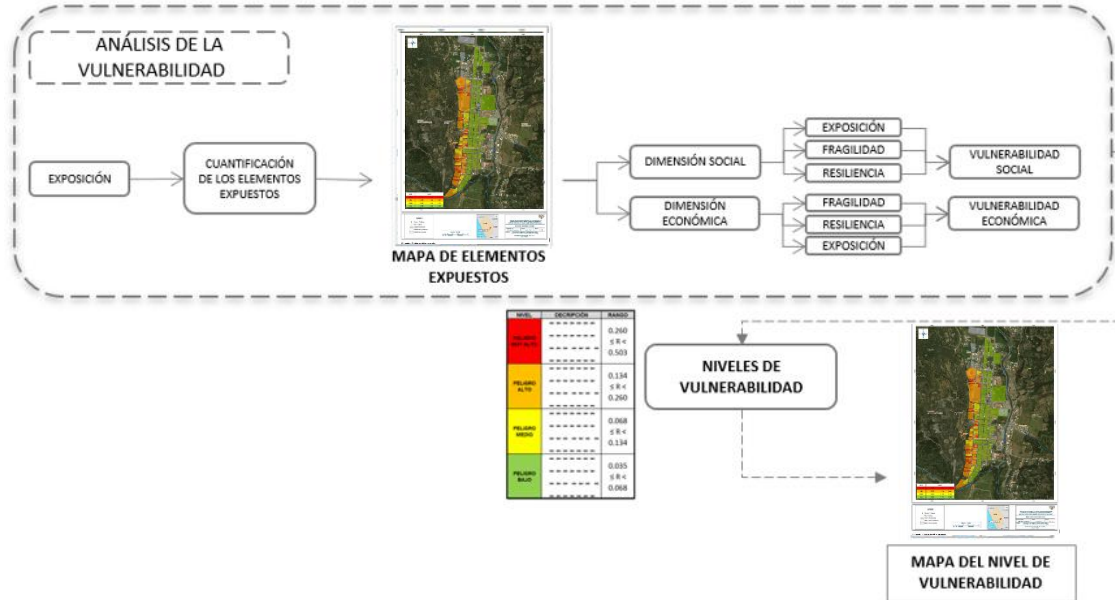
Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD

### 4.1 Metodología para el análisis de la vulnerabilidad

Para realizar el análisis de vulnerabilidad, se utiliza la siguiente metodología como se muestra en el Grafico 22.

Gráfico 1. Metodología del análisis de la vulnerabilidad



Fuente: Elaboración propia

Para determinar los niveles de vulnerabilidad de la zona urbana de **Chavín de Huántar**, se ha considerado realizar el análisis de los factores (exposición, fragilidad y resiliencia) de la dimensión social y económica, por ser los temas más relacionados al estudio sobre las afectaciones por el Fenómeno El Niño Costero y considerando toda la población expuesta. Se ha utilizado el método de Saaty.

### 4.2 Análisis de la dimensión social

Para el análisis de la vulnerabilidad en su dimensión social, se evaluaron los siguientes parámetros:

Cuadro45. Parámetros para utilizar en los factores exposición, fragilidad y resiliencia de la dimensión social

Dimensión Social		
Exposición	Fragilidad	Resiliencia
Habitante por vivienda	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Abastecimiento de agua</li> <li>- Servicios higiénicos</li> <li>- Tipo de alumbrado</li> </ul>	Capacitación en GRD

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro46. Matriz de comparación de pares**

DIMENSIÓN SOCIAL	Exposición	Fragilidad	Resiliencia
Exposición	1.00	3.00	7.00
Fragilidad	0.33	1.00	3.00
Resiliencia	0.14	0.33	1.00
<b>SUMA</b>	1.48	4.33	11.00
<b>1/SUMA</b>	0.68	0.23	0.09

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro47. Matriz de normalización**

DIMENSIÓN SOCIAL	Exposición	Fragilidad	Resiliencia	Vector Priorización
Exposición	0.677	0.692	0.636	0.669
Fragilidad	0.226	0.231	0.273	0.243
Resiliencia	0.097	0.077	0.091	0.088

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro48. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) en la Dimensión Social**

IC	0.004
RC	0.007

Fuente: elaboración propia

#### 4.2.1 Análisis de la exposición en la dimensión social de la vulnerabilidad

##### a) Parámetro: Habitante por vivienda

**Cuadro49. Matriz de comparación de pares del parámetro población residente**

Habitante por vivienda	Mayor a 4 hab. por vivienda	4 hab. por vivienda	3 hab. por vivienda	2 hab. por vivienda	1 hab. por vivienda
Mayor a 4 hab. por vivienda	1.00	2.00	3.00	5.00	7.00
4 hab. por vivienda	0.50	1.00	2.00	3.00	5.00
3 hab. por vivienda	0.33	0.50	1.00	2.00	3.00
2 hab. por vivienda	0.20	0.33	0.50	1.00	2.00
1 hab. por vivienda	0.14	0.20	0.33	0.50	1.00
<b>SUMA</b>	2.18	4.03	6.83	11.50	18.00
<b>1/SUMA</b>	0.46	0.25	0.15	0.09	0.06

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro50. Matriz de normalización del parámetro población residente**

Habitante por vivienda	Mayor a 4 hab. por vivienda	4 hab. por vivienda	3 hab. por vivienda	2 hab. por vivienda	1 hab. por vivienda	Vector de priorización
Mayor a 4 hab. por vivienda	0.460	0.496	0.439	0.435	0.389	0.444
4 hab. por vivienda	0.230	0.248	0.293	0.261	0.278	0.262
3 hab. por vivienda	0.153	0.124	0.146	0.174	0.167	0.153
2 hab. por vivienda	0.092	0.083	0.073	0.087	0.111	0.089
1 hab. por vivienda	0.066	0.050	0.049	0.043	0.056	0.053

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro51. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para el parámetro población residente**

<b>IC</b>	0.007
<b>RC</b>	0.006

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.2 Análisis de la fragilidad en la dimensión social de la vulnerabilidad

##### a) Parámetro: Abastecimiento de agua

**Cuadro52. Matriz de comparación de pares del parámetro abastecimiento de agua**

Abastecimiento de Agua	Río, acequia, manantial o similar	Camión cisterna u otro similar	Pilón	Red pública fuera de la vivienda	Red pública dentro de la vivienda
Río, acequia, manantial o similar	1.00	2.00	3.00	5.00	7.00
Camión cisterna u otro similar	0.50	1.00	2.00	3.00	5.00
Pilón	0.33	0.50	1.00	2.00	3.00
Red pública fuera de la vivienda	0.20	0.33	0.50	1.00	2.00
Red pública dentro de la vivienda	0.14	0.20	0.33	0.50	1.00
<b>SUMA</b>	2.18	4.03	6.83	11.50	18.00
<b>1/SUMA</b>	0.46	0.25	0.15	0.09	0.06

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro53. Matriz de normalización del parámetro abastecimiento de agua**

Abastecimiento de Agua	Río, acequia, manantial o similar	Camión cisterna u otro similar	Pilón	Red pública fuera de la vivienda	Red pública dentro de la vivienda	Vector Priorización
Río, acequia, manantial o similar	0.460	0.496	0.439	0.435	0.389	0.444
Camión cisterna u otro similar	0.230	0.248	0.293	0.261	0.278	0.262
Pilón	0.153	0.124	0.146	0.174	0.167	0.153
Red pública fuera de la vivienda	0.092	0.083	0.073	0.087	0.111	0.089
Red pública dentro de la vivienda	0.066	0.050	0.049	0.043	0.056	0.053

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro54. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para el parámetro abastecimiento de agua**

<b>IC</b>	0.007
<b>RC</b>	0.006

Fuente: Elaboración propia



**b) Parámetro: Servicios higiénicos**

**Cuadro55. Matriz de comparación de pares del parámetro servicios higiénicos**

Servicios Higiénicos	Al aire libre	Pozo ciego/negro	Letrina	Red pública de desagüe fuera de la vivienda	Red pública de desagüe dentro de la vivienda
Al aire libre	1.00	2.00	3.00	5.00	9.00
Pozo ciego/negro	0.50	1.00	2.00	3.00	5.00
Letrina	0.33	0.50	1.00	2.00	3.00
Red pública de desagüe fuera de la vivienda	0.20	0.33	0.50	1.00	2.00
Red pública de desagüe dentro de la vivienda	0.11	0.20	0.33	0.50	1.00
<b>SUMA</b>	2.14	4.03	6.83	11.50	20.00
<b>1/SUMA</b>	0.47	0.25	0.15	0.09	0.05

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro56. Matriz de normalización del parámetro servicios higiénicos**

Servicios Higiénicos	Al aire libre	Pozo ciego/negro	Letrina	Red pública de desagüe fuera de la vivienda	Red pública de desagüe dentro de la vivienda	Vector Priorización
Al aire libre	0.466	0.496	0.439	0.435	0.450	0.457
Pozo ciego/negro	0.233	0.248	0.293	0.261	0.250	0.257
Letrina	0.155	0.124	0.146	0.174	0.150	0.150
Red pública de desagüe fuera de la vivienda	0.093	0.083	0.073	0.087	0.100	0.087
Red pública de desagüe dentro de la vivienda	0.052	0.050	0.049	0.043	0.050	0.049

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro57. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para el parámetro de servicios higiénicos**

IC	0.004
RC	0.004

Fuente: Elaboración propia

**c) Parámetro: Tipo de alumbrado**

**Cuadro58. Matriz de comparación de pares del parámetro tipo de alumbrado**

Tipo de Alumbrado	No tiene	Petróleo, gas, lámpara	Generador o motor	Electricidad por horas	Electricidad continua
No tiene	1.00	2.00	3.00	4.00	7.00
Petróleo, gas, lámpara	0.50	1.00	2.00	3.00	4.00
Generador o motor	0.33	0.50	1.00	2.00	3.00
Electricidad por horas	0.25	0.33	0.50	1.00	2.00
Electricidad continua	0.14	0.25	0.33	0.50	1.00
<b>SUMA</b>	2.23	4.08	6.83	10.50	17.00
<b>1/SUMA</b>	0.45	0.24	0.15	0.10	0.06

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro59. Matriz de normalización del parámetro tipo de alumbrado**

Tipo de Alumbrado	No tiene	Petróleo, gas, lámpara	Generador o motor	Electricidad por horas	Electricidad continua	Vector Priorización
No tiene	0.449	0.490	0.439	0.381	0.412	0.434
Petróleo, gas, lámpara	0.225	0.245	0.293	0.286	0.235	0.257
Generador o motor	0.150	0.122	0.146	0.190	0.176	0.157
Electricidad por horas	0.112	0.082	0.073	0.095	0.118	0.096
Electricidad continua	0.064	0.061	0.049	0.048	0.059	0.056

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro60. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para el parámetro de tipo de alumbrado**

IC	0.010
RC	0.009

Fuente: Elaboración propia

**d) Análisis de los parámetros del factor fragilidad en la dimensión social**

**Cuadro61. Matriz de comparación de pares de los parámetros del factor fragilidad**

Fragilidad Social	Acceso a red de agua	Acceso a red de alcantarillado	Tipo de alumbrado
Abastecimiento de agua	1.00	3.00	7.00
Acceso a red de alcantarillado	0.33	1.00	3.00
Tipo de alumbrado	0.14	0.33	1.00
<b>SUMA</b>	1.48	4.33	11.00
<b>1/SUMA</b>	0.68	0.23	0.09

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro62. Matriz de normalización de los parámetros del factor fragilidad**

Fragilidad Social	Acceso a red de agua	Acceso a red de alcantarillado	Tipo de alumbrado	Vector Priorización
Abastecimiento de agua	0.677	0.692	0.636	0.669
Acceso a red de alcantarillado	0.226	0.231	0.273	0.243
Tipo de alumbrado	0.097	0.077	0.091	0.088

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro63. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para los parámetros de la fragilidad social**

IC	0.004
RC	0.007

Fuente: Elaboración propia

### 4.2.3 Análisis de la resiliencia en la dimensión social de la vulnerabilidad

#### a) Parámetro: Capacitación en temas de riesgo de desastres

**Cuadro64. Matriz de comparación del parámetro Capacitación en temas de gestión de riesgo de desastres**

Capacitación en temas de GRD	No ha sido capacitado y no tiene conocimiento de eventos anteriores	No ha sido capacitado, pero tiene conocimiento de eventos anteriores	Ha sido capacitado y tiene conocimiento de eventos anteriores	Se capacita con regular frecuencia	Se capacita constantemente
No ha sido capacitado y no tiene conocimiento de eventos anteriores	1.00	2.00	3.00	4.00	7.00
No ha sido capacitado, pero tiene conocimiento de eventos anteriores	0.50	1.00	2.00	3.00	4.00
Ha sido capacitado y tiene conocimiento de eventos anteriores	0.33	0.50	1.00	2.00	3.00
Se capacita con regular frecuencia	0.25	0.33	0.50	1.00	2.00
Se capacita constantemente	0.14	0.25	0.33	0.50	1.00
<b>SUMA</b>	2.23	4.08	6.83	10.50	17.00
<b>1/SUMA</b>	0.45	0.24	0.15	0.10	0.06

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro65. Matriz de normalización del parámetro capacitación en temas de gestión de riesgo de desastres**

Capacitación en temas de GRD	No ha sido capacitado y no tiene conocimiento de eventos anteriores	No ha sido capacitado, pero tiene conocimiento de eventos anteriores	Ha sido capacitado y tiene conocimiento de eventos anteriores	Se capacita con regular frecuencia	Se capacita constantemente	Vector Priorización
No ha sido capacitado y no tiene conocimiento de eventos anteriores	0.449	0.490	0.439	0.381	0.412	0.434
No ha sido capacitado, pero tiene conocimiento de eventos anteriores	0.225	0.245	0.293	0.286	0.235	0.257
Ha sido capacitado y tiene conocimiento de eventos anteriores	0.150	0.122	0.146	0.190	0.176	0.157
Se capacita con regular frecuencia	0.112	0.082	0.073	0.095	0.118	0.096
Se capacita constantemente	0.064	0.061	0.049	0.048	0.059	0.056

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro66. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para el parámetro capacitación en temas gestión de riesgo de desastres**

IC	0.010
RC	0.009

Fuente: Elaboración propia

### 4.3 Análisis de la dimensión económica

Para el análisis de la vulnerabilidad en su dimensión económica, se evaluaron los siguientes parámetros.

**Cuadro67. Parámetros de Dimensión Económica**

Dimensión Económica		
Exposición	Fragilidad	Resiliencia
- Número de pisos por vivienda	- Estado de conservación - Material predominante de las paredes - Material predominante de los techos	- Actividad laboral

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro68. Matriz de comparación de pares**

Dimensión Económica	Exposición	Fragilidad	Resiliencia
Exposición	1.00	2.00	3.00
Fragilidad	0.50	1.00	2.00
Resiliencia	0.33	0.50	1.00
<b>SUMA</b>	1.83	3.50	6.00
<b>1/SUMA</b>	0.55	0.29	0.17

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro69. Matriz de normalización**

Dimensión Económica	Exposición	Fragilidad	Resiliencia	Vector Priorización
Exposición	0.545	0.571	0.500	0.539
Fragilidad	0.273	0.286	0.333	0.297
Resiliencia	0.182	0.143	0.167	0.164

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro70. Índice (IC) y Relación de consistencia (RC) para la Dimensión Económica**

IC	0.005
RC	0.009

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.1 Análisis de la exposición en la dimensión económica de la vulnerabilidad

##### a) Parámetro: Número de pisos por vivienda

**Cuadro71. Matriz de comparación de pares del parámetro número de pisos por vivienda**

Número de pisos por vivienda	Cuatro pisos a mas	Tres pisos	Dos pisos	Un piso	Sin techo
Cuatro pisos a mas	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00
Tres pisos	0.50	1.00	2.00	3.00	4.00
Dos pisos	0.33	0.50	1.00	2.00	3.00
Un piso	0.25	0.33	0.50	1.00	2.00
Terreno cercado	0.20	0.25	0.33	0.50	1.00
<b>SUMA</b>	2.28	4.08	6.83	10.50	15.00
<b>1/SUMA</b>	0.44	0.24	0.15	0.10	0.07

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro72. Matriz de normalización del parámetro número de pisos por vivienda**

Número de pisos por vivienda	Cuatro pisos a mas	Tres pisos	Dos pisos	Un piso	Sin techo	Vector priorización
Cuatro pisos a mas	0.438	0.490	0.439	0.381	0.333	0.416
Tres pisos	0.219	0.245	0.293	0.286	0.267	0.262
Dos pisos	0.146	0.122	0.146	0.190	0.200	0.161
Un piso	0.109	0.082	0.073	0.095	0.133	0.099
Terreno cercado	0.088	0.061	0.049	0.048	0.067	0.062

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro73. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC para el parámetro número de pisos por vivienda**

<b>IC</b>	0.017
<b>RC</b>	0.015

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.2 Análisis de la fragilidad en la dimensión económica de la vulnerabilidad

##### a) Parámetro: Estado de conservación

**Cuadro74. Matriz de comparación de pares del parámetro estado de conservación**

Estado de Conservación	Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno
Muy malo	1.00	2.00	3.00	4.00	7.00
Malo	0.50	1.00	2.00	3.00	4.00
Regular	0.33	0.50	1.00	2.00	3.00
Bueno	0.25	0.33	0.50	1.00	2.00
Muy bueno	0.14	0.25	0.33	0.50	1.00
<b>SUMA</b>	2.23	4.08	6.83	10.50	17.00
<b>1/SUMA</b>	0.45	0.24	0.15	0.10	0.06

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro75. Matriz de normalización del parámetro estado de conservación**

Estado de Conservación	Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno	Vector Priorización
Muy malo	0.449	0.490	0.439	0.381	0.412	0.434
Malo	0.225	0.245	0.293	0.286	0.235	0.257
Regular	0.150	0.122	0.146	0.190	0.176	0.157
Bueno	0.112	0.082	0.073	0.095	0.118	0.096
Muy bueno	0.064	0.061	0.049	0.048	0.059	0.056

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro76. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para el parámetro estado de conservación**

IC	0.010
RC	0.009

Fuente: Elaboración propia

**b) Parámetro: Material predominante en las paredes**

**Cuadro77. Matriz de comparación de pares del parámetro material predominante en las paredes**

Material Predominante en las Paredes	Adobe o tapia	Piedra con barro	Madera	Ladrillo	Bloque de concreto
Adobe o tapia	1.00	3.00	4.00	7.00	9.00
Piedra con barro	0.33	1.00	3.00	4.00	7.00
Madera	0.25	0.33	1.00	3.00	4.00
Ladrillo	0.14	0.25	0.33	1.00	3.00
Bloque de concreto	0.11	0.14	0.25	0.33	1.00
<b>SUMA</b>	1.84	4.73	8.58	15.33	24.00
<b>1/SUMA</b>	0.54	0.21	0.12	0.07	0.04

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro78. Matriz de normalización del parámetro material predominante en las paredes**

Material Predominante en las Paredes	Adobe o tapia	Piedra con barro	Madera	Madera	Bloque de concreto	Vector Priorización
Adobe o tapia	0.54	0.63	0.47	0.46	0.38	0.495
Piedra con barro	0.18	0.21	0.35	0.26	0.29	0.259
Madera	0.14	0.07	0.12	0.20	0.17	0.137
Ladrillo	0.08	0.05	0.04	0.07	0.13	0.072
Bloque de concreto	0.06	0.03	0.03	0.02	0.04	0.037

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro79. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para el parámetro material predominante en las paredes**

IC	0.050
RC	0.045

Fuente: Elaboración propia

**c) Parámetro: Material predominante en los techos**

**Cuadro80. Matriz de comparación de pares del parámetro material predominante en techos**

Material predominante en los techos	Otros	Madera y/o Caña o estera con torta de barro	Plancha de Calamina y/o Tejas	Ladrillo	Concreto Armado
Otros	1.00	2.00	3.00	5.00	7.00
Madera y/o Caña o estera con torta de barro	0.50	1.00	2.00	3.00	5.00
Plancha de Calamina y/o Tejas	0.33	0.50	1.00	2.00	3.00
Ladrillo	0.20	0.33	0.50	1.00	2.00
Concreto Armado	0.14	0.20	0.33	0.50	1.00
<b>SUMA</b>	2.18	4.03	6.83	11.50	18.00
<b>1/SUMA</b>	0.46	0.25	0.15	0.09	0.06

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro81. Matriz de normalización del parámetro material predominante en los techos**

Material predominante en los techos	Otros	Madera y/o Caña o estera con torta de barro	Plancha de Calamina y/o Tejas	Ladrillo	Concreto Armado	Vector priorización
Otros	0.460	0.496	0.439	0.435	0.389	0.444
Madera y/o Caña o estera con torta de barro	0.230	0.248	0.293	0.261	0.278	0.262
Plancha de Calamina y/o Tejas	0.153	0.124	0.146	0.174	0.167	0.153
Ladrillo	0.092	0.083	0.073	0.087	0.111	0.089
Concreto Armado	0.066	0.050	0.049	0.043	0.056	0.053

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro82. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para el parámetro material predominante en los techos**

<b>IC</b>	0.007
<b>RC</b>	0.006

Fuente: Elaboración propia

**d) Análisis de los parámetros del factor fragilidad de la dimensión económica**

**Cuadro83. Matriz de comparación de pares de los parámetros utilizados en el factor fragilidad de la dimensión económica**

Fragilidad Económica	Estado de conservación	Material predominante en paredes	Material predominante en techos
Estado de conservación	1.00	2.00	3.00
Material predominante en paredes	0.50	1.00	2.00
Material predominante en techos	0.33	0.50	1.00
<b>SUMA</b>	1.83	3.50	6.00
<b>1/SUMA</b>	0.55	0.29	0.17

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro84. Matriz de normalización de los parámetros utilizados en el factor fragilidad de la dimensión económica**

Fragilidad Económica	Estado de conservación	Material predominante en paredes	Material predominante en techos	Vector Priorización
Estado de conservación	0.545	0.571	0.500	0.539
Material predominante en paredes	0.273	0.286	0.333	0.297
Material predominante en techos	0.182	0.143	0.167	0.164

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro85. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para los parámetros del factor fragilidad de la dimensión económica**

IC	0.005
RC	0.009

Fuente: Elaboración propia

Análisis de la resiliencia en la dimensión económica de la vulnerabilidad

**a) Parámetro: Actividad laboral**

**Cuadro86. Matriz de comparación de pares del parámetro actividad laboral**

Actividad Laboral	Eventual por temporada	Agricultura, ganadería y pesca	Empresas de servicios	Comercio al por mayor y menor	Hospedajes y restaurantes
Eventual por temporada	1.00	2.00	4.00	5.00	7.00
Agricultura, ganadería y pesca	0.50	1.00	2.00	4.00	5.00
Empresas de servicios	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00
Comercio al por mayor y menor	0.20	0.25	0.50	1.00	1.00
Hospedajes y restaurantes	0.14	0.20	0.25	1.00	1.00
SUMA	2.09	3.95	7.75	13.00	18.00
1/SUMA	0.48	0.25	0.13	0.08	0.06

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro87. Matriz de normalización del parámetro actividad laboral**

Actividad Laboral	Eventual por temporada	Agricultura, ganadería y pesca	Empresas de servicios	Comercio al por mayor y menor	Hospedajes y restaurantes	Vector priorización
Eventual por temporada	0.478	0.506	0.516	0.385	0.389	0.455
Agricultura, ganadería y pesca	0.239	0.253	0.258	0.308	0.278	0.267
Empresas de servicios	0.119	0.127	0.129	0.154	0.222	0.150
Comercio al por mayor y menor	0.096	0.063	0.065	0.077	0.056	0.071
Hospedajes y restaurantes	0.068	0.051	0.032	0.077	0.056	0.057

Fuente: Elaboración propia



**Cuadro88. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para el parámetro actividad laboral**

IC	0.022
RC	0.019

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4 Nivel de vulnerabilidad

En el siguiente cuadro, se muestran los niveles de vulnerabilidad y sus respectivos rangos obtenidos a través de utilizar el Proceso de Análisis Jerárquico.

**Cuadro89. Niveles de vulnerabilidad**

NIVEL	RANGO
MUY ALTA	0.261 < V ≤ 0.438
ALTA	0.155 < V ≤ 0.261
MEDIA	0.090 < V ≤ 0.155
BAJA	0.056 ≤ V ≤ 0.090

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5 Estratificación de la vulnerabilidad

En el siguiente cuadro se muestra la matriz de vulnerabilidad obtenido:

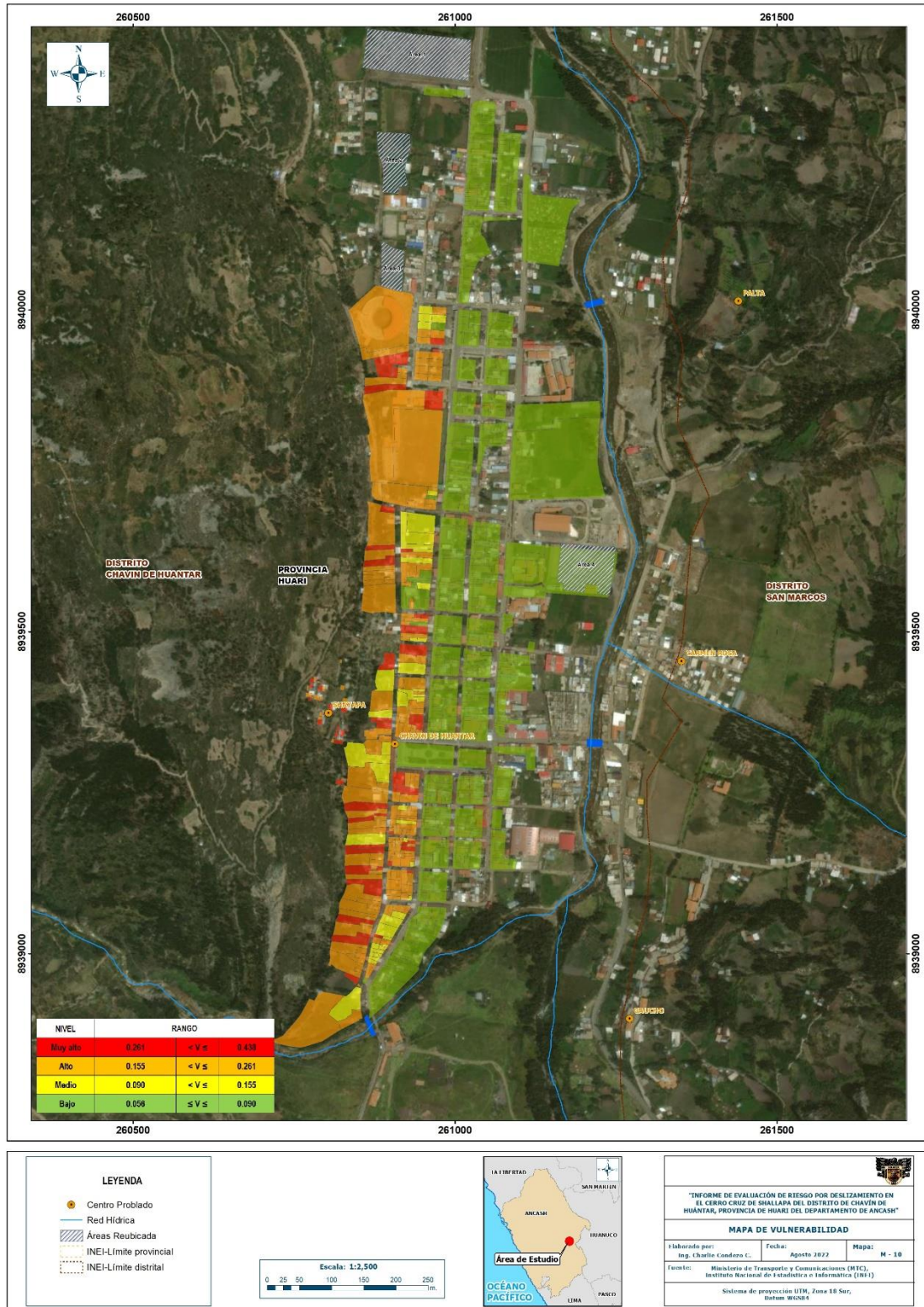
**Cuadro90. Estratificación de la Vulnerabilidad**

Nivel De Vulnerabilidad	Descripción	Rangos
Vulnerabilidad Muy Alta	<p>Mayor de 4 habitantes por vivienda. Población que se abastece con río, acequia, manantial o camión cisterna u otro similar, tipo de alumbrado no tiene o usa velas y servicios higiénicos al aire libre o pozo ciego. Población que no ha recibido capacitaciones en temas gestión del riesgo de desastres o No ha sido capacitado, pero tiene conocimiento de eventos anteriores.</p> <p>Viviendas de tres pisos a más, estado de conservación muy malo o malo, presentan como material predominante en sus paredes adobe, tapia o piedra con barro, del mismo modo presentan como material predominante en los techos Madera y/o Caña o estera con torta de barro u otros.</p> <p>Su actividad laboral está relacionada a la agricultura, ganadería y pesca o eventual por temporadas.</p>	$0.261 < V \leq 0.438$
Vulnerabilidad Alta	<p>4 o 3 habitantes por vivienda. Población que se abastecen del servicio de agua a través de camión cisterna o pilón, que emplea pozo ciego o letrina como servicios higiénicos, y que utilizan como fuente de energía vela, petróleo, gas o lampara. Población que no ha sido capacitado, pero tiene conocimiento de eventos anteriores o Ha sido capacitado y tiene conocimiento de eventos anteriores.</p> <p>Viviendas de tres o dos pisos, estado de conservación malo o regular, que presentan material predominante en sus paredes piedra con barro o madera, del mismo modo presentan como material predominante en los techos madera y/o caña o estera con torta de barro o plancha de calamina y tejas, Su actividad laboral está relacionada a la agricultura, ganadería y pesca o comercio.</p>	$0.155 < V \leq 0.261$
Vulnerabilidad Media	<p>De 2 a 3 habitantes por vivienda. Población que se abastece del servicio de agua mediante pilón o red pública fuera de la vivienda, que utilizan los servicios higiénicos a través de letrina o red pública de desagüe fuera de la vivienda, y emplean como tipo de alumbrado petróleo, gas, lampara o panel solar. Población que ha sido capacitado y tiene conocimiento de eventos anteriores o se capacita con regular frecuencia.</p> <p>Viviendas de uno o dos pisos, de estado de conservación regular o bueno, que presentan material predominante en sus paredes es madera o ladrillo, del mismo modo presentan como material predominante en los techos calamina, tejas o ladrillo. su actividad laboral se basa en comercio al por mayor y menor o empresa de servicios público y privado.</p>	$0.090 < V \leq 0.155$
Vulnerabilidad Baja	<p>Menor igual a 2 habitantes por vivienda. Población que se abastecen del servicio de agua por la red pública de agua potable fuera o dentro de la vivienda, que utilizan los servicios higiénicos a través de la red pública de desagüe fuera o dentro de la vivienda, y emplean tipo de alumbrado panel solar o servicio eléctrico.</p> <p>Población que se capacita con regular frecuencia o se capacita constantemente en temas gestión del riesgo de desastre.</p> <p>Vivienda de un pisos o terreno cercado, estado de conservación bueno o muy bueno, que presentan material predominante en sus paredes es ladrillo o bloque de cemento, del mismo modo presentan como material predominante en los techos ladrillo o concreto armado, su actividad laboral empresa de servicios público y privado o hospedajes y restaurantes.</p>	$0.056 \leq V \leq 0.090$

Fuente: Elaboración propia

## 4.6 Mapa de Vulnerabilidad

Mapa10. Mapa de vulnerabilidad



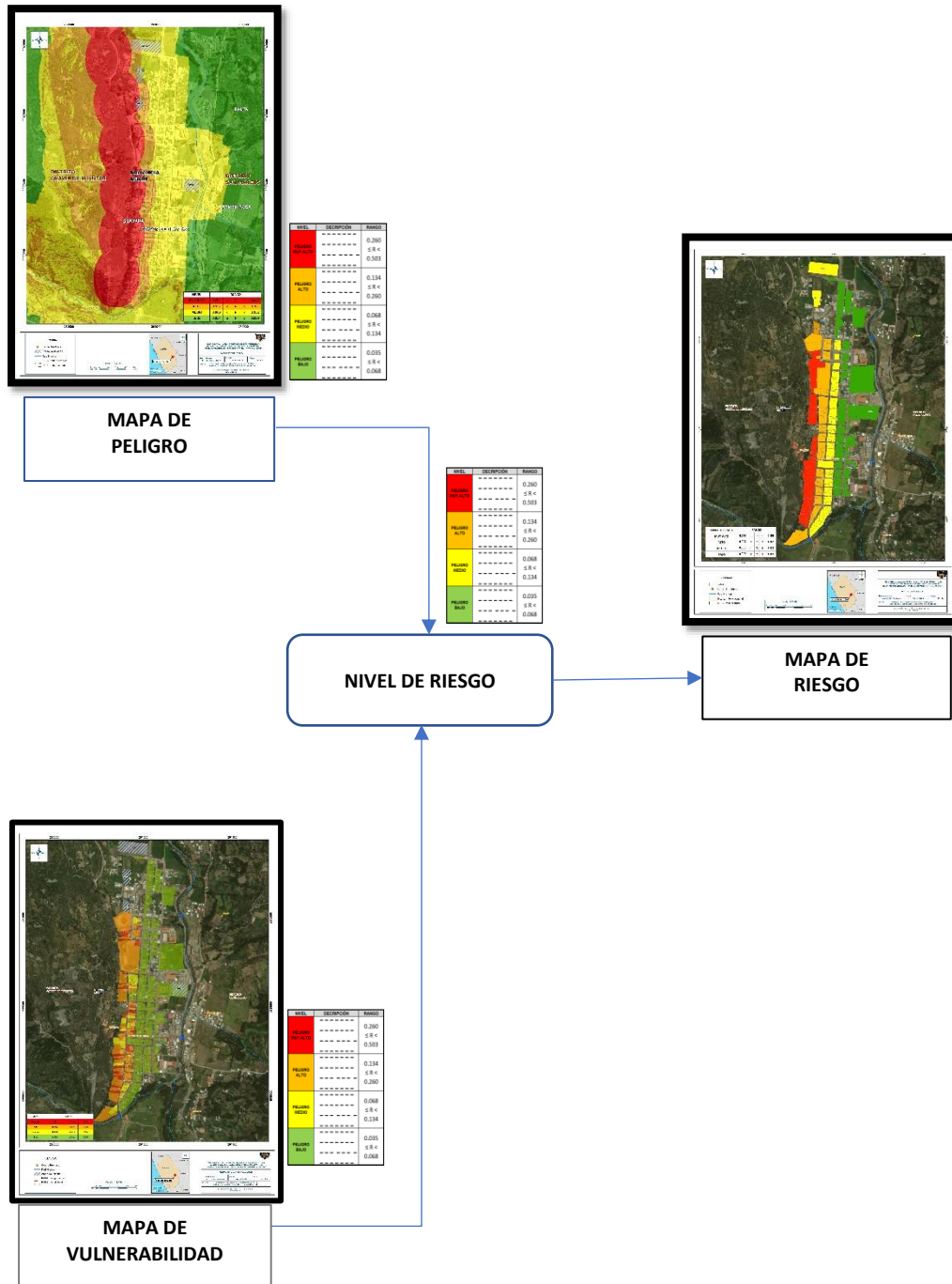
Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO V: CÁLCULO DEL RIESGO

### 5.1 Metodología para la determinación de los niveles del riesgo

Para determinar el cálculo del riesgo de la zona de influencia, se utiliza el siguiente procedimiento:

Gráfico09. Flujograma para estimar los niveles del riesgo



Fuente: Elaboración propia

## 5.2 Determinación de los niveles de riesgos

### 5.2.1 Niveles del riesgo

Los niveles de riesgo por sismo del área de influencia de la zona urbana **Chavín de Huántar** se detallan a continuación:

**Cuadro91. Niveles del riesgo**

NIVEL	RANGO
MUY ALTO	0.068 < R ≤ 0.196
ALTO	0.024 < R ≤ 0.068
MEDIO	0.008 < R ≤ 0.024
BAJO	0.003 ≤ R ≤ 0.008

Fuente: Elaboración propia

### 5.2.2 Matriz del riesgo

La matriz de riesgos originado por deslizamiento de la zona urbana **Chavín de Huántar** es el siguiente:

**Cuadro92. Matriz del riesgo**

PMA	0.447	0.040	0.069	0.117	0.196
PA	0.261	0.024	0.040	0.068	0.114
PM	0.152	0.014	0.024	0.040	0.067
PB	0.089	0.008	0.014	0.023	0.039
		0.090	0.155	0.261	0.438
		VB	VM	VA	VMA

Fuente: Elaboración propia

### 5.2.3 Estratificación del riesgo

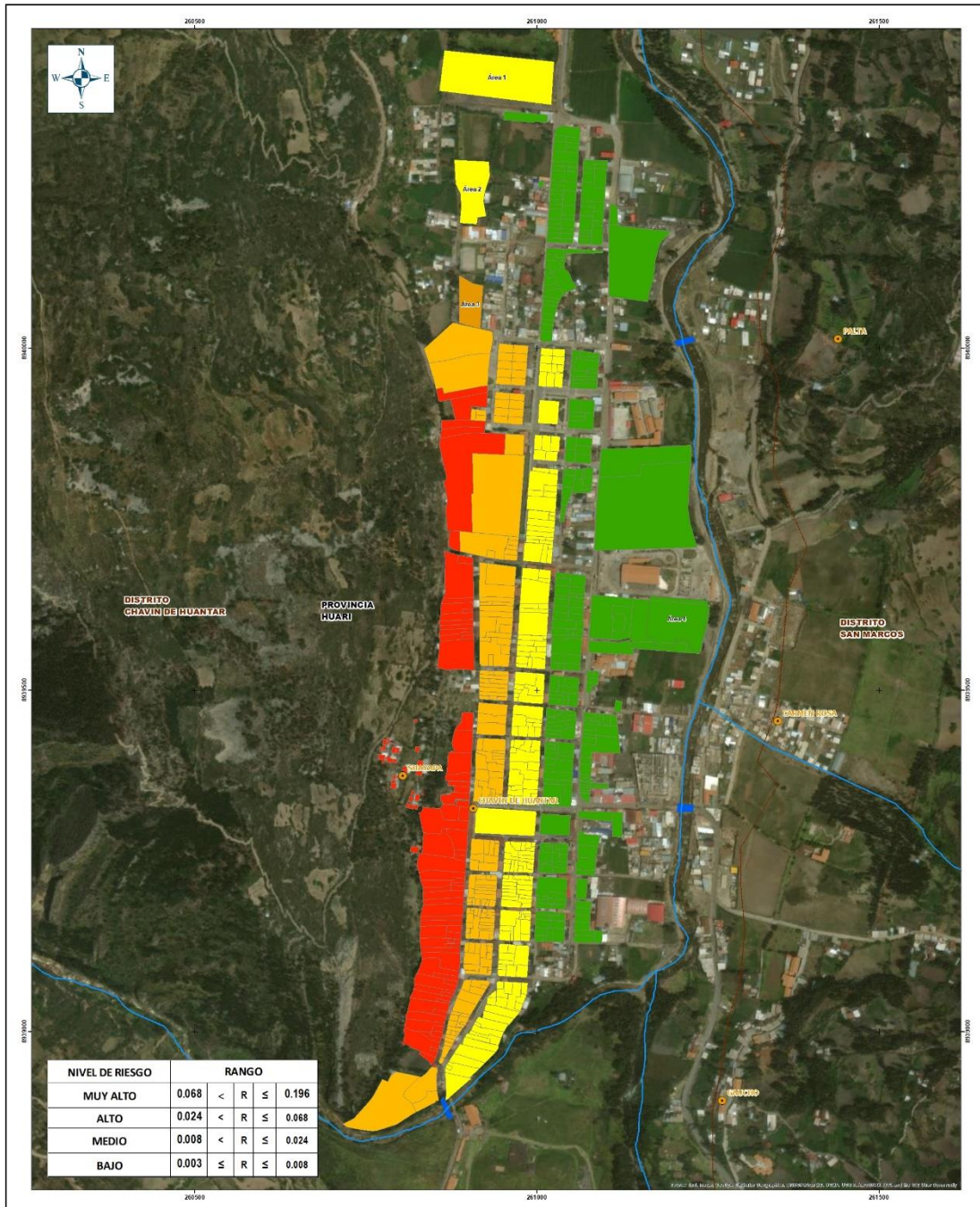
**Cuadro93. Estratificación del Riesgo**

NIVEL DEL RIESGO	DESCRIPCIÓN	Rangos
Riesgo Muy Alto	<p>Magnitud sísmica mayor a 7.9 Mw, con una pendiente mayor a 35°, predomina la unidad geológica depósito aluvial proluvial o coluviales, con geomorfología de vertiente con depósitos de deslizamiento o montaña en roca sedimentaria, con velocidad de desplazamiento muy rápido o extremadamente rápido de la masa deslizante.</p> <p>Mayor de 4 habitantes por vivienda. Población que se abastece con río, acequia, manantial o camión cisterna u otro similar, tipo de alumbrado no tiene o usa velas y servicios higiénicos al aire libre o pozo ciego. Población que no ha recibido capacitaciones en temas gestión del riesgo de desastres o No ha sido capacitado, pero tiene conocimiento de eventos anteriores.</p> <p>Viviendas de tres pisos a más, estado de conservación muy malo o malo, presentan como material predominante en sus paredes adobe, tapia o piedra con barro, del mismo modo presentan como material predominante en los techos Madera y/o Caña o estera con torta de barro u otros.</p> <p>Su actividad laboral está relacionada a la agricultura, ganadería y pesca o eventual por temporadas.</p>	0.068 < R ≤ 0.196
Riesgo Alto	<p>Magnitud sísmica mayor a 7.9 Mw, con una pendiente entre 15° y 35° predomina la unidad geológica depósito coluvial o depósito proluvial, con geomorfología de montaña en roca sedimentaria o vertiente coluvial, con velocidad de desplazamiento rápido o muy rápido de la masa deslizante.</p> <p>4 o 3 habitantes por vivienda. Población que se abastecen del servicio de agua a través de camión cisterna o pilón, que emplea pozo ciego o letrina como servicios higiénicos, y que utilizan como fuente de energía vela, petróleo, gas o lampara. Población que no ha sido capacitado, pero tiene conocimiento de eventos anteriores o Ha sido capacitado y tiene conocimiento de eventos anteriores.</p> <p>Viviendas de tres o dos pisos, estado de conservación malo o regular, que presentan material predominante en sus paredes piedra con barro o madera, del mismo modo presentan como material predominante en los techos madera y/o caña o estera con torta de barro o plancha de calamina y tejas, Su actividad laboral está relacionada a la agricultura, ganadería y pesca o comercio.</p>	0.024 < R ≤ 0.068
Riesgo Medio	<p>Magnitud sísmica mayor a 7.9 Mw, con una pendiente entre 5° - 15° predomina la unidad geológica depósito proluvial o formación Chimú, con geomorfología de vertiente coluvial o piedemonte aluvio torrencial, compuesto por gravas, arcilla y limo, con velocidad de desplazamiento moderado o rápido de la masa deslizante.</p> <p>De 2 a 3 habitantes por vivienda. Población que se abastece del servicio de agua mediante pilón o red pública fuera de la vivienda, que utilizan los servicios higiénicos a través de letrina o red pública de desagüe fuera de la vivienda, y emplean como tipo de alumbrado petróleo, gas, lampara o panel solar. Población que ha sido capacitado y tiene conocimiento de eventos anteriores o se capacita con regular frecuencia.</p> <p>Viviendas de uno o dos pisos, de estado de conservación regular o bueno, que presentan material predominante en sus paredes es madera o ladrillo, del mismo modo presentan como material predominante en los techos calamina, tejas o ladrillo. su actividad laboral se basa en comercio al por mayor y menor o empresa de servicios público y privado.</p>	0.008 < R ≤ 0.024
Riesgo Bajo	<p>Magnitud sísmica mayor a 7.9 Mw, con una pendiente menor a 5°, predomina la unidad geológica formación Chimú o formación Oyón, con geomorfología de piedemonte aluvio torrencial o terraza aluvial, con velocidad de desplazamiento Lento o moderado de la masa deslizante.</p> <p>Menor igual a 2 habitantes por vivienda. Población que se abastecen del servicio de agua por la red pública de agua potable fuera o dentro de la vivienda, que utilizan los servicios higiénicos a través de la red pública de desagüe fuera o dentro de la vivienda, y emplean tipo de alumbrado panel solar o servicio eléctrico.</p> <p>Población que se capacita con regular frecuencia o se capacita constantemente en temas gestión del riesgo de desastre.</p> <p>Vivienda de un pisos o terreno cercado, estado de conservación bueno o muy bueno, que presentan material predominante en sus paredes es ladrillo o bloque de cemento, del mismo modo presentan como material predominante en los techos ladrillo o concreto armado, su actividad laboral empresa de servicios público y privado o hospedajes y restaurantes.</p>	0.003 ≤ R ≤ 0.008

Fuente: Elaboración propia

## 5.2.4 Mapa del Riesgo

Mapa11.Mapa de riesgo



**LEYENDA**

- Lotes
- Centro Poblado
- Red Hidrica
- INEI-Limite provincial
- INEI-Limite distrital

Escala: 1:2,500

**MAPA DE RIESGO**

Elaborado por: Ing. Eddy Condezo C. Fecha: Agosto 2022 Mapa: M - 11

Fuente: Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC), Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI)

Sistema de proyección: UTM, Zona 18 Sur, Datum: WGS84

Fuente: Elaboración propia

### 5.3 Cálculo de efectos probables

En este punto de la evaluación de riesgo, se estiman los efectos probables que podrían generarse en la zona urbana del distrito de **Chavín de Huántar**, a consecuencia del impacto del peligro por deslizamiento generado por un sismo mayor o igual a 7.9 Mw. Se muestra a continuación: los efectos probables del área de influencia, son de carácter netamente referencial. El monto total ascendería a S/. 18' 986,000 de los cuales S/. 17' 402,000 corresponde a los daños probables y S/. 1'584,000 corresponde a las pérdidas probables.

**Cuadro94. Efectos probables de la zona urbana de Chavín de Huántar**

Efectos probables	Cantidad	Costo unitario S/.	Total	Daños probables	Pérdidas probables
<b>Daños probables</b>					
Viviendas destruidas totalmente	100 lotes	60 000	6 000 000	6 000 000	
Viviendas parcialmente afectadas	134 lotes	3 000	402 000	402 000	
Vías afectadas	1 km.	100 000	100 000	100 000	
cultivo	26 Ha	650 000	650 000	650 000	
Servicios de agua		250 000	250 000	250 000	
Turismo	5000	2000	10 000 000	10 000 000	
<b>Pérdidas probables</b>					
Costo de adquisición de carpas	359	500	179 500		179 500
Costo de adquisición de módulos de viviendas	100	10 000	1 000 000		1 000 000
Gastos de atención de emergencia	809	500	404 500		404 500
<b>Total S/.</b>			<b>18 986 000.00</b>	<b>17 402 000</b>	<b>1 584 000</b>

Fuente: Elaboración propia

### 5.4 Medidas de prevención del riesgo

La autoridad competente, deberá utilizar el presente informe de evaluación de riesgo, según lo estipulado en la normatividad vigente, con la finalidad de prevenir y/o reducir el riesgo:

#### 5.4.1 De orden estructural

El riesgo de la zona urbana del distrito de **Chavín de Huántar** solicita realizar las siguientes medidas estructurales en la zona:



- En la zona urbana del distrito de Chavín de Huántar, 100 viviendas se encuentran dentro del nivel de riesgo Muy Alto, estas deben ser reubicadas y llevadas a una zona segura.
- El área no mitigable debe estar señalizada y bloqueada evitando el ingreso de la población.
- Se debe evitar seguir construyendo viviendas en la ladera del cerro Cruz de Shallapa del distrito de Chavín de Huántar.
- Implementar por parte de las instituciones técnico científicas y la municipalidad el sistema de alerta temprana por sismo con parlantes y altavoces, para poder prevenir a las personas de las viviendas de riesgo Alto a evacuar oportunamente por un posible derrumbe.
- Las áreas seguras deben estar identificadas, actualizadas y señalizadas en el terreno según plan de contingencia de la Municipalidad de Chavín de Huántar.

#### 5.4.2 De orden no estructural

- Actualizar el catastro urbano y rural del distrito de Chavín de Huántar.
- Implementar el Plan de Prevención y Reducción de Riesgos de Desastres del distrito Chavín de Huántar.
- Fortalecer las capacidades de la población en materia de gestión prospectiva, correctiva y reactiva del riesgo de desastres, debido a que gran parte de la población encuestada lo desconoce.
- Capacitar a la población en el cumplimiento de las normas técnicas de construcción como medida de seguridad en las futuras construcciones de sus viviendas, normativa sismorresistente E030.
- Realizar simulacros periódicos por parte de la Municipalidad de **Chavín de Huántar** y el Gobierno regional en coordinación con INDECI frente a un posible sismo de gran magnitud con riesgo a derrumbes.

### 5.5 Medidas de reducción del riesgo

#### 5.5.1 De orden estructural

Construcción de obras de protección para las viviendas expuestas. De acuerdo a las observaciones realizadas en campo se recomienda lo siguiente:

- Se deben construir muros de contención, desde la zona afectadas por el derrumbe hasta el estadio municipal, que puedan proteger a las viviendas en riesgo Alto de caídas de material y de rocas fracturadas que son las que tiene mayor alcance.
- Implementar la reforestación con arbustos y árboles de gran tamaño como eucalipto u otros en la parte media y baja que sirva como primera barrera de contención de

rocas y material deslizante, utilizando riego por goteo, dando estabilidad al talud y controlando la erosión en el cerro Cruz de Shallapa.

- En las laderas frente a las áreas de refugio 1, 2 y 3, el factor de seguridad es más estable, sin embargo, se recomienda la colocación de muros de contención y reforestación con árboles de la zona.
- Las edificaciones de las viviendas en la zona de Alto riesgo deberán ser de material noble con doble reforzamiento en sus estructuras y ventanas de acero con malla metálica por la parte del frente.
- Por parte de la Municipalidad de **Chavín de Huántar** y/o gobierno regional se debe realizar la rehabilitación y/o mejoramiento del Centro de Salud **Chavín de Huántar**, es importante mencionar que no se encuentra afectado por el deslizamiento, pero frente a una emergencia, debería estar en óptimas condiciones para una respuesta rápida y oportuna de atención a la población.
- Un sector de la infraestructura del colegio Republica de Honduras, colinda con el cerro y se encuentra en riesgo Muy Alto, deberá evaluarse la infraestructura y plantear la colocación de un muro de contención no menor a 2.80 m de altura.

### 5.5.2 De orden no estructural

- Se recomienda realizar un estudio geofísico para identificar las características de los tipos de materiales del cerro Cruz de Shallapa, así como el espesor y/o profundidad de dichos materiales. Con el fin de tener mayor conocimiento de la composición y comportamiento de cerro.
- Se recomienda realizar un estudio geotécnico con el fin de densificar las muestras geotécnicas para tener mayor certeza de la caracterización geotécnica del cerro Cruz de Shallapa.
- Continuar con los estudios geológicos, geofísicos y geotécnicos de todo el Cerro Cruz de Shallapa hasta la parte más alta, que aún no ha sido evaluada.
- La Municipalidad de Chavín de Huántar con el apoyo de CENEPRED deberá elaborar e implementar un plan de educación comunitaria con la finalidad de incrementar la resiliencia de la población.
- Elaborar e implementar un programa de capacitación para el fortalecimiento de capacidades del personal de la municipalidad del distrito de **Chavín de Huántar** y capacidades locales con ayuda de las entidades técnico científicas.
- Considerando las condiciones actuales del cerro Cruz de Shallapa se debe implementar un sistema de monitoreo de las zonas susceptibles a deslizamiento por parte del gobierno local o regional.
- Es necesario contar con registros actualizados, análisis comparativos y modelamiento de las precipitaciones en la zona urbana del distrito de Chavín de Huántar.

- Se debe realizar un estudio sísmico local, para establecer las aceleraciones de los materiales consolidados a realizar como mínimo tres perforaciones con profundidades de 5 metros y control de permeabilidad en la parte superior de la ladera.

## CAPÍTULO VI: CONTROL DEL RIESGO

### 6.1 De la evaluación de las medidas

#### 6.1.1 Aceptabilidad / Tolerabilidad

##### a) Valoración de consecuencias

**Cuadro95. Valoración de consecuencias**

Valor	Nivel	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	Medio	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.

Fuente: Elaboración propia

Del cuadro anterior, y en función al mapa de riesgo obtenido, se obtiene un nivel 4 Muy Alta.

##### b) Valoración de frecuencia

**Cuadro96. Valoración de la frecuencia de ocurrencia**

Valor	Nivel	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	Medio	Puede ocurrir en periodos de tiempo largos según las circunstancias.
1	Baja	Puede ocurrir en circunstancias excepcionales.

Fuente: Elaboración propia

Del cuadro anterior, se obtiene que el evento de sismos puede ocurrir en la mayoría de circunstancias, es decir, posee el nivel 4 – Muy Alta.

##### c) Nivel de consecuencia y daños

**Cuadro97. Nivel de consecuencia 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

Fuente: Elaboración propia

De lo anterior se obtiene que el nivel de consecuencia y daño nivel 4 – Muy Alta.

d) **Aceptabilidad y/o Tolerancia:**

**Cuadro98. Aceptabilidad y tolerancia**

Valor	Descriptor	Descripción
4	Inadmisible	Se debe aplicar inmediatamente medida de control físico y de ser posible transferir inmediatamente los riesgos.
3	Inaceptable	Se deben desarrollar actividades INMEDIATAS y PRIORITARIAS para el manejo de riesgos
2	Tolerable	Se deben desarrollar actividades para el manejo de riesgos
1	Aceptable	El riesgo no presenta un peligro significativo

Fuente: Elaboración propia

De lo anterior se obtiene que la aceptabilidad y/o tolerancia del riesgo por sismo en el Sector de la zona urbana del distrito de **Chavín de Huántar**, es de nivel 4 – Inadmisible.

La matriz de Aceptabilidad y/o Tolerancia del Riesgo se indica a continuación:

**Cuadro99. Matriz de 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 Tolerable	Riesgo Tolerable	Riesgo Tolerable	Riesgo Inaceptable

Fuente: Elaboración propia

## 6.1.2 Control de riesgos

### a) Prioridad de Intervención

**Cuadro100. Prioridad de Intervención**

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

Fuente: Elaboración propia

Del cuadro anterior se obtiene que el nivel de priorización es de I, del cual constituye se debe aplicar inmediatamente medidas de control físico y de ser posible transferir inmediatamente los riesgos.

## CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Del riesgo por deslizamiento en el Cerro Cruz de Shallapa, se concluye que:
  - 100 viviendas se encuentran en zona de riesgo **Muy Alto**, afectando a 359 personas.
  - 165 viviendas se encuentran en zona de riesgo **Alto**, afectando a 406 personas
  - 663 viviendas se encuentran en zona de riesgo **Medio**.
  - Afecta a 26 Ha de cultivo de riesgo **Muy Alto**.
  - Servicios de Agua y desagüe en riesgo **Muy Alto**.
  - km de vías de acceso en riesgo **Muy Alto**.
  
- De los terrenos propuestos para reubicación: el área 1 y 2 se encuentran en un riesgo Medio por deslizamiento; el área 3 se encuentra en un riesgo Alto por deslizamiento; y el área 4 se encuentra en un riesgo Bajo por deslizamiento.
  
- Se concluye que el área de riesgo **Muy Alto** por las siguientes razones:
  - El factor de seguridad para la ladera del cerro Cruz de Shallapa está lejos de ser estable.
  - La cantidad de masa a deslizarse supera los 800 mil m<sup>3</sup> de roca y detritos, no existiendo viviendas que puedan soportar tal impacto.
  - Lograr estabilizar la ladera del cerro no sería rentable, el factor costo beneficio no sería rentable.
  - Realizar algún corte o estabilizar la ladera sin un adecuado estudio geotécnico puede aumentar la probabilidad de un deslizamiento temprano.
  
- El análisis de estabilidad física (conceptual) realizado al área de estudio presenta valores de factor de seguridad menores a los mínimos recomendados y aceptados por el Ministerio de Energía y Minas (MEM), en base a estos valores se concluye que el cerro Cruz de Shallapa es físicamente inestable, para condiciones pseudoestática.
  
- El presente estudio utilizó el modelo probabilístico debido a la limitación de información para toda la ladera del cerro (estudio geotécnico), datos de un acelerógrafo en la zona del distrito, estudios geofísicos entre otros que puedan dar un mejor alcance al estudio a elaborar.
  
- Se ha utilizado los valores recomendados de factor de seguridad para análisis estático y sudeste de la Norma CE-020 Suelos y Taludes.
  
- El estudio de mecánica de suelos analiza la permeabilidad, la baja resistencia y su comportamiento frente a las lluvias que se producen en la zona urbana de Chavín de Huántar, cambian el comportamiento del factor de cohesión y su ángulo de fricción dato que si han sido considerados para el modelamiento en el cerro Cruz de Shallapa.
  
- El estudio de peligro sísmico propone un valor de aceleración horizontal máxima de diseño PGA de 0.16 g para suelo, estimado para 475 años de periodo de retorno.
  
- Se ha considerado la humedad del suelo, a través del **coeficiente de cohesión** (es la atracción entre partículas originadas por las fuerzas moleculares y las películas de agua), obtenida como resultado de una sola muestra, procesado en el laboratorio de la UNI. Por lo tanto, la cohesión del suelo varía si cambia su contenido de humedad. Se recomienda continuar con los **Estudios de Mecánica** de suelos en toda la ladera del cerro Cruz de Shallapa hasta la plaza de toros y tener más muestras representativas para una mayor exactitud del comportamiento del suelo por lluvias intensas en la zona.

- La presencia del nivel freático en la zona de explotación del área de estudio no se ha presentado, los reportes de campo y la inspección realizada no encontró el nivel freático de forma superficial o cercana a ella.
- La evaluación del potencial de licuefacción indica que la condición actual del área de estudio no presenta condiciones para desarrollar este tipo de fenómeno.
- Para el modelamiento matemático se ha tomado como valor de 20 metros la profundidad de roca madre visto en campo, esto se deberá constatar en el estudio Geotécnico.
- No habiéndose contado con el estudio geotécnico de toda la ladera del cerro Cruz de Shallapa, el modelo solo se realizó correctamente para la muestra de la sección 01, las demás secciones 02 y 03 se han tomado con la misma muestra de suelos, asimilando que el suelo tiene las mismas características y comportamiento. Se recomienda complementar las tomas de muestras de calicatas a realizar, en toda la ladera del cerro hasta el Coso Taurino.
- Se recomienda completar el estudio geotécnico con mayor precisión para las zonas de riesgo Muy alto y Alto.
- Se recomienda evaluar el proceso de reasentamiento, debido a las condiciones obtenidas del riesgo Muy Alto, una vez se complete los estudios solicitados (Geotécnico) al presente informe.
- No se puede determinar la colocación banquetas o realizar cortes para estabilizar el talud en este presente informe, se recomienda completar los estudios a detalle como Geotécnicos (calicatas), geofísicos (tomografía eléctrica, refracción sísmica), para tener mayor certeza en la propuesta del diseño estructural que reduzcan el riesgo por deslizamiento.
- El riesgo por deslizamiento es un estudio muy complejo donde involucran factores intrínsecos del terreno así como factores externos, es por ello que a mayor información que tengamos sobre la característica del área de estudio, los resultados de análisis conllevarán a mayor certeza de la determinación del riesgo, por tal motivo se recomienda continuar con las investigaciones y completar los estudios solicitados en todas las reuniones, no solo en el área de derrumbe, también a lo largo de toda la ladera que circunda la población y que el presente informe sea una base para los futuros análisis y/o estudios con el fin de determinar con mayor exactitud las posibles zonas afectadas y plantear las medidas estructurales que reduzcan el riesgo y protejan a la población de manera eficiente y sostenible.
- El presente informe es realizado bajo un análisis de valores **semi cuantitativos**, es necesario completar los estudios geotécnico y de registros sísmicos, para realizar el método dinámico, obteniendo valores determinísticos, que tengan una representación más precisa de la zonificación del área a reubicar en el distrito de Chavín de Huántar.
- De acuerdo a la zonificación del riesgo Muy Alto, se hace necesario evaluar un proceso de reubicación y/o reasentamiento parcial de la población hacia las zonas de mayor seguridad.
- Se recomienda entregar el informe a las autoridades competentes para su difusión y aplicación en los temas de gestión de riesgos que crean convenientes.

## BIBLIOGRAFÍA

- Centro Nacional de Estimación, Prevención y reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED), 2014. Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales. 2da versión.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2017). Censo de Población, Vivienda e infraestructura Pública afectada por “El Niño Costero”
- Norma Técnica correspondientes E-020 (cargas), E-030 (Diseño sismorresistente), E-050 (suelos y cimentaciones), E-060 (concreto armado), Ministerio de Vivienda.
- Catálogo General de Isosistas para Sismos Peruanos- IGP.
- Mapa de peligros de la ciudad de Huaraz y sus áreas de expansión - informe principal. INDECI.
- Estimación del Riesgo por Exposición a Partir de Mapas de Isosistas en Perú - Silgado, 1978; Tavera et al. 2016.
- Evaluación de peligros geológicos en el Cerro Cruz de Shallapa y su influencia en la localidad de Chavín de Huántar.

## LISTA DE CUADROS

Cuadro01.	Listado las ultimas emergencias por deslizamientos en la provincia de Huari.....	11
Cuadro02.	Coordenadas UTM de los barrios que comprende la zona urbana de Chavín de Huántar	13
Cuadro03.	Población según sexo en el distrito de Chavín de Huántar.....	15
Cuadro04.	Población rural y urbana en el distrito de Chavín de Huántar .....	15
Cuadro05.	Población según nivel educativo .....	17
Cuadro06.	actividades económicas en el distrito de Chavín de Huántar .....	18
Cuadro07.	Rango de Pendiente .....	19
Cuadro08.	Caracterización de extremos de precipitación – Estación meteorológica Chavín ...	30
Cuadro09.	Anomalía de precipitación durante el mes de enero 2017 para la zona de estudio .	31
Cuadro10.	Rangos de Magnitudes sísmicas .....	41
Cuadro11.	Coordenadas de toma de la muestra .....	44
Cuadro12.	Ensayo de compresión simple de rocas .....	44
Cuadro13.	Ensayo de corte indirecto (brasileño) .....	44
Cuadro14.	Ensayo de corte directo de rocas .....	44
Cuadro15.	Ensayo de caracterización física .....	45
Cuadro16.	Comparación Proctor modificado .....	45
Cuadro17.	Ensayo de corte directo .....	45
Cuadro18.	Valores de factor de seguridad mínimos admisibles .....	48
Cuadro19.	Ensayo de caracterización física .....	48
Cuadro20.	Ensayo de caracterización física .....	48
Cuadro21.	Velocidad de desplazamiento.....	57
Cuadro22.	Matriz de normalización .....	57
Cuadro23.	Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) .....	57
Cuadro24.	Parámetros para considerar en la evaluación de la susceptibilidad .....	59
Cuadro25.	Matriz de comparación de pares del parámetro magnitud sísmica .....	59
Cuadro26.	Matriz de normalización del parámetro magnitud sísmica .....	60
Cuadro27.	Índice de Consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC) para el parámetro magnitud sísmica.....	60
Cuadro28.	Matriz de comparación de pares para los factores condicionantes. ....	60
Cuadro29.	Matriz de normalización de factores condicionantes.....	61
Cuadro30.	Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para el parámetro unidades de factores condicionantes .....	61
Cuadro31.	Matriz de comparación de pares del parámetro pendiente .....	61
Cuadro32.	Matriz de normalización del parámetro pendiente .....	61
Cuadro33.	Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para el parámetro pendiente .....	61
Cuadro34.	Matriz de comparación de pares del parámetro unidades geomorfológicas.....	62
Cuadro35.	Matriz de normalización del parámetro unidades geomorfológicas .....	62
Cuadro36.	Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para el parámetro comportamiento del suelo	62
Cuadro37.	Matriz de comparación de pares del parámetro suelos .....	63
Cuadro38.	Matriz de normalización del parámetro suelos .....	63
Cuadro39.	Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para el parámetro suelos .....	63



Cuadro40.	Población Expuesta.....	64
Cuadro41.	Viviendas expuestas .....	64
Cuadro42.	Instituciones educativas .....	64
Cuadro43.	Niveles de Peligro.....	67
Cuadro44.	Matriz de estratificación por Deslizamiento de la zona urbana de Chavín de Huántar 67	
Gráfico 22.	Metodología del análisis de la vulnerabilidad .....	69
Cuadro45.	Parámetros para utilizar en los factores exposición, fragilidad y resiliencia de la dimensión social.....	69
Cuadro46.	Matriz de comparación de pares .....	70
Cuadro47.	Matriz de normalización .....	70
Cuadro48.	Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) en la Dimensión Social .....	70
Cuadro49.	Matriz de comparación de pares del parámetro población residente.....	70
Cuadro50.	Matriz de normalización del parámetro población residente.....	70
Cuadro51.	Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para el parámetro población residente 71	
Cuadro52.	Matriz de comparación de pares del parámetro abastecimiento de agua.....	71
Cuadro53.	Matriz de normalización del parámetro abastecimiento de agua.....	71
Cuadro54.	Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para el parámetro abastecimiento de agua 71	
Cuadro55.	Matriz de comparación de pares del parámetro servicios higiénicos .....	72
Cuadro56.	Matriz de normalización del parámetro servicios higiénicos .....	72
Cuadro57.	Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para el parámetro de servicios higiénicos 72	
Cuadro58.	Matriz de comparación de pares del parámetro tipo de alumbrado .....	72
Cuadro59.	Matriz de normalización del parámetro tipo de alumbrado .....	73
Cuadro60.	Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para el parámetro de tipo de alumbrado 73	
Cuadro61.	Matriz de comparación de pares de los parámetros del factor fragilidad .....	73
Cuadro62.	Matriz de normalización de los parámetros del factor fragilidad .....	73
Cuadro63.	Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para los parámetros de la fragilidad social 73	
Cuadro64.	Matriz de comparación del parámetro Capacitación en temas de gestión de riesgo de desastres 74	
Cuadro65.	Matriz de normalización del parámetro capacitación en temas de gestión de riesgo de desastres 74	
Cuadro66.	Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para el parámetro capacitación en temas gestión de riesgo de desastres .....	75
Cuadro67.	Parámetros de Dimensión Económica .....	75
Cuadro68.	Matriz de comparación de pares .....	75
Cuadro69.	Matriz de normalización .....	75
Cuadro70.	Índice (IC) y Relación de consistencia (RC) para la Dimensión Económica .....	75
Cuadro71.	Matriz de comparación de pares del parámetro número de pisos por vivienda.....	76
Cuadro72.	Matriz de normalización del parámetro número de pisos por vivienda.....	76
Cuadro73.	Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC para el parámetro número de pisos por vivienda 76	
Cuadro74.	Matriz de comparación de pares del parámetro estado de conservación.....	76

Cuadro75.	Matriz de normalización del parámetro estado de conservación.....	77
Cuadro76.	Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para el parámetro estado de conservación	77
Cuadro77.	Matriz de comparación de pares del parámetro material predominante en las paredes	77
Cuadro78.	Matriz de normalización del parámetro material predominante en las paredes .....	77
Cuadro79.	Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para el parámetro material predominante en las paredes .....	77
Cuadro80.	Matriz de comparación de pares del parámetro material predominante en techos .	78
Cuadro81.	Matriz de normalización del parámetro material predominante en los techos .....	78
Cuadro82.	Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para el parámetro material predominante en los techos .....	78
Cuadro83.	Matriz de comparación de pares de los parámetros utilizados en el factor fragilidad de la dimensión económica .....	78
Cuadro84.	Matriz de normalización de los parámetros utilizados en el factor fragilidad de la dimensión económica .....	79
Cuadro85.	Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para los parámetros del factor fragilidad de la dimensión económica .....	79
Cuadro86.	Matriz de comparación de pares del parámetro actividad laboral .....	79
Cuadro87.	Matriz de normalización del parámetro actividad laboral .....	79
Cuadro88.	Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para el parámetro actividad laboral ....	80
Cuadro89.	Niveles de vulnerabilidad.....	80
Cuadro90.	Estratificación de la Vulnerabilidad .....	81
Cuadro91.	Niveles del riesgo .....	84
Cuadro92.	Matriz del riesgo .....	84
Cuadro93.	Estratificación del Riesgo.....	85
Cuadro94.	Efectos probables de la zona urbana de Chavín de Huántar.....	87
Cuadro95.	Valoración de consecuencias .....	90
Cuadro96.	Valoración de la frecuencia de ocurrencia.....	90
Cuadro97.	Nivel de consecuencia y daños.....	90
Cuadro98.	Aceptabilidad y tolerancia .....	91
Cuadro99.	Matriz de Aceptabilidad y tolerancia.....	91
Cuadro100.	Prioridad de Intervención .....	91

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico01.	Características de la población según sexo en el distrito de Chavín de Huántar .....	15
Gráfico02.	Población urbana y rural en el distrito de Chavín de Huántar .....	16
Gráfico03.	Población según nivel educativo.....	17
Gráfico04.	Comportamiento temporal de la temperatura y precipitación promedio en la estación meteorológica Chavín .....	28
Gráfico05.	Frecuencia promedio de lluvias extremas durante El Niño Costero 2017 en el distrito Chavín de Huántar .....	30
Figura11.	Deslizamiento de bloque en cuña .....	47
Gráfico06.	Metodología general para determinar el nivel de peligrosidad.....	55
Gráfico07.	Flujograma general del proceso de análisis de información .....	56
Gráfico08.	Identificación de Peligros en el Sector de la zona urbana de Chavín de Huántar.....	56

Gráfico09. Flujograma para estimar los niveles del riesgo ..... 83

## LISTA DE FIGURAS

Figura01.	Resultados de laboratorio de suelos .....	22
Figura02.	Anomalía de la Temperatura superficial del mar (°C) en el Pacífico ecuatorial para el periodo diciembre 2016 – abril 2017 .....	29
Figura03.	Flujo de tipos de escorrentía .....	32
Figura04.	Grietas en la parte alta del cerro Cruz de Shallapa donde ocurrió el derrumbe .....	32
Figura05.	Grietas en la parte alta del cerro Cruz de Shallapa donde ocurrió el derrumbe .....	33
Figura06.	Actividad sísmica en la región centro.....	35
Figura07.	Mapa de Sismo del Perú para el periodo 1960 y 2017 .....	37
Figura08.	Esquema que muestra la geometría de la subducción y la ubicación de las principales fuentes sismogénicas en el centro del Perú .....	38
Figura09.	Zonificación sísmica del Perú Norma E030-2019.....	39
Figura10.	Valores de aceleración en el sector Chavín Ancash .....	40
Figura11.	Deslizamiento de bloque en cuña .....	47
Figura12.	Deslizamiento de bloque en cuña secciones analizadas .....	49
Figura13.	Análisis de estabilidad estática sección 1.....	50
Figura14.	Análisis de estabilidad pseudoestática sección 1 .....	50
Figura15.	Análisis de estabilidad estática sección 2.....	51
Figura16.	Análisis de estabilidad pseudoestática sección 2.....	51
Figura17.	Análisis de estabilidad estática sección 3.....	52
Figura18.	Análisis de estabilidad pseudoestática sección 3.....	52
Figura19.	Simulación de deslizamiento con el software SCOOPS 3D .....	53

## LISTA DE MAPAS

Mapa01.	Mapa de ubicación del Sector zona urbana del distrito de Chavín de Huántar .....	14
Mapa02.	Mapa de pendientes del Sector de la zona urbana del distrito de Chavín de Huántar .....	20
Mapa03.	Mapa geomorfológico del Sector de la zona urbana Chavín de Huántar .....	24
Mapa04.	Mapa geológico del Sector de la zona urbana Chavín de Huántar .....	27
Mapa05.	Mapa de Magnitud sísmica .....	42
Mapa06.	Mapa de factor de seguridad .....	54
Mapa07.	Mapa de Velocidad de desplazamiento .....	58
Mapa08.	Mapa de elementos expuestos por deslizamiento de la zona urbana Chavín de Huántar..	66
Mapa09.	Mapa de Peligro por deslizamiento de la zona Chavín de Huántar .....	68
Mapa10.	Mapa de vulnerabilidad .....	82
Mapa11.	Mapa de riesgo.....	86

## ANEXOS

Foto 01. Vista IN SITU del derrumbe



Foto 02. Vista IN SITU del derrumbe



Foto 03. Vista IN SITU del derrumbe



Foto 04. Vista panorámica del cerro Cruz de Shallapa donde se inició el derrumbe



Foto 05. Viviendas destruidas

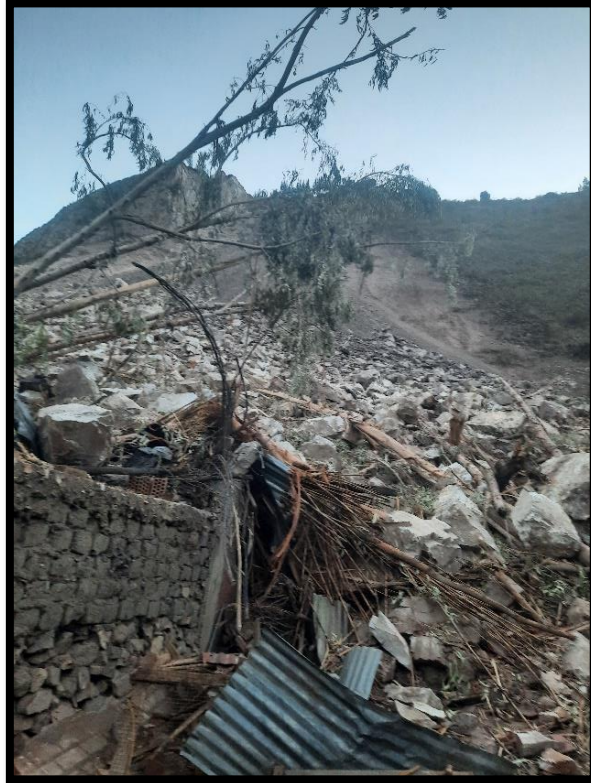


Foto 06. Viviendas destruidas

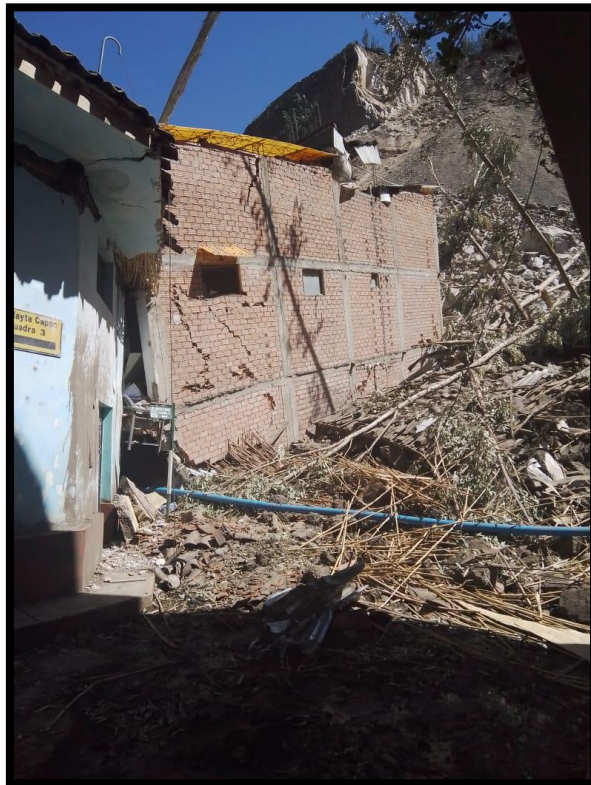


Foto 07. Viviendas destruidas



Foto 08. Viviendas destruidas



Foto 09. Grietas y rajaduras en la parte alta – zona del mirador



Foto 10. Grietas y rajaduras en la parte alta – zona del mirador





Foto 11. Muestra de roca



Foto 12. Muestra de suelos



Foto 13. Vista desde el estadio



Foto 14. En el recorrido a la zona urbana se puede ver el mismo comportamiento



Foto 15. Reunión del grupo de trabajo con la población



## RESULTADOS DEL ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil  
 Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas  
 y Mitigación de Desastres  
 Laboratorio Geotécnico



**ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FISICAS**

(ASTM - D2216; D6913; D4318; D4943; D2487; D-3282)

Informe : LG22-045  
 Solicitante : EDUARDO AGÜERO  
 Proyecto : Estudio de Evaluación de riesgos del distrito de Chavin de Huantar

Fecha : Agosto, 2022

Ubicación : Dist. Chavin de Huatar, Prov. Huari , Región Huaraz

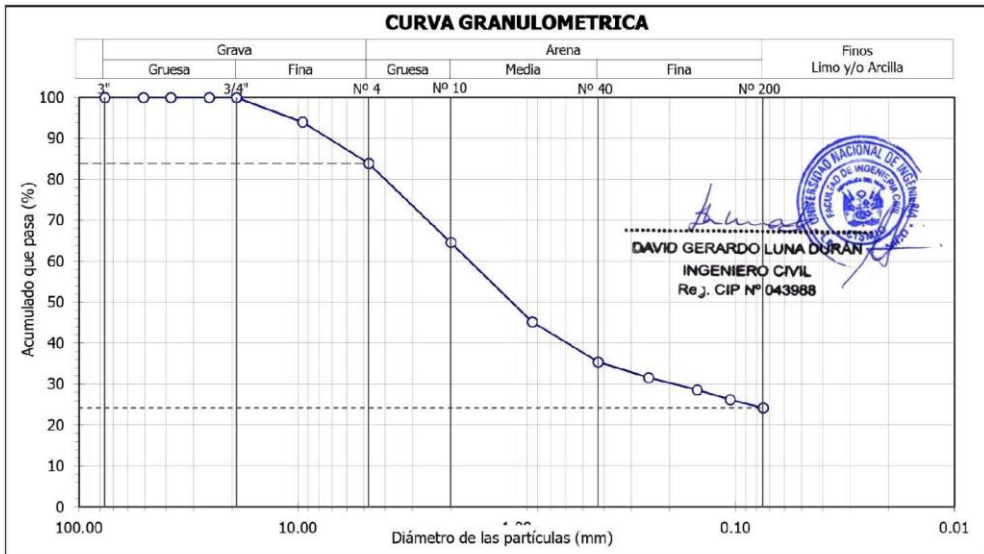
Sondaje : D - 1  
 Muestra : M - 1  
 Profundidad (m) : 0.50

Hoja : 1 de 1

Tamiz	Abertura (mm)	Acum. q' Pasa (%)
3"	76.200	100.0
2"	50.800	100.0
1½"	38.100	100.0
1"	25.400	100.0
¾"	19.050	100.0
3/8"	9.525	94.0
Nº 4	4.750	83.9
Nº 10	2.000	64.6
Nº 20	0.850	45.2
Nº 40	0.425	35.4
Nº 60	0.250	31.6
Nº 100	0.150	28.6
Nº 140	0.106	26.2
Nº 200	0.075	24.2

Contenido de humedad - D2216		(%)	1.4
Límites de consistencia D4318	Límite Líquido	(%)	24
	Límite Plástico	(%)	15
	Índice de Plasticidad	(%)	9
Resultados de granulometría por tamizado	Límite de Contracción - D4943	(%)	---
	Coefficiente de Uniformidad (Cu)		---
	Coefficiente de Curvatura (Cc)		---
	Grava [ Nº 4 < $\phi$ < 3" ]	(%)	16.1
	Arena [ Nº 200 < $\phi$ < Nº 4 ]	(%)	59.7
	Finos [ $\phi$ < Nº 200 ]	(%)	24.2

Clasificación - D3282 / D2487	
AASHTO	SUCS
<b>A-2-4 (0)</b>	<b>SC Arena arcillosa con grava</b>



Observación : La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante.  
 Av. Túpac Amaru 1150, Rímac, Lima 25, Código Postal 15333 – Perú  
 Teléfonos: (1) 4811070 Anexo 7314 / Celular: 960153589.  
 Correo-e: [labgeoc@uni.edu.pe](mailto:labgeoc@uni.edu.pe) / URL: <http://www.cismid-uni.org>



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil  
 Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas  
 y Mitigación de Desastres  
 Laboratorio Geotécnico



**COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO**

(ASTM - D1557 "A")

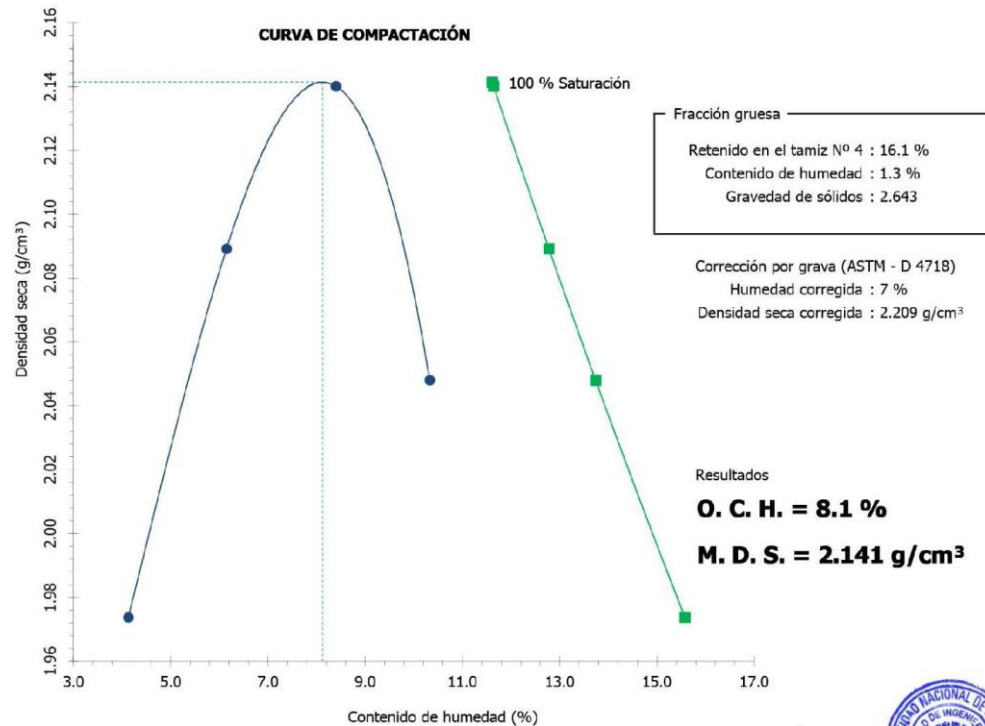
Informe : LG22-045  
 Solicitante : EDUARDO AGÜERO  
 Proyecto : Estudio de Evaluación de riesgos del distrito de Chavín de Huantar

Fecha : Agosto, 2022

Ubicación : Dist. Chavin de Huatar, Prov. Huari , Región Huaraz

Sondaje : D - 1 Hoja : 1 de 1  
 Muestra : M - 1 AASHTO : A-2-4 (0)  
 Prof. (m) : 0.50 SUCS : SC / Arena arcillosa con grava

Fracción fina				
- Material que pasa el Tamiz N° 4		Acumulado que pasa : 83.9 %		
- Martillo manual		Gravedad de sólidos : 2.85		
Humedad (%) :	4.1	6.1	8.4	10.3
Densidad seca (g/cm³) :	1.974	2.089	2.140	2.048
Humedad al 100% de Sat. (%) :	15.6	12.8	11.6	13.7



Observación : La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante.

Av. Túpac Amaru 1150, Rímac, Lima 25, Código Postal 15333 - Perú  
 Teléfonos: (1) 4811070 Anexo 7314 / Celular: 960153589.  
 Correo-e: [labgeoci@uni.edu.pe](mailto:labgeoci@uni.edu.pe) / URL: <http://www.cismid-uni.org>

*David Gerardo Luna Durán*  
 DAVID GERARDO LUNA DURÁN  
 INGENIERO CIVIL  
 Re J. CIP N° 043988

*Eddy C. Condezo Chuquijas*  
 ING. EDDY C. CONDEZO CHUQUIJAS  
 EVALUADOR DE RIESGO  
 R.J. N° 017-2019-CENEPRED/J  
 CIP N°160735





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil  
Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas  
y Mitigación de Desastres  
Laboratorio Geotécnico



**ENSAYOS DE CORTE DIRECTO**

(ASTM - D3080)

Informe : LG22-045  
Solicitante : EDUARDO AGÜERO  
Proyecto : Estudio de Evaluación de riesgos del distrito de Chavín de Huántar

Fecha : Agosto, 2022

Ubicación : Dist. Chavín de Huántar, Prov. Huari, Región Huaraz

Sondaje : D - 1  
Muestra : M - 1  
Prof. (m) : 0.50  
Estado : Remoldeado / Humedecido

Velocidad : 0.25 mm/min  
AASHTO : A-2-4 (0)  
SUCS : SC / Arena arcillosa con grava  
Hoja : 2 de 4

**ESFUERZO NORMAL : 2 kg/cm<sup>2</sup>**

**Datos del espécimen**

Diámetro : 6 cm  
Altura : 2.5 cm

**Contenido de humedad**

Inicial : 3.7 %  
Final : 13.9 %

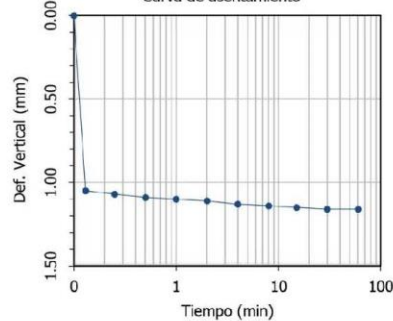
**Aplicación del esfuerzo normal**

Tiempo (min)	Deform. Vertical (mm)	Altura (mm)	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )
0	0.000	25.000	1.930
0.13	1.050	23.950	2.015
0.25	1.070	23.930	2.016
0.5	1.090	23.910	2.018
1	1.100	23.900	2.019
2	1.110	23.890	2.020
4	1.130	23.870	2.021
8	1.140	23.860	2.022
15	1.150	23.850	2.023
30	1.160	23.840	2.024
60	1.160	23.840	2.024

**Aplicación del esfuerzo cortante**

Deformación		Altura (mm)	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	Esfuerzo	
Horizontal (%)	Vertical (mm)			Cortante (kg/cm <sup>2</sup> )	Normalizado
0.00	0.000	23.840	2.024	0.000	0.000
0.05	0.000	23.840	2.024	0.274	0.137
0.10	0.010	23.830	2.025	0.480	0.240
0.20	0.030	23.810	2.026	0.675	0.337
0.35	0.060	23.780	2.029	0.848	0.424
0.50	0.090	23.750	2.032	0.981	0.491
0.75	0.110	23.730	2.033	1.136	0.568
1.00	0.130	23.710	2.035	1.241	0.620
1.25	0.140	23.700	2.036	1.306	0.653
1.50	0.140	23.700	2.036	1.349	0.675
1.75	0.150	23.690	2.037	1.378	0.689
2.00	0.160	23.680	2.038	1.400	0.700
2.50	0.170	23.670	2.038	1.439	0.720
3.00	0.180	23.660	2.039	1.475	0.738
3.50	0.190	23.650	2.040	1.497	0.749
4.00	0.190	23.650	2.040	1.519	0.759
4.50	0.200	23.640	2.041	1.540	0.770
5.00	0.200	23.640	2.041	1.540	0.770
6.00	0.220	23.620	2.043	1.566	0.783
7.00	0.230	23.610	2.044	1.573	0.786
8.00	0.240	23.600	2.044	1.569	0.785
9.00	0.250	23.590	2.045	1.580	0.790
10.00	0.250	23.590	2.045	1.591	0.795
11.00	0.260	23.580	2.046	1.602	0.801
12.00	0.280	23.560	2.048	1.609	0.804

Curva de asentamiento



**Observación :**

La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante. Material que pasa el tamiz N° 4, humedad = 8.1%, densidad seca = 1.93g/cm<sup>3</sup>, remoldeado al 90% de la MDS, obtenida del ensayo Proctor Modificado (OCH = 8.1%; MDS = 2.14g/cm<sup>3</sup>). El ensayo a sido realizado de acuerdo a la norma ASTM-D3080, bajo la responsabilidad del del solicitante. Los datos de remoldeo son responsabilidad del solicitante.

Av. Túpac Amaru 1150, Rímac, Lima 25, Código Postal 15333 – Perú  
Teléfonos: (1) 4811070 Anexo 7314 / Celular: 960153589.  
Correo-e: [labgeoci@uni.edu.pe](mailto:labgeoci@uni.edu.pe) / URL: <http://www.cismid-uni.org>

DAVID GERARDO LUNA DURÁN  
INGENIERO CIVIL  
Re. J. CIP N° 043988

ING. EDDY C. CONDEZO CHUQUIJAS  
EVALUADOR DE RIESGO  
R.J. N° 017-2019-CENEPRED/J  
CIP N°160735





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil  
Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas  
y Mitigación de Desastres  
Laboratorio Geotécnico



**ENSAYOS DE CORTE DIRECTO**

(ASTM - D3080)

Informe : LG22-045  
Solicitante : EDUARDO AGÜERO  
Proyecto : Estudio de Evaluación de riesgos del distrito de Chavín de Huantar

Fecha : Agosto, 2022

Ubicación : Dist. Chavin de Huatar, Prov. Huari , Región Huaraz

Sondaje : D - 1  
Muestra : M - 1  
Prof. (m) : 0.50  
Estado : Remoldeado / Humedecido

Velocidad : 0.25 mm/min  
AASHTO : A-2-4 (0)  
SUCS : SC / Arena arcillosa con grava  
Hoja : 3 de 4

**ESFUERZO NORMAL : 4 kg/cm<sup>2</sup>**

**Datos del espécimen**

Diámetro : 6 cm  
Altura : 2.5 cm

**Contenido de humedad**

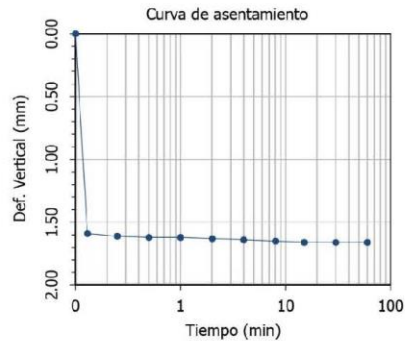
Inicial : 3.7 %  
Final : 12.4 %

**Aplicación del esfuerzo normal**

Tiempo (min)	Deform. Vertical (mm)	Altura (mm)	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )
0	0.000	25.000	1.930
0.13	1.590	23.410	2.061
0.25	1.610	23.390	2.063
0.5	1.620	23.380	2.064
1	1.620	23.380	2.064
2	1.630	23.370	2.065
4	1.640	23.360	2.065
8	1.650	23.350	2.066
15	1.660	23.340	2.067
30	1.660	23.340	2.067
60	1.660	23.340	2.067

**Aplicación del esfuerzo cortante**

Deformación		Altura (mm)	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	Esfuerzo	
Horizontal (%)	Vertical (mm)			Cortante (kg/cm <sup>2</sup> )	Normalizado
0.00	0.000	23.340	2.067	0.000	0.000
0.05	0.000	23.340	2.067	0.350	0.087
0.10	0.000	23.340	2.067	0.685	0.171
0.20	0.020	23.320	2.069	1.035	0.259
0.35	0.040	23.300	2.071	1.371	0.343
0.50	0.060	23.280	2.073	1.623	0.406
0.75	0.090	23.250	2.075	1.930	0.483
1.00	0.110	23.230	2.077	2.125	0.531
1.25	0.130	23.210	2.079	2.266	0.566
1.50	0.140	23.200	2.080	2.352	0.588
1.75	0.160	23.180	2.081	2.421	0.605
2.00	0.170	23.170	2.082	2.493	0.623
2.50	0.180	23.160	2.083	2.597	0.649
3.00	0.200	23.140	2.085	2.670	0.667
3.50	0.210	23.130	2.086	2.720	0.680
4.00	0.220	23.120	2.087	2.778	0.694
4.50	0.230	23.110	2.088	2.807	0.702
5.00	0.230	23.110	2.088	2.839	0.710
6.00	0.240	23.100	2.089	2.857	0.714
7.00	0.240	23.100	2.089	2.872	0.718
8.00	0.240	23.100	2.089	2.857	0.714
9.00	0.250	23.090	2.090	2.810	0.703
10.00	0.260	23.080	2.090	2.785	0.696
11.00	0.270	23.070	2.091	2.749	0.687
12.00	0.280	23.060	2.092	2.727	0.682



**Observación :**

La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante. Material que pasa el tamiz N° 4, humedad = 8.1%, densidad seca = 1.93g/cm<sup>3</sup>, remoldeado al 90% de la MDS, obtenida del ensayo Proctor Modificado (OCH = 8.1%; MDS = 2.14g/cm<sup>3</sup>). El ensayo a sido realizado de acuerdo a la norma ASTM-D3080, bajo la responsabilidad del del solicitante. Los datos de remoldeo son responsabilidad del solicitante.

Av. Túpac Amaru 1150, Rímac, Lima 25, Código Postal 15333 – Perú  
Teléfonos: (1) 4811070 Anexo 7314 / Celular: 960153589.  
Correo-e: [labgeoc@uni.edu.pe](mailto:labgeoc@uni.edu.pe) / URL: <http://www.cismid-uni.org>

**DAVID GERARDO LUNA DURÁN**  
INGENIERO CIVIL  
Rej. CIP N° 043988

**ING. EDDY C. CONDEZO CHUQUIAGUAS**  
EVALUADOR DE RIESGO  
R.J. N° 017-2019-CENEPRED/J  
CIP N°160735



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil  
 Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas  
 y Mitigación de Desastres  
 Laboratorio Geotécnico



**ENSAYOS DE CORTE DIRECTO**

(ASTM - D3080)

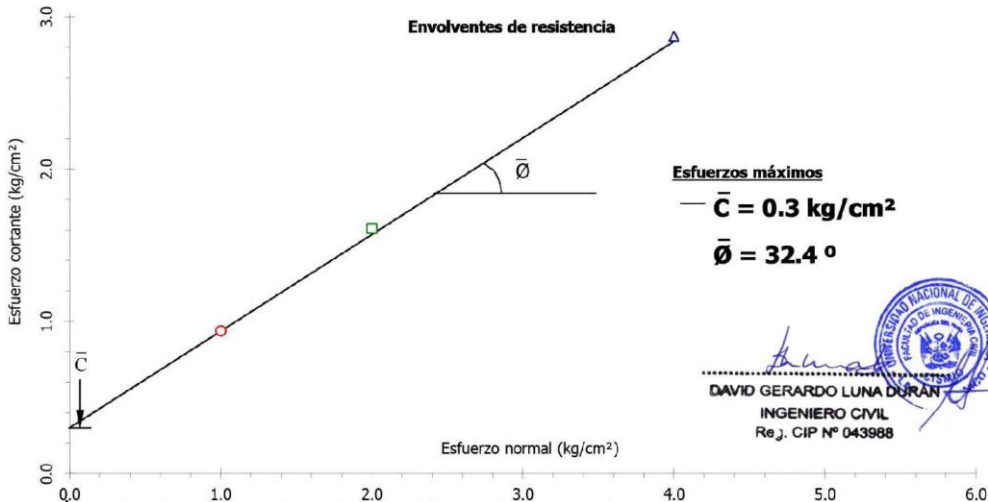
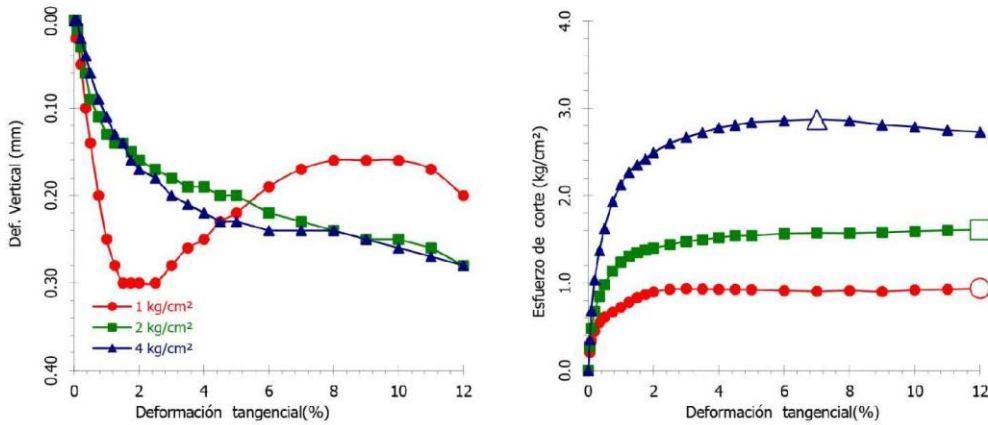
Informe : LG22-045  
 Solicitante : EDUARDO AGÜERO  
 Proyecto : Estudio de Evaluación de riesgos del distrito de Chavín de Huántar

Fecha : Agosto, 2022

Ubicación : Dist. Chavín de Huántar, Prov. Huari, Región Huaraz

Sondaje	D - 1	Velocidad	: 0.25 mm/min
Muestra	M - 1	AASHTO	: A-2-4 (0)
Prof. (m)	0.50	SUCS	: SC / Arena arcillosa con grava
Estado	Remoldeado / Humedecido	Hoja	: 4 de 4

**Aplicación del esfuerzo cortante**



**Esfuerzos máximos**  
 $\bar{C} = 0.3 \text{ kg/cm}^2$   
 $\bar{\phi} = 32.4^\circ$

*[Signature]*  
 DAVID GERARDO LUNA DURAN  
 INGENIERO CIVIL  
 Rej. CIP Nº 043988

Av. Túpac Amaru 1150, Rímac, Lima 25, Código Postal 15333 - Perú  
 Teléfonos: (1) 4811070 Anexo 7314 / Celular: 960153589.  
 Correo-e: [labgeoci@uni.edu.pe](mailto:labgeoci@uni.edu.pe) / URL: <http://www.cismid-uni.org>

## RESULTADOS DEL ESTUDIO DE MECANICA DE ROCAS



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica**  
**Laboratorio de Mecánica de Rocas**



Informe: N° 073/22/LMR/UNI  
 Empresa: GEOPROYECTOS INGENIEROS SAC  
 Proyecto: "ESTUDIO DE EVALUACION DE RIESGOS DEL DISTRITO DE CHAVIN DE HUANTAR"  
 Fecha: 24/08/2022

**ENSAYO DE COMPRESION UNIAXIAL**

Los ensayos se realizaron según la norma ASTM D2938-95, dando los siguientes resultados:

Muestra	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Carga de rotura (kN)	Resistencia a la Compresión Uniaxial (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la Compresión Uniaxial (MPa)
R1	4.07	8.16	263.2	2064	202.4

**ENSAYO DE TRACCION INDIRECTA (Brasilero)**

Los ensayos se realizaron según la norma ASTM D3967-95, dando los siguientes resultados:

Muestra	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Carga (kN)	Resist. a la tracción (kg/cm <sup>2</sup> )	Resist. a la tracción (MPa)
R1	5.36	2.94	34.5	142	13.9
	5.36	2.91	32.7	136	13.3
	5.36	2.80	33.8	146	14.3
	<b>PROMEDIO</b>			<b>142</b>	<b>13.9</b>

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO**

Los ensayos se realizaron sobre discontinuidad con caras paralelas a la dirección de corte, según norma ASTM D5607-95, dando los siguientes resultados.

Muestra	Tipo de discontinuidad	Esfuerzo Normal (MPa)	Esfuerzo de Corte (MPa)	Cohesión (MPa)	Angulo de Fricción (°)
R1	Simulada	1.10	0.70	0.103	28.05
		2.21	1.27		
		3.31	1.86		
		4.42	2.46		
		5.52	3.05		

Nota:

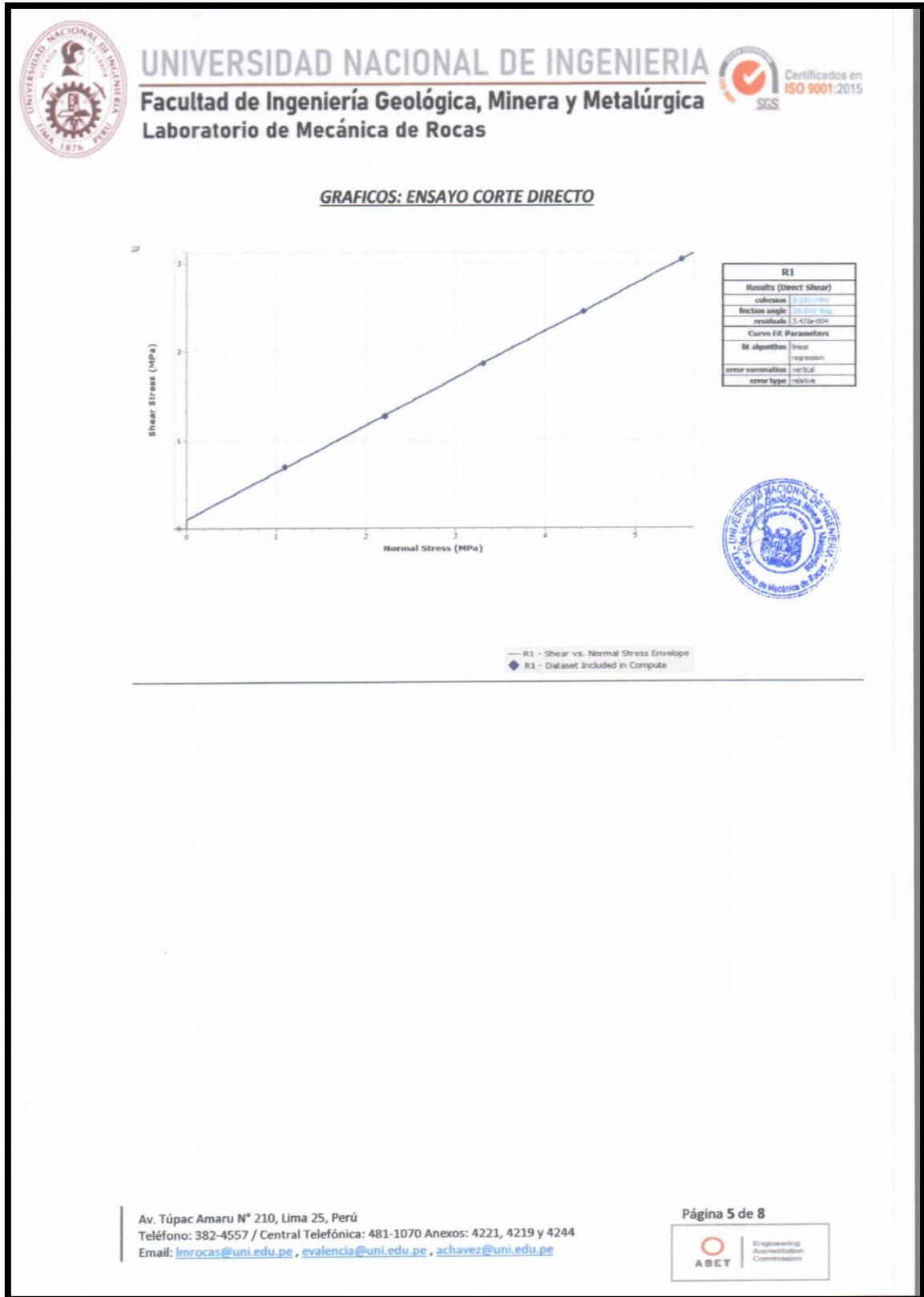
- La empresa solicitante es responsable de la toma de muestra en campo.
- La información correspondiente a las muestras fue proporcionada por el solicitante.



Av. Túpac Amaru N° 210, Lima 25, Perú  
 Teléfono: 382-4557 / Central Telefónica: 481-1070 Anexos: 4221, 4219 y 4244  
 Email: [lmrocas@uni.edu.pe](mailto:lmrocas@uni.edu.pe), [evalencia@uni.edu.pe](mailto:evalencia@uni.edu.pe), [achavez@uni.edu.pe](mailto:achavez@uni.edu.pe)

Página 3 de 8







UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica  
Laboratorio de Mecánica de Rocas



**FOTOS: COMPRESION UNIAXIAL**

Muestra: R1

Antes

Después



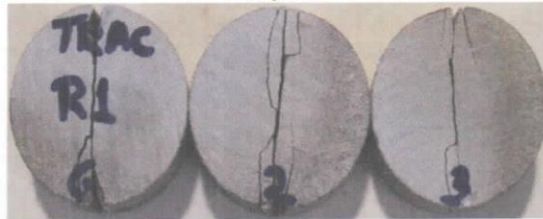
**FOTOS: TRACCION INDIRECTA**

Muestra: R1

Antes



Después



Av. Túpac Amaru N° 210, Lima 25, Perú  
Teléfono: 382-4557 / Central Telefónica: 481-1070 Anexos: 4221, 4219 y 4244  
Email: [lmrocas@uni.edu.pe](mailto:lmrocas@uni.edu.pe), [evalencia@uni.edu.pe](mailto:evalencia@uni.edu.pe), [achavez@uni.edu.pe](mailto:achavez@uni.edu.pe)

Página 7 de 8





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica**  
**Laboratorio de Mecánica de Rocas**



**FOTOS: CORTE DIRECTO**

**Muestra: R1**  
**Antes**



**Después**



Av. Túpac Amaru N° 210, Lima 25, Perú  
Teléfono: 382-4557 / Central Telefónica: 481-1070 Anexos: 4221, 4219 y 4244  
Email: [lmrocas@uni.edu.pe](mailto:lmrocas@uni.edu.pe), [evalencia@uni.edu.pe](mailto:evalencia@uni.edu.pe), [achavez@uni.edu.pe](mailto:achavez@uni.edu.pe)

Página 8 de 8

