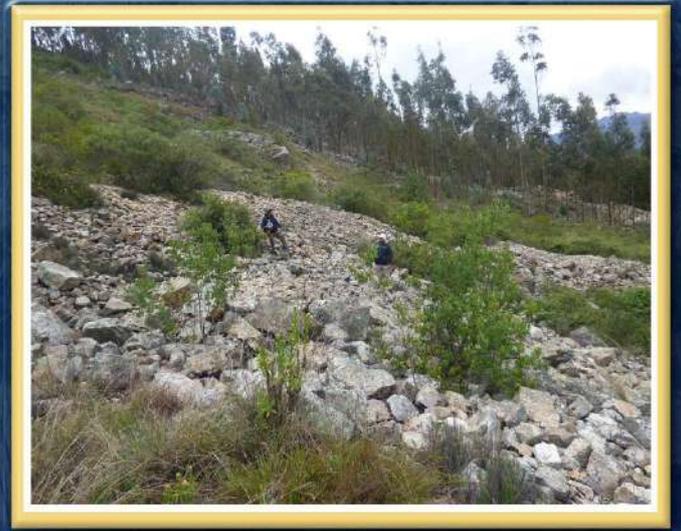
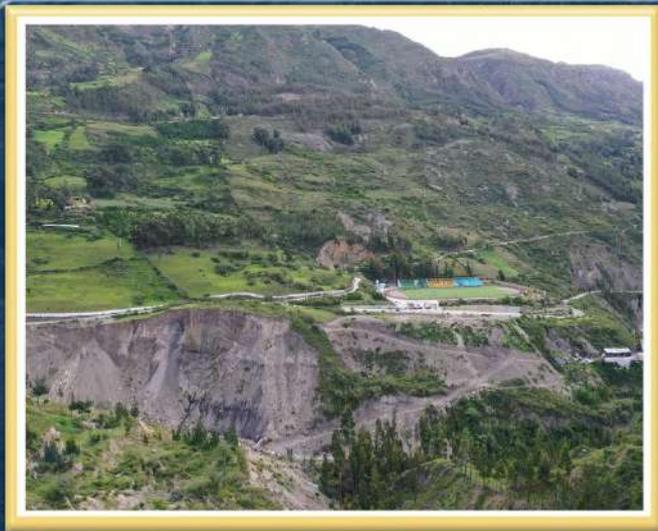


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7489

EVALUACIÓN INGENIERO GEOLÓGICA DE LA LADERA COLINDANTE AL ESTADIO MUNICIPAL DE CHAVÍN DE HUÁNTAR

Departamento Áncash
Provincia Huari
Distrito Chavín de Huántar



MARZO
2024

EVALUACIÓN INGENIERO GEOLÓGICA DE LA LADERA COLINDANTE AL ESTADIO MUNICIPAL DE CHAVIN DE HUANTAR

Distrito de Chavín de Huántar, provincia de Huari, departamento de Áncash

Elaborado por la Dirección
de Geología Ambiental y
Riesgo Geológico del
Ingemmet

Equipo de investigación:

Mauricio Núñez Peredo
Guisela Choquenaira Garate
Richard Huayta Pacco
Fredy Estrada Pérez
Gonzalo Luna Guillen
Ely Ccorimanya Chalco
Segundo Núñez Juarez
Lionel Fidel Smoll

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2024). Evaluación ingeniero geológico de la ladera colindante al estadio municipal de Chavín de Huántar. Distrito Chavín de Huántar, provincia Huari, departamento Áncash. Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7489, 55 p.

ÍNDICE

RESUMEN.....	4
1. INTRODUCCIÓN.....	5
1.1. Objetivos del estudio.....	5
1.2. Alcances.....	5
1.2.1. Investigaciones básicas.....	5
1.3. Limitaciones.....	6
1.4. Antecedentes y trabajos anteriores.....	6
1.5. Aspectos generales.....	7
1.5.1. Ubicación.....	7
1.5.2. Accesibilidad.....	7
1.5.3. Población.....	9
1.5.4. Clima.....	9
2. DEFINICIONES.....	10
3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	12
3.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional.....	12
3.2. Geoformas de carácter tectónico depositacional y agradacional.....	12
3.3. Índice Topográfico de Humedad (TWI).....	13
4. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	15
4.1. Sustrato rocoso.....	15
4.2. Depósitos superficiales.....	16
3.1.1. Depósito coluvio – deluvial.....	16
3.1.2. Depósito coluvial.....	16
5. ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS.....	19
5.1. Métodos directos utilizados In-Situ.....	20
5.2. Prueba de infiltración directa en área circular (PIDAC).....	20
6. PELIGROS GEOLÓGICOS.....	25
6.1. Movimientos en masa antiguo.....	25
6.1.1. Deslizamiento activo de Nunupata.....	25
6.1.2. Avalancha de rocas.....	26
6.1.3. Derrumbes.....	26
6.2. Factores condicionantes.....	30
6.3. Factores desencadenantes.....	31
7. INVESTIGACIONES GEOFÍSICAS.....	33
7.1. Prospección geofísica.....	33
7.1.1. Métodos geofísicos.....	33
7.2. Adquisición de datos.....	33
7.2.1. Procesamiento de datos.....	34
7.3. Resultados e interpretación.....	34
7.3.1. Tomografía eléctrica.....	34
8. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE LADERA.....	36
9. CONCLUSIONES.....	41
10. RECOMENDACIONES.....	43
11. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA.....	45
ANEXO 1: MAPAS.....	46
ANEXO 3: RESULTADOS DE LABORATORIO.....	51

RESUMEN

El presente informe es el resultado de la evaluación ingeniero geológica realizado en la ladera colindante al estadio Municipal de Chavín de Huántar, jurisdicción distrital de Chavín de Huántar, provincia Huari, departamento Áncash. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica en peligros geológicos, para los tres niveles de gobierno.

El estadio de Chavín de Huántar se encuentra asentado sobre el cuerpo de un deslizamiento en proceso de reactivación. Este depósito está compuesto por bloques angulosos a subangulosos, heterométricos, alterados y meteorizados; envueltos en una matriz limo - arenosa; considerados como suelos inconsolidados, inestables y susceptibles a la ocurrencia de movimientos en masa.

En el contexto geomorfológico, se encuentra ubicado sobre una vertiente con depósitos de deslizamientos originados por procesos de movimientos en masa antiguos, cuyas pendientes varían de moderada a escarpada (15°- 45°), factor que estaría contribuyendo en la reactivación del deslizamiento.

La ladera noreste del cerro Pacsin presenta saltos y desplazamientos producto de la reactivación de antiguos deslizamientos, generando deformación en el terreno y evidenciado por rajaduras y grietas en la infraestructura del Estadio Municipal de Chavín de Huántar; aspectos similares se encuentran en la vía asfaltada que conecta las poblaciones de Chavín de Huántar y San Marcos.

Se considera que la infiltración de agua sobre el terreno está generando mayor inestabilidad en la ladera, debido a la sobresaturación y humedecimiento sobre el suelo; otro factor adicional es el corte del talud que se realizó para el trazo de la carretera departamental.

La estabilidad de la ladera noreste del cerro Pacsin se analizó en condiciones estáticas y pseudo-estáticas, divididas en tres segmentos; ladera superior, media e inferior. El factor de seguridad obtenido en condiciones estáticas de la zona media indica valor de 1.162 y en condiciones pseudo-estáticas 0.958, lo que indica posibles problemas de inestabilidad en la ladera. Los valores más bajos se obtuvieron en la ladera inferior, obteniendo valores de 0.998 en condiciones estáticas y 0.704 en condiciones pseudo-estáticas.

Debido a las condiciones geológicas - geotécnicas, geomorfológicas y geodinámicas, el área donde se encuentra asentado el estadio de Chavín de Huántar es considerado como zona de **peligro Alto** a deslizamientos y avalancha de rocas.

Por lo indicado líneas arriba, en la parte alta se recomienda captar, permeabilizar y canalizar las aguas que infiltran al terreno. Así mismo, se recomienda implementar sistemas de drenaje tipo espina de pescado, californianos o sub drenes en la ladera noreste del Pacsin, con el propósito de captar las aguas de escorrentía pluvial, derivándolas a cauces de quebradas próximas. Para los deslizamientos reactivados implementar sistemas de drenaje tipo zanja de coronación. Finalmente, realizar defensa ribereña al pie del derrumbe, para evitar que la dinámica erosiva del río Mosna siga erosionando.

1. INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, ente técnico-científico desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) la “Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT. 11)”, contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico en zonas que tengan elementos vulnerables.

Dentro del convenio de Cooperación Interinstitucional entre **La Compañía Minera Antamina S.A.** e **INGEMMET**, con la finalidad de fortalecer la cultura de prevención, así como la cooperación técnica y proyectos de investigación o asesoría especializada compatible con las funciones y competencias de ambas partes, se realizó la evaluación ingeniero geológico en la ladera colindante al estadio municipal de Chavín de Huántar, del 12 al 21 de abril del año 2023.

El trabajo involucró el análisis ingeniero geológico y geotécnico, con miras de proponer recomendaciones de intervención en los problemas de estabilización del deslizamiento de la ladera, que compromete la seguridad física del estadio municipal de Chavín de Huántar.

Este informe se pone a consideración de la Municipalidad Distrital de Chavín de Huántar y entidades encargadas en la gestión del riesgo de desastres, donde se proporcionan resultados de la evaluación y recomendaciones para la mitigación y reducción del riesgo, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

1.1. Objetivos del estudio

Realizar la evaluación ingeniero geológica en la ladera colindante al estadio municipal de Chavín de Huántar, incluyendo la identificación de rasgos estructurales y mecanismos de movimiento del sitio; así como la caracterización geomecánica de los depósitos cuaternarios comprometidos en el deslizamiento.

Analizar el comportamiento hidrogeológico de la zona a fin de recomendar y/o afianzar las medidas adecuadas para su estabilización.

1.2. Alcances

El estudio permitirá conocer las características geomecánicas del macizo rocoso y depósitos cuaternarios, con miras a presentar las recomendaciones de intervención para su estabilización.

1.2.1. Investigaciones básicas

- Caracterización litológica y estructural de la masa rocosa y depósitos cuaternarios involucrados, en base a un mapeo detallado.
- Evaluación de las propiedades físico - mecánicas de la roca y suelo, mediante ensayos in-situ, toma de muestras para los respectivos análisis de laboratorio.
- Determinar la calidad del suelo involucrado en el talud del área de estudio.
- Evaluación de los factores detonantes que influyen sobre la estabilidad (precipitaciones pluviales, sismos, actividad antrópica, entre otros)
- Reconocimiento hidrogeológico con el fin de evaluar el comportamiento de las aguas subterráneas en el área evaluada.
- Realizar líneas de tomografía eléctrica.

- Realizar levantamiento de columnas y estaciones geomecánicas.
- Realizar cartografiado hidrogeológico.
- Realizar el inventario de fuentes de agua superficial y subterránea
- Realizar ensayos de infiltración.

1.3. Limitaciones

Para el análisis de estabilidad de taludes se ha tomado como referencia datos bibliográficos que fueron correlacionados conjuntamente con los estudios del Expediente Técnico de la construcción del estadio Municipal y el análisis de 3 muestras de suelos obtenidos en la etapa de campo.

1.4. Antecedentes y trabajos anteriores

Existen trabajos previos y publicaciones del Ingemmet, que incluyen sectores aledaños a las zonas de evaluación (informes técnicos) y otros estudios regionales relacionados a temas de geología y geodinámica externa (boletines), de los cuales destacan los siguientes:

- A) Informe técnico N°A7361 “Peligros geológicos y zonas críticas entre Chavín de Huántar y Pomachaca. Distritos Chavín de Huántar, San Marcos, Huántar, Huachis y Huari; provincia Huari; departamento Áncash” (Choquenaira, et al., 2023). En este informe se cataloga el sector del Estadio Chavín de Huántar y alrededores como **zona crítica** y de **peligro alto** ante la ocurrencia de deslizamientos. Así mismo, los autores recomiendan colocar zanjas de coronación y prohibir riego por inundación en la parte alta del deslizamiento.
- B) Boletín N° 38, Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica: “Riesgos geológicos en la región Ancash” (Zavala et al., 2009). De acuerdo al mapa regional de susceptibilidad por movimientos en masa, a escala 1:250 000, se evidencia que el área de evaluación se encuentra en **zonas de susceptibilidad Alta**.
- Entendiéndose, la susceptibilidad a movimientos en masa, como la propensión que tiene una determinada zona a ser afectada por un determinado proceso geológico (movimiento en masa), expresado en grados cualitativos y relativos.
- C) Informe técnico N°A6391 “Movimientos en masa en la cuenca del río Huachecsa, Chavín de Huántar” (Fidel, et al., 2007). Los autores identificaron mega – eventos a lo largo del valle del río Mosna, entre Chavín y San Marcos, los cuales comprometen rocas y depósitos superficiales y que represaron el río en tiempos pasados.
- D) Informe técnico N°A6550 “Zonas críticas por peligros geológicos y geohidrológicos en la región Ancash. Primer Reporte” (Zavala, et al., 2007). Los autores determinaron como **Zona Crítica** entre el valle del río Mosna hasta la localidad de Puchca, debido a la peligrosidad que representa la zona ante la ocurrencia de derrumbes, deslizamientos y flujo de detritos, con evidencia de aluviones históricos en el valle.
- E) Mapa de Zonificación Sísmica del Perú (Norma E-030 Diseño Sismorresistente, del Reglamento Nacional de Edificaciones, actualizado al 2016). De acuerdo a este mapa, el

área de estudio se ubica en la Zona 3 (sismicidad media), determinándose aceleraciones de 0.35 g. Este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años. Este factor se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad (DS No. 003-2016-VIVIENDA).

- F) Boletín N° 76, Serie A, Carta Geológica Nacional: “Geología de los cuadrángulos de Huaraz, Recuay, La Unión, Chiquian, y Yanahuanca” (Cobbing, et al., 1996). En este boletín se describen las unidades litoestratigráficas aflorantes en la zona de estudio y alrededores que corresponde principalmente de areniscas cuarzosas intercaladas con limo-arcillitas negras y grises de la Formación Oyón.

1.5. Aspectos generales

1.5.1. Ubicación

El estadio municipal de Chavín de Huántar, se ubica en la margen izquierda del río Mosna, frente al centro poblado de Millhuish, a 2.6 km al noreste de Chavín de Huántar (figura 1). Políticamente, pertenece al distrito Chavín de Huántar, provincia Huari, departamento de Ancash.

Las coordenadas UTM (WGS84 – Zona 18S) del área evaluada se muestran en la siguiente tabla 1:

Tabla 1. Coordenadas del área evaluada

Vértice	UTM - WGS84 - Zona 18S		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	261923	8943152	-9.55397638°	-77.1689309°
2	261920	8941611	-9.56790366°	-77.1690503°
3	260511	8941614	-9.56779492°	-77.1818842°
4	260514	8943155	-9.55386776°	-77.1817642°
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
Coordenada principal	261144	8942326	-9.561395123°	-77.17607456°

1.5.2. Accesibilidad

El acceso a la zona de estudio se realizó por vía terrestre desde la oficina central de Ingemmet (Lima), hasta el estadio municipal de Chavín de Huántar (Ancash), mediante la siguiente ruta (cuadro 1):

Cuadro 1. Ruta de acceso.

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Lima – Catac	Asfaltada	367	6h 18 minutos
Catac – Chavín de Huántar	Asfaltada	67.2	1h 21 minutos
Chavín de Huántar – Estadio municipal	Asfaltada	4.1	11 minutos

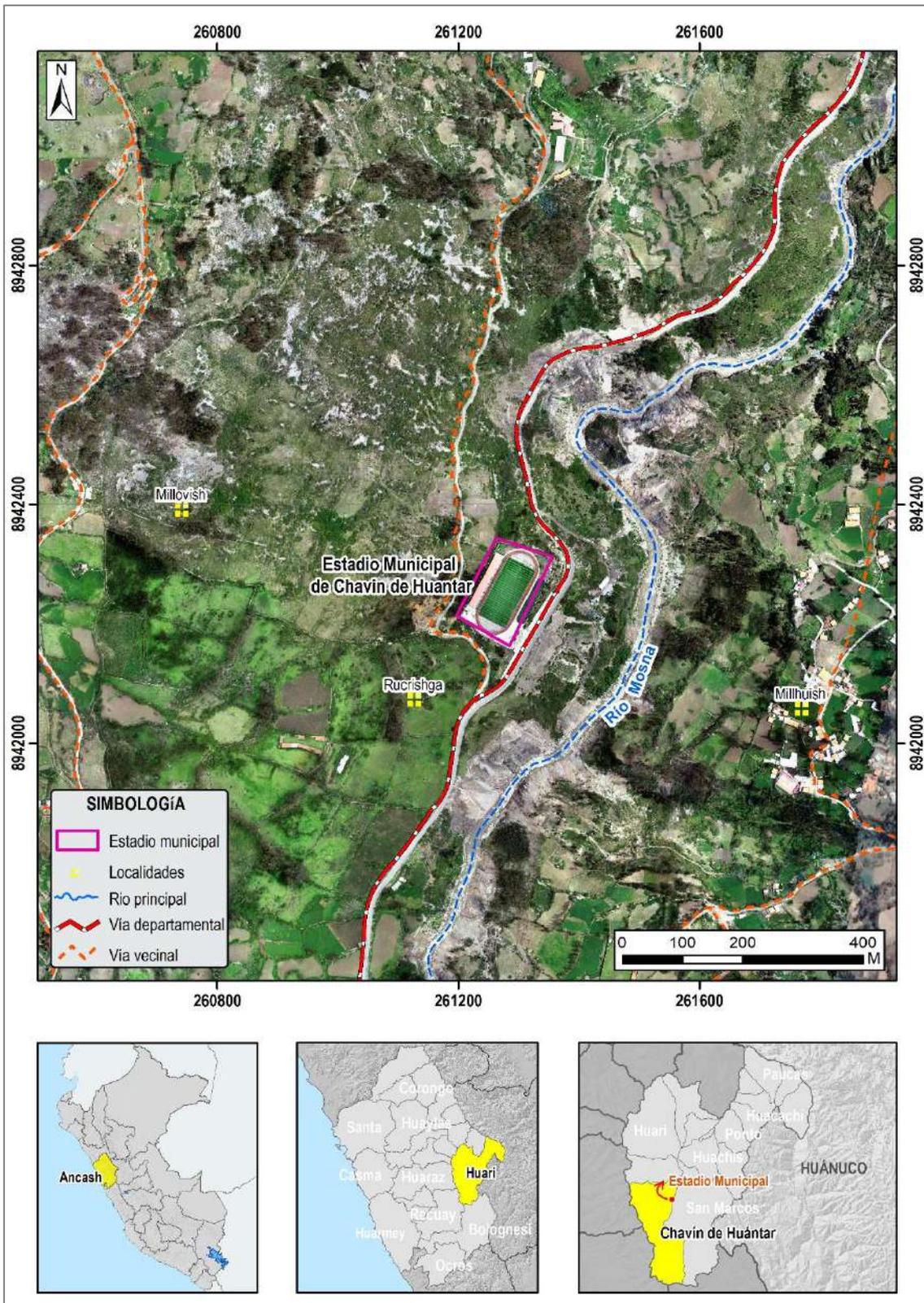


Figura 1. Mapa de ubicación del área evaluada.

1.5.3. Población

Según el censo 2017 de vivienda y población (INEI), la distribución poblacional en el distrito de Chavín de Huántar asciende a 2384 habitantes y 881 viviendas censadas; sin embargo, el poblado de Chavín de Huántar alberga una población de 800 habitantes y 600 viviendas (cuadro 2); incluye la construcción del estadio municipal.

Cuadro 2. Distribución poblacional del distrito de Chavín de Huántar.

DISTRITO	POBLADO	POBLACIÓN	VIVIENDA
CHAVÍN DE HUÁNTAR	Chavín de Huántar	800	600

Fuente: Censo 2017 de vivienda y población (INEI).

1.5.4. Clima

Según la clasificación climática de Thornthwaite (SENAMHI, 2020), el distrito de Chavín de Huántar y alrededores presenta un clima semiseco, frío, con deficiencias de lluvias en invierno y con humedad relativa calificada como húmeda.

En cuanto a la cantidad de lluvia, según datos meteorológicos y pronóstico del tiempo del servicio de aWhere (que analiza datos de 2 millones de estaciones meteorológicas virtuales en todo el mundo, combinándolos con datos ráster y de satélite), la precipitación máxima registrada en el periodo 2019-2022 fue de 35.8 mm, (figura 2). Cabe recalcar que las lluvias son de carácter estacional, es decir, se distribuyen muy irregularmente a lo largo del año, produciéndose generalmente de diciembre a abril.

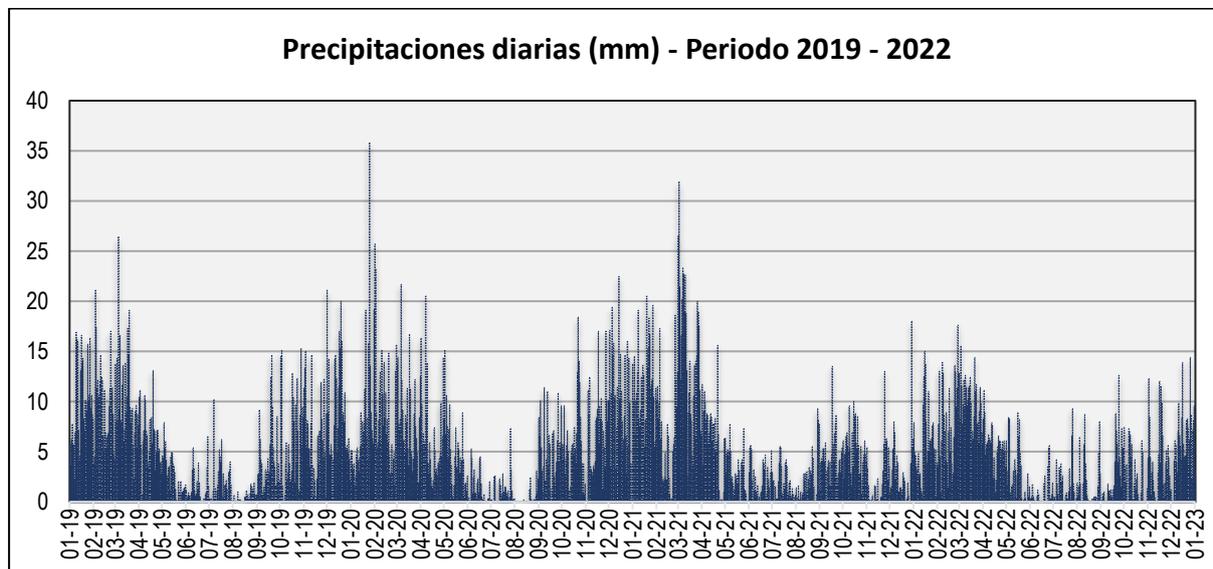


Figura 2. Precipitaciones máximas diarias en mm, distribuidas a lo largo del periodo 2019-2022. La figura permite analizar la frecuencia de las anomalías en las precipitaciones pluviales que inducen al desarrollo de la erosión del suelo. Fuente: Landviewer, disponible en: <https://crop-monitoring.eos.com/weather-history/field/9082407>.

La temperatura anual oscila entre un máximo de 19.0°C en verano y un mínimo de 2.0°C en invierno. Así mismo, presenta una humedad promedio de 60% durante casi todo el año, (Servicio aWhere).

2. DEFINICIONES

El presente informe técnico está dirigido a entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno, así como personal no especializado, no necesariamente geólogos. En el informe se desarrollan terminologías y definiciones vinculadas a la identificación, tipificación y caracterización de peligros geológicos, para la elaboración de informes y documentos técnicos en el marco de la gestión de riesgos de desastres. La terminología técnica utilizada, tiene como base el libro: “Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas” desarrollado en el Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007), donde participó la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet. Los términos y definiciones se detallan a continuación:

AGRIETAMIENTO: Formación de grietas causada por esfuerzos de tensión o de compresión sobre masas de suelo o roca, o por desecación de materiales arcillosos.

AVALANCHA DE ROCA: Movimiento tipo flujo, extremadamente rápido y masivo de roca fragmentada proveniente de un gran deslizamiento de roca, o de una caída de roca (Hungry *et al.*, 2001).

CORONA Zona adyacente arriba del escarpe principal de un deslizamiento que prácticamente no ha sufrido desplazamiento ladero abajo. Sobre ella suelen presentarse algunas grietas paralelas o semi paralelas conocidas como grietas de tensión o de tracción.

COLUVIO-DELUVIAL: Forma de terreno o depósito formado por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvial y deluvial (material con poco transporte), los cuales se encuentran interestratificados y por lo general no es posible diferenciarlos.

DERRUMBE: Desplome de una masa de roca, suelo o ambos por gravedad, sin presentar una superficie o plano definido de ruptura, y más bien una zona irregular. Se producen por lluvias intensas, erosión fluvial; rocas muy meteorizadas y fracturadas.

DESLIZAMIENTO: Movimiento ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla (Cruden y Varnes, 1996). Según la forma de la superficie de falla se clasifican en traslacionales (superficie de falla plana u ondulada) y rotacionales (superficie de falla curva y cóncava).

ESCARPE Superficie vertical o semi vertical que se forma en macizos rocosos o de depósitos de suelo debido a procesos denudativos (erosión, movimientos en masa, socavación), o a la actividad tectónica. En el caso de deslizamientos se refiere a un rasgo morfométrico de ellos.

FACTOR CONDICIONANTE: Se refiere al factor natural o antrópico que condiciona o contribuye a la inestabilidad de una ladera o talud, pero que no constituye el evento detonante del movimiento.

FACTOR DETONANTE: Acción o evento natural o antrópico, que es la causa directa e inmediata de un movimiento en masa. Entre ellos pueden estar, por ejemplo, los terremotos, la lluvia, la excavación del pie de una ladera, la sobrecarga de una ladera, entre otros.

FORMACIÓN GEOLÓGICA: Unidad litoestratigráfica formal que define cuerpos de rocas caracterizados por presentar propiedades litológicas comunes (composición y estructura) que las diferencian de las adyacentes.

FRACTURA: Corresponde a una estructura de discontinuidad menor en la cual hay separación por tensión, pero sin movimiento tangencial entre los cuerpos que se separan.

METEORIZACIÓN Se designa así a todas aquellas alteraciones que modifican las características físicas y químicas de las rocas y suelos. La meteorización puede ser física, química y biológica. Los suelos residuales se forman por la meteorización in situ de las rocas subyacentes.

MOVIMIENTO EN MASA Fenómeno de remoción en masa (Co, Ar), proceso de remoción en masa (Ar), remoción en masa (Ch), fenómeno de movimiento en masa, movimientos de ladera, movimientos de vertiente. Movimiento ladero abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras (Cruden, 1991).

REPRESAMIENTO Este aspecto se refiere a represamientos de cursos de agua. Para este tipo de efecto se requieren cuatro tipos de información: (1) El tipo de represamiento, según la clasificación de Costa y Schuster (1988) (2) La morfometría o forma de la presa puede ser bastante irregular como se observa en los distintos tipos de la figura anterior y por lo tanto las dimensiones se deben adaptar con el mejor criterio, siguiendo las siguientes definiciones: Longitud (m). Distancia horizontal entre el pie del talud aguas arriba y el pie del talud aguas abajo de la presa. Altura (m). Distancia vertical en el centro de la corona de la presa, medida desde el nivel natural del cauce hasta la superficie de la corona. Ancho (m). Distancia horizontal transversal al curso de las aguas, medida a lo largo de la corona de la presa.

RETROGRESIVO: Tipo de actividad de un movimiento en masa, en el cual la superficie de falla se extiende en la dirección opuesta al movimiento del material desplazado (Cruden y Varnes, 1996).

SATURACIÓN: El grado de saturación refleja la cantidad de agua contenida en los poros de un volumen de suelo dado. Se expresa como una relación entre el volumen de agua y el volumen de vacíos.

SUSCEPTIBILIDAD: La susceptibilidad está definida como la propensión que tiene una determinada zona a ser afectada por un determinado proceso geológico, expresado en grados cualitativos y relativos. Los factores que controlan o condicionan la ocurrencia de los procesos geodinámicos son intrínsecos (la geometría del terreno, la resistencia de los materiales, los estados de esfuerzo, el drenaje superficial y subterráneo, y el tipo de cobertura del terreno) y los detonantes o disparadores de estos eventos son la sismicidad y la precipitación pluvial.

TALUD: Superficie artificial inclinada de un terreno que se forma al cortar una ladera, o al construir obras como por ejemplo un terraplén.

ZONAS CRÍTICAS: Son zonas o áreas con peligros potenciales de acuerdo a la vulnerabilidad asociada (infraestructura y centros poblados), que muestran una recurrencia, en algunos casos, entre periódica y excepcional. Algunas pueden presentarse durante la ocurrencia de lluvias excepcionales y puede ser necesario considerarlas dentro de los planes o políticas nacionales, regionales y/o locales sobre prevención y atención de desastres.

3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas (Anexo 1: Mapa 1), se consideraron criterios de control como: la homogeneidad litológica y caracterización conceptual en base a aspectos del relieve en relación a la erosión, denudación y sedimentación (Vílchez et al., 2020). La ladera este de cerro Pacsin, se encuentra en la margen izquierda del valle del río Mosna, con laderas de pendiente fuertes (15°-25°) a muy fuerte (25°-45°), donde existe la posibilidad que la activación de dicha ladera pueda generar importantes cierres del valle; con consecuencias de afectación a viviendas, infraestructuras y medios de vida, ubicadas aguas abajo.

A continuación, se mencionan las principales unidades geomorfológicas identificadas que conforman el actual relieve en la zona de estudio. Cabe recalcar que, dichas definiciones y unidades establecidas en el mapa geomorfológico regional del departamento de Ancash, a escala 1/ 1 000 000 (Ingemmet, 2012), fueron complementadas y modificadas con información obtenida en campo.

3.1. Geformas de carácter tectónico degradacional y erosional

La principal subunidad de montaña estructural en rocas sedimentarias (ME-rs) que circunda por el lado noreste el estadio municipal de Chavín de Huántar tiene una altura de más de 300 m respecto al nivel de base local. Se dispone en dirección norte-sur modelando secuencias de la Formación Oyón, conformada por areniscas cuarzosas intercaladas con lutitas y limolitas color negro.

Las montañas presentan cimas alargadas – puntiagudas y laderas de pendientes que varían de 15° a 85°, consideradas de media a muy escarpada. Además, de un claro control estructural que configuró una morfología accidentada, definido por la presencia de avalancha de rocas, deslizamientos y derrumbes, que modelaron el actual relieve.

3.2. Geformas de carácter tectónico depositacional y agradacional

Están representadas por formas de terreno resultados de la acumulación de materiales provenientes de los procesos denudativos y erosionales.

Se tiene la subunidad de vertiente coluvio-deluvial (V-cd), originada por la ocurrencia de avalancha de rocas antiguas; así también, se identificó vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd) originadas por procesos de movimientos en masa antiguos y recientes de la ladera este del cerro Pacsin, ambas geoformas presentan relieve ondulado, con pendiente que varía de media (15°) a empinada (45°), lo que ha contribuido en la reactivación de la ladera en forma de deslizamiento, cuya deformación se evidencia en la infraestructura del estadio de Chavín de Huántar. Su composición litológica es homogénea y su morfología es usualmente convexa, con disposición semicircular a elongada en relación con la zona de arranque o despegue del movimiento en masa (figura 3).

De forma caótica y dispersa se ha observado la subunidad de vertiente coluvial (V-c) o depósitos inconsolidados de origen coluvial producto de la reactivación en forma de caída de rocas, derrumbes y avalancha de rocas recientes, dispuestos y acumulados en toda la ladera este del cerro Pacsin.



Figura 3: Ladera este del cerro Pacsin, presenta relieve ondulado, aspecto indicativo de procesos de movimientos en masa como deslizamiento, derrumbes y avalanchas de rocas antiguos, activos y reactivados.

3.3. Índice Topográfico de Humedad (TWI)

El índice topográfico de humedad (TWI) permite identificar los lugares potenciales donde se concentra la humedad o las zonas de acumulación de aguas de escorrentía superficial. La obtención de este indicador fue realizada mediante una secuencia de análisis de modelos digitales de terreno (MDT) de alta resolución y precisión (obtenido de la fotogrametría del dron) y procesados en SAGA GIS.

En el área de estudio, se observa la mayor cantidad de acumulación de agua demarcada y coloreada de color azul, que discurren por las zonas superficiales de los deslizamientos identificados y cartografiados en la ladera este del cerro Pacsin, preferentemente, en dirección al río Mosna; lo que sugiere que, en incrementos de precipitaciones pluviales, la posibilidad de un incremento de la inestabilidad de ladera es alta.

En la parte baja de la ladera, se ha identificado derrumbes activos con importante cantidad de drenajes, por donde discurre aguas de escorrentía pluvial en temporada de lluvias intensas. En esta zona se debe realizar obras de drenajes para evitar que agua continúe erosionando la ladera y atenúe el avance retrogresivo del derrumbe; de esa manera se evitará la afectación a la carretera asfaltada que comunica a San Marcos y demás poblaciones (figura 4).

De igual manera, al pie del talud derrumbado, en la vía AH110 de la carretera Chavín de Huántar- San Marcos, se ha observa a intensa red de drenaje que estaría acelerando la reactivación den evento.

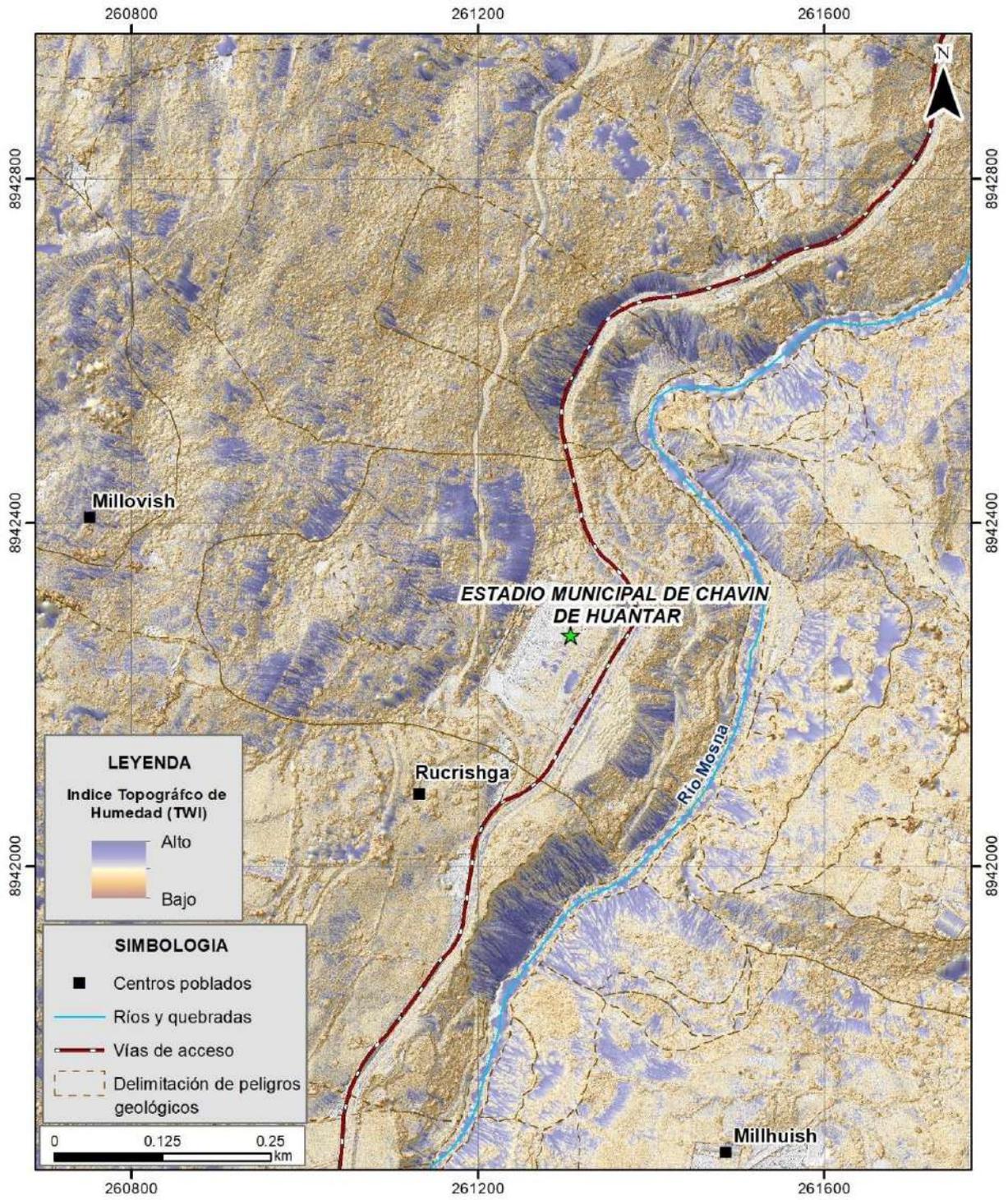


Figura 4. Mapa de la acumulación de agua (TWI) en la ladera este que delimita el estadio Municipal de Chavín de Huántar.

4. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis ingeniero - geológica realizado en la ladera este del cerro Pacsin, se desarrolló en base a la información obtenida en campo y la Carta Geológica del cuadrángulo de Recuay – hoja 20-i, (Cobbing et al., 1996), a escala 1/100 000, donde se presentan rocas sedimentarias del Cretácico y depósitos del Cuaternario que cubren gran parte de los afloramientos. Estos materiales a través de la cartografía y en base a la interpretación de imágenes satelitales, fotografías aéreas se completa en el mapa geológico, presentado en el mapa 3: Anexo 1.

Las unidades litoestratigráficas que afloran en la zona de estudio, corresponden a rocas de origen sedimentario de la Formación Oyón (Ki-oy), y depósitos coluvio-deluviales y coluviales, acumulados desde el Pleistoceno hasta la actualidad.

4.1. Sustrato rocoso

Hacia el suroeste y noroeste del estadio Municipal, se tiene afloramiento de areniscas cuarzosas grises a blancas, de grano fino a medio, intercaladas con limo - arcillitas negras y grises, además de niveles de carbón (figura 5) de la Formación Oyón (Cobbing, et al, 1996). Estas rocas presentan una resistencia media (50-100 Mpa), moderadamente meteorizadas y de mediana a muy fracturadas definidas por tres familias principales de discontinuidades, generando bloques sueltos entre 0.2 m a 1.5 m. De acuerdo a sus características ingeniero – geológicas, se consideran como rocas de regular calidad geotécnica (Choquenaira & Núñez, 2022).

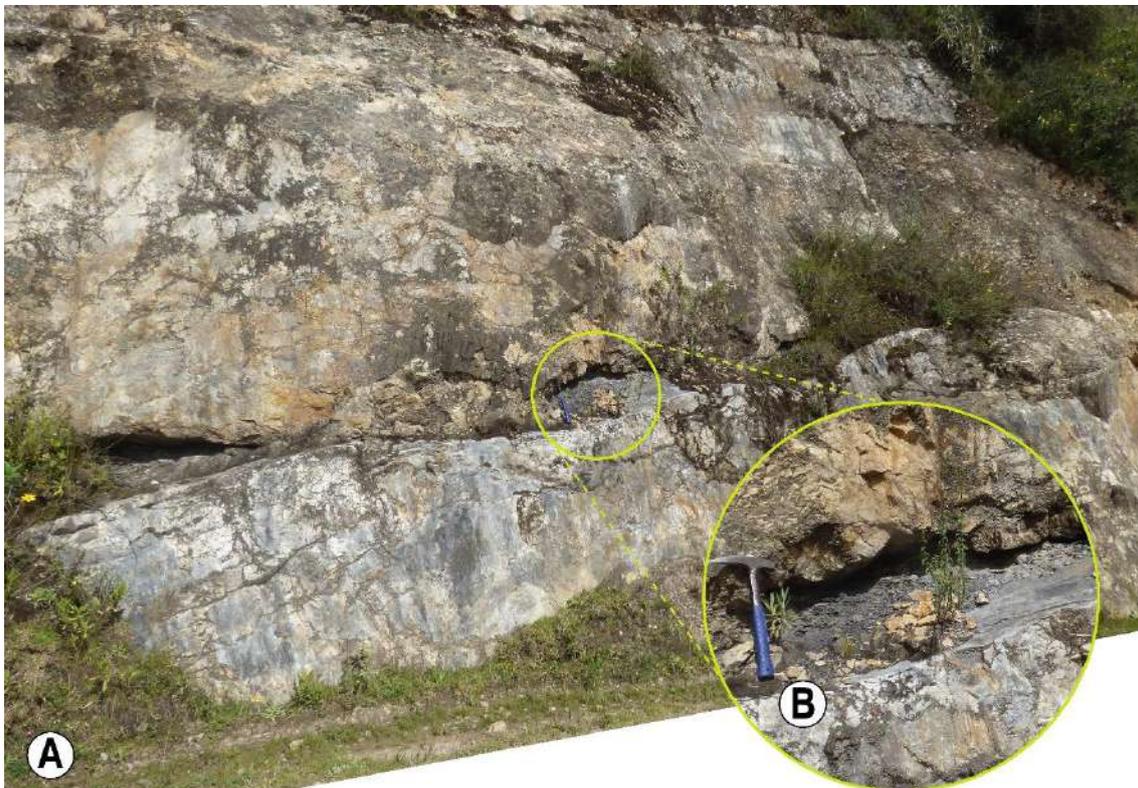


Figura 5. A) Sustrato rocoso compuesto por areniscas cuarzosas grises a blancas, de grano fino a medio, intercaladas con limo arcillitas negras a grises y niveles de carbón de la Formación Oyón. B) Detalle de los niveles de carbón en areniscas cuarzosas.

4.2. Depósitos superficiales

Superficialmente, el terreno se encuentra con una cobertura por depósitos inconsolidados principalmente de tipo coluvial y coluvio-deluvial, producto de la meteorización de las rocas sedimentarias y removidos constantemente por acción de la gravedad y las aguas de escorrentía pluvial.

4.2.1. Depósito coluvio – deluvial

Clasificación del suelo: SM (SUSC)

Origen y descripción: Están compuestos por fragmentos líticos de origen sedimentario, angulosos a subangulosos con diámetros que varían de 30 a 80 cm (10%), gravas (15%), gránulos (25%) envueltos en una matriz de arenas medias a gruesas (30%) con contenidos de limos y arcillas (20 %) (fotografía 1). Son producto de la meteorización de las rocas sedimentarias y removidos por procesos de movimientos en masa. Estos depósitos se han originado por meteorización y destrucción mecánica de las rocas preexistentes, así como por depositación gravitacional y acción de las aguas de escorrentía superficial.

Características ingeniero geológicas: Estructura masiva, heterogeneidad en su composición, variabilidad de sus propiedades mecánicas y espesores. Depósitos medianamente consolidados por acomodo de sus constituyentes, porosos, y de baja plasticidad.

Permeabilidad: Se estima de media a alta.

Excavabilidad: Se puede excavar fácilmente con medios mecánicos.

Distribución, espesor y relaciones estratigráficas: Estos materiales se sitúan en la ladera media a baja del cerro Pacsin, con espesor, según estudios geofísicos de ~ 30, sobre la cual ha construido el estadio Municipal de Chavín de Huántar.

4.2.2. Depósito coluvial

Clasificación del suelo: SM (SUSC)

Origen y descripción: Están compuestos por bloques heterométrico de origen sedimentario, angulosos a subangulosos con diámetros de hasta 5 m (35 %), cantos y gravas (45%), arenas medias a gruesas con contenidos de limos y arcillas (20 %); removidos por procesos de movimientos en masa y acumulaciones en la base de las laderas (fotografía 2).

Características ingeniero geológicas: Estructura masiva, heterogeneidad en su composición, variabilidad de sus propiedades mecánicas y espesores. Depósito suelto, porosos, y de baja plasticidad.

Permeabilidad: Se estima de alta.

Excavabilidad: Se puede excavar fácilmente con medios mecánicos.

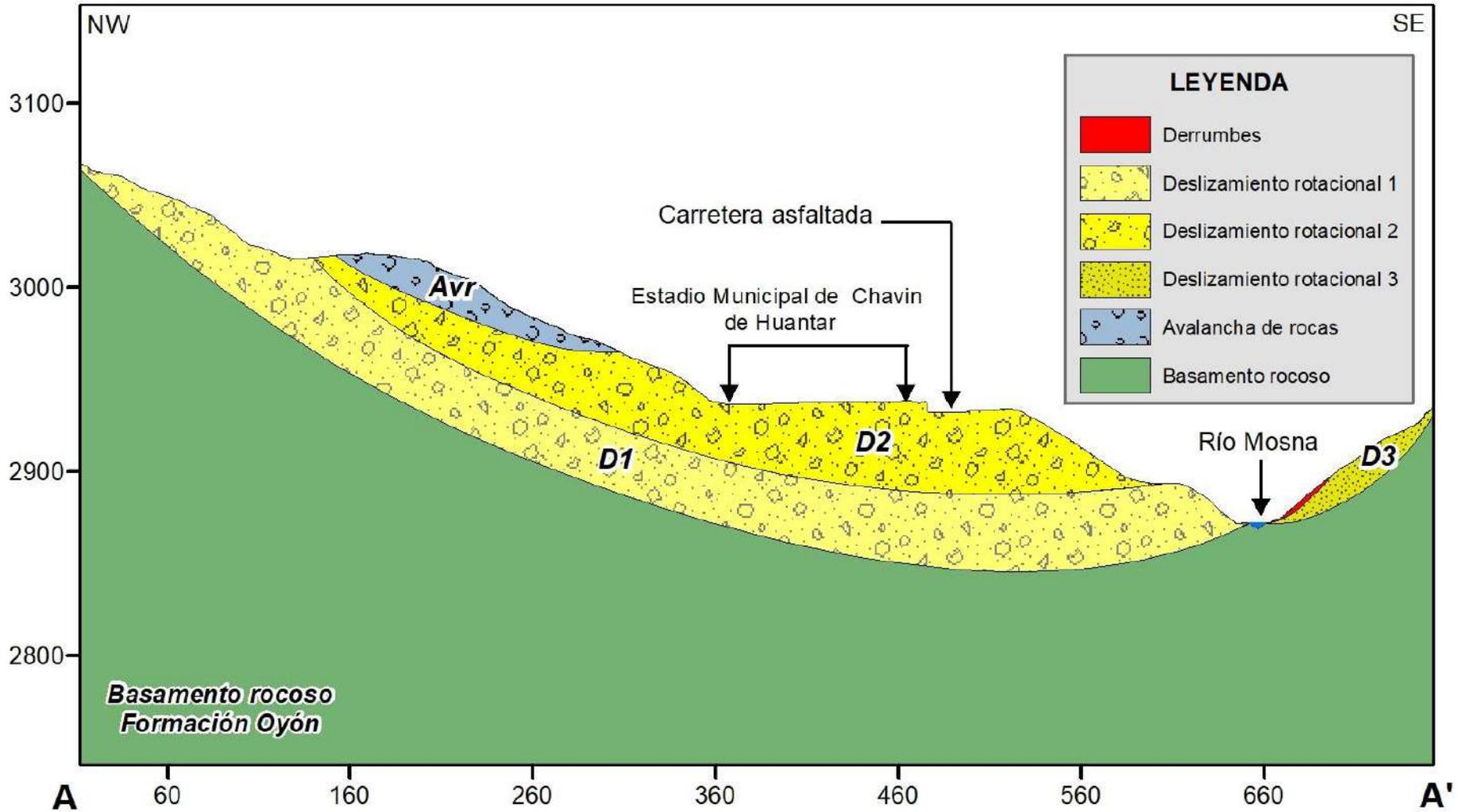
Distribución, espesor y relaciones estratigráficas: Se encuentran distribuidos de forma dispersa y caótica en toda la ladera este del cerro Pacsin, según los ensayos geofísicos se estima un espesor de 10 m.



Fotografía 1. Vista del depósito coluvio-deluvial poco consolidado, compuestos por fragmentos de roca angulosos a subangulosos de tamaños variables (4 a 50 cm), envueltos en una matriz limo-arenosa. Granulometría: 10% bloques, 15% gravas, 25% gránulos, 30% arenas, 20% limos y arcillas.



Fotografía 2. Depósito coluvial, dispuesto de forma caótica en la ladera este del cerro Pacsin. Se presenta inconsolidado y sin matriz que lo contenga.



5. ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS

En el estudio hidrogeológico, un factor muy importante de destacar es el inventario de puntos de surgencia de agua o manantes. En el área de estudio se han identificado cuatro fuentes de agua, de los cuales, tres de ellos han sido captados para uso agrícola (tabla 2); sin embargo, parte del agua captadas discurre por la ladera, llegando a infiltrarse pendiente abajo sobre el terreno (figura 7). Así mismo, en la parte alta se tiene un canal de riego revestido parcialmente hasta media ladera, de tal forma que el agua continúa su recorrido por la ladera hasta infiltrarse en su totalidad sobre el terreno (figura 8). Estas condiciones actuales estarían incrementando la inestabilidad de la ladera, por sobresaturación del suelo, con altas probabilidades de una reactivación de considerable magnitud.

Tabla 2. Inventario de surgencias de agua registradas en campo.

N°	COORDENADAS UTM			Ocurrencia
	Norte	Este	Cota	
SA 1	8942408	260806	3304	Surgencia de agua
SA 2	8942398	260992	3242	Surgencia de agua
SA 3	8942610	260635	3388	Surgencia de agua
SA 4	8942346	261275	3130	Surgencia de agua
SA 5	8942419	260820	3305	Captación de agua



Figura 7: En la ladera se inventario 4 manantes de agua los cuales han sido captados para uso agrícola, sin embargo, parte del agua discurre por la ladera, llegando a infiltrarse pendiente abajo sobre el terreno.



Figura 8: Canal de riego revestido hasta media ladera, lo que hace que el agua continúe su recorrido ladero abajo hasta infiltrarse. Coordenadas referenciales: UTM WGS84 Zona 18S 260618 E, 8942627 N.

5.1. Métodos directos utilizados In-Situ

Los métodos directos en terreno permiten identificar la conductividad hidráulica de un suelo de forma directa a través de experiencias que involucran la excavación de pozos superficiales. Para efectos de esta memoria se realizó 1 tipo de ensayo de campo denominado PIDAC.

5.2. Prueba de infiltración directa en área circular (PIDAC)

El ensayo PIDAC consiste en hacer una perforación profunda por medio de un mecanismo que penetra una camisa de acero circular en el terreno, este mecanismo usa sus propias relaciones para el cálculo de la conductividad; sin embargo, la prueba PIDAC (figura 9 a) permiten jugar con las variables del ensayo, como la profundidad y el diámetro del tubo. Es similar al ensayo Lefranc, pero no se intercepta la napa, además el tubo no tiene perforaciones laterales por lo que la infiltración solamente se produce en sentido vertical (figura 9 b).

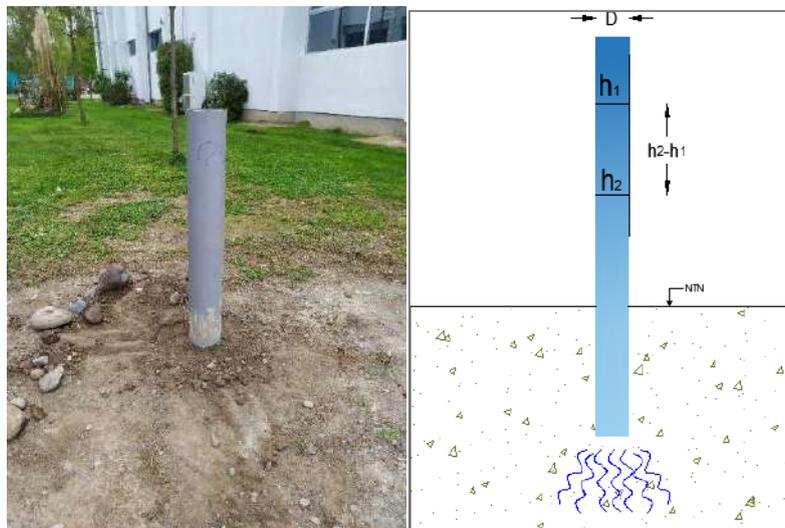


Figura 9. a) Prueba de infiltración directa en área circular. b) Esquema del ensayo.

Inicialmente, es importante saber que se trabaja sobre un suelo saturado. El ensayo consiste en hacer una perforación en el terreno para luego hincar un tubo graduado de diámetro conocido. El ensayo puede hacerse usando una carga variable o constante.

5.2.1. ENSAYO 1:

Tomado en la ladera superior, al costado de un ojo de agua (figura 10), en las siguientes coordenadas UTM (WGS84): x: 260820; y: 8942419, que a continuación se detalla (tabla 3):

Tabla 3 Valores del primer ensayo

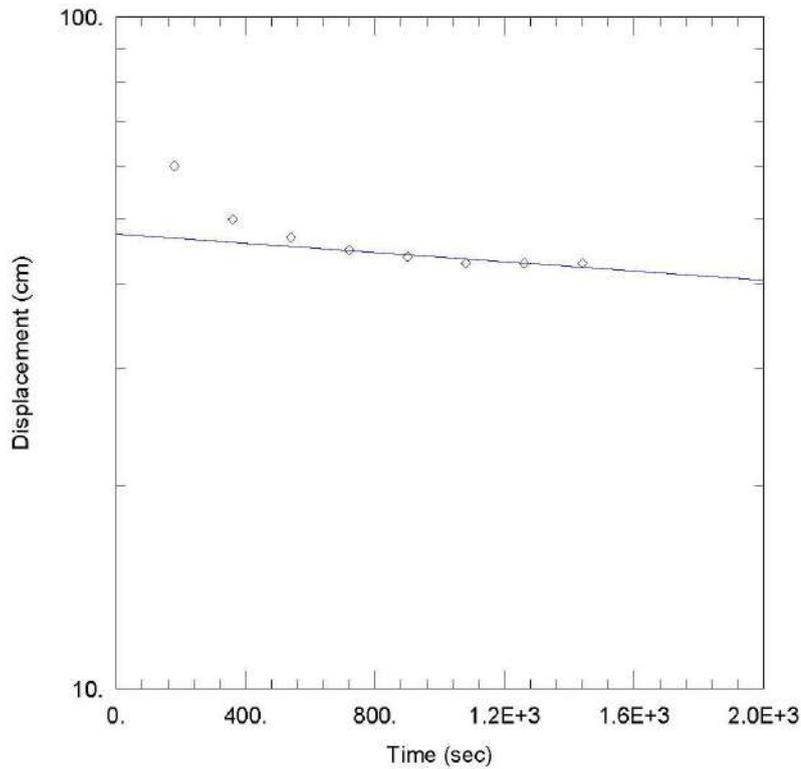
PRIMER ENSAYO		
Periodo	Tiempo (minutos)	Desplazamiento (cm)
I	3	60
II	6	50
III	9	47
IV	12	45
V	15	44
VI	18	43
VII	21	43
VIII	24	43



Figura 10. a) Instalación de tubería. b) Esquema del ensayo.

RESULTADOS

El suelo presenta una elevada permeabilidad que se refleja en los ensayos y en la realidad de campo, es constantemente saturada por la filtración de agua, que se encuentra muy cerca del punto de inspección. La permeabilidad obtenida es de 0.3405 m/día (figura 11).



WELL TEST ANALYSIS	
Data Set: <u>D:\Estadio de Chavin\EI-001.aqt</u>	Time: <u>14:02:10</u>
Date: <u>04/27/23</u>	
PROJECT INFORMATION	
Company: <u>INGEMMET</u>	
Client: <u>INGEMMET</u>	
Project: <u>Chavin</u>	
Location: <u>Chavin</u>	
Test Well: <u>EI-001</u>	
AQUIFER DATA	
Saturated Thickness: <u>60. cm</u>	Anisotropy Ratio (Kz/Kr): <u>1.</u>
WELL DATA (EI-001)	
Initial Displacement: <u>1. cm</u>	Static Water Column Height: <u>60. cm</u>
Total Well Penetration Depth: <u>1. cm</u>	Screen Length: <u>1. cm</u>
Casing Radius: <u>2.54 cm</u>	Well Radius: <u>2.54 cm</u>
	Gravel Pack Porosity: <u>0.27</u>
SOLUTION	
Aquifer Model: <u>Unconfined</u>	Solution Method: <u>Bouwer-Rice</u>
K = <u>0.3405 m/day</u>	y0 = <u>47.54 cm</u>

Figura 11. Resumen de ensayo de infiltración Ensayo 01.

5.2.2. ENSAYO 2

Tomado en la ladera superior al costado de una toma de agua con el siguiente registro (tabla 4):

Tabla 4. Valores del segundo ensayo

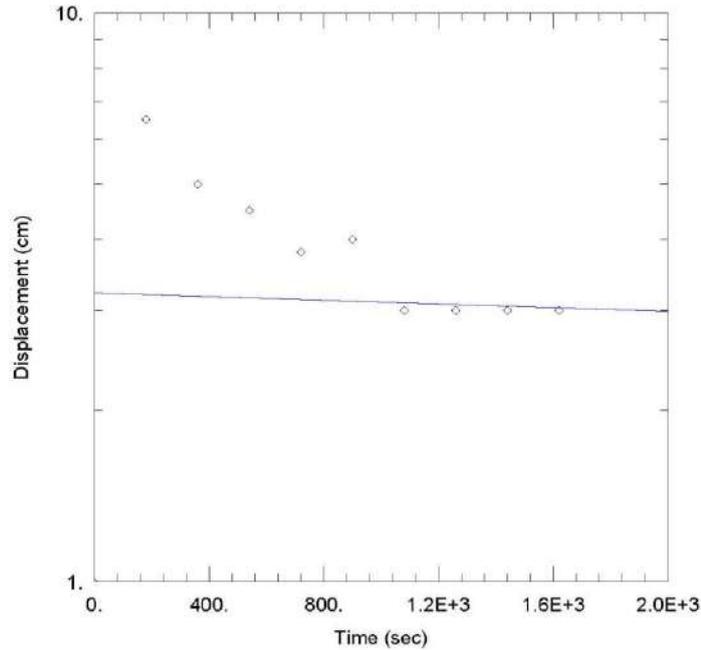
SEGUNDO ENSAYO		
Periodo	Tiempo (minutos)	Desplazamiento (cm)
I	3	6.5
II	6	5
III	9	4.5
IV	12	3.8
V	15	4
VI	18	3
VII	21	3
VIII	24	3
IX	27	3



Figura 12. Instalación de tubería y ejecución de ensayo en campo.

RESULTADOS 02:

El suelo presenta una elevada permeabilidad que se refleja en los ensayos y la realidad, es constantemente saturada por la filtración de agua, que se encuentra muy cerca del punto de inspección. La permeabilidad es de 0.1597 m/día (figura 13).



WELL TEST ANALYSIS	
Data Set: D:\Estadio de Chavin\EI-002.aqt	Time: 14:02:13
Date: 04/27/23	
PROJECT INFORMATION	
Company: INGEMMET	
Client: INGEMMET	
Project: Chavin	
Location: Chavin	
Test Well: EI-002	
AQUIFER DATA	
Saturated Thickness: 60. cm	Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.
WELL DATA (EI-002)	
Initial Displacement: 1. cm	Static Water Column Height: 60. cm
Total Well Penetration Depth: 1. cm	Screen Length: 1. cm
Casing Radius: 2.54 cm	Well Radius: 2.54 cm
	Gravel Pack Porosity: 0.27
SOLUTION	
Aquifer Model: Unconfined	Solution Method: Bouwer-Rice
K = 0.1597 m/day	y0 = 3.221 cm

Figura 13. Resumen de ensayo de infiltración Ensayo 02.

6. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos identificados en la ladera este del cerro Pacsin, al oeste del estadio Municipal de Chavín de Huántar, corresponden a movimientos en masa de tipo avalancha de rocas, deslizamientos y derrumbes (Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007). Estos peligros son resultado del proceso de modelamiento del terreno, coadyuvado por la presencia de fallas regionales, malas características geotécnicas de afloramiento rocoso y suelos inconsolidados, han contribuido en la inestabilidad de la ladera; así como, a la intervención antrópica (mano del hombre), que conllevó a la reactivación de diversos movimientos en masa, debido al riego en exceso de terrenos de cultivo de alfalfa y cortes de talud. (Anexo 1: Mapa 4).

6.1. Movimientos en masa antiguo

Fidel, et al., (2007) y Choquenaira, et al., (2023), menciona que en el área de estudio y alrededores presenta grandes eventos de movimientos en masa de tipo deslizamientos y avalanchas de rocas, cuya masa desplazada muestra avances con dirección preferente hacia el cauce principal del río Mosna, con evidencia de represamiento en años pasados. En ese sentido con las evidencias geomorfológicas vistas en campo, se interpreta que el terreno sobre el cual se asienta el Estadio Municipal, está conformado por dos eventos de considerable magnitud: i) El primero, corresponde a un deslizamiento rotacional antiguo con un escarpe principal erosionado, varias reactivaciones a lo largo del tiempo y en cuyo depósito actualmente se viene desarrollado actividades agrícolas (fotografía 2); ii) el segundo, corresponde a una avalancha de rocas, dispuesta sobre este deslizamiento antiguo producto de la reactivación del mismo evento.

6.1.1. Deslizamiento

El deslizamiento antiguo inicia en la ladera noreste del cerro Pacsin (margen izquierda del río Mosna), el cual cubre un área de ~ 120 Ha. El escarpe principal empieza desde los 3650 ms.n.m., hasta el pie del deslizamiento que se encuentra a los 3080 ms.n.m., lo cual hace una diferencia de altura de 570 m y una longitud de recorrido de 2,1 km en dirección sureste (hacia el estadio). La existencia de este deslizamiento antiguo se evidencia por la morfología de la ladera, el cual presenta una superficie muy variada (ondulada a cóncavo-convexa), además de un escarpe principal de ≈375 m de longitud, de forma irregular y continua.

De acuerdo al testimonio de los pobladores, en el año 2009, la masa desplazada de este evento antiguo, empezó a reactivarse generando desniveles y saltos verticales que varían de 60 cm a 1 m (figura 14) en las zonas de cultivos, lo que es un claro indicativo de reactivaciones más recientes y lo cual se corroboró con los trabajos de campo realizados en el mes de abril.

Mediante el mapeo geodinámico y la comparación de imágenes satelitales y fotografías obtenidas con el dron (2023), se realizó la delimitación del deslizamiento reactivado, diferenciado por la remoción del material deslizado al pie de la ladera, estimándose un área de influencia en ~17.2 Ha.

La geometría de la corona del movimiento reactivado tiene una forma semicircular e irregular, estrecha hacia la cabeza y abierta hacia sus dos extremos, el escarpe principal se muestra de forma irregular y continua con una longitud de 280 m, un ancho de 320 m y una distancia entre la corona y pie de 625 m, desplazada sobre una superficie de terreno con una pendiente entre 25° a 55°. La masa deslizada se moviliza sobre una superficie de falla rotacional con una velocidad de movimiento aparentemente lenta, lo que estaría afectando el estadio Municipal de Chavín de Huántar, construido aproximadamente hace cinco años.

Las grietas en el terreno del estadio presentan aperturas que varían de 0.2 cm a 1.5 cm, 2 cm de desnivel en dirección al NE y 4 cm al NW, con una inclinación de 3°. Algunos agrietamientos resanados se han vuelto a agrietar. En el interior de la tribuna se tiene agrietamientos de hasta 4 cm en dirección NW (figura 15). La zona de mayor desplazamiento se observa en la parte central de la tribuna, con 7 cm en la parte delantera y 2.4 cm en la parte posterior (fotografía 3). Así mismo, las rejas que bordean el estadio, se encuentran inclinadas en dirección preferente al movimiento (figura 16).

Según reportes de los pobladores entre los años 2007 y 2010 la ladera se reforestó con eucalipto el cual atenuó las constantes caídas de rocas provenientes de la ladera noreste del cerro Pacsin, así como el agua de escorrentía pluvial.

Por otro lado, la dinámica típica del movimiento generó deformación y agrietamientos milimétricos en la carretera que conecta los distritos de Chavín de Huántar y San Marcos (figura 17).

6.1.2. Avalancha de rocas

Los depósitos de avalancha de rocas fueron identificados a una altitud de 3736 ms.n.m, dispuestos sobre la ladera del cerro Pacsin hasta los 3286 ms.n.m; presentando una longitud de 250 m, un ancho promedio de 358 m y recorrido total de aproximadamente 1,2 km en dirección al río Mosna.

Este proceso se originó en rocas de la Formación Carhuaz, conformado por areniscas cuarzosas muy fracturadas y moderadamente meteorizadas, intercaladas con lutitas y limolitas altamente meteorizadas. El depósito está compuesto por bloques angulosos que varían de 0.5 hasta 5 m, dispuestos en la ladera de forma caótica (fotografía 4 y 5).

6.1.3. Derrumbes

Al pie de la ladera se han producido derrumbes que abarcan un área ~ 1.2 ha, coadyuvados por la dinámica erosiva (socavamiento lateral) en la margen izquierda del río Mosna; además, de los suelos poco consolidados de gravas, arenas y limos, los cuales son fácilmente removibles y erosionables. Se evidencia procesos de erosión en surcos, formados por la erosión que genera el agua de escorrentía pluvial.

De continuar la actividad retrogresiva del derrumbe, podría llegar hasta la carretera asfaltada que conduce a distritos de Huari, San Marcos, Huántar, entre otras poblaciones.

Así también, en la vía AN110, las constantes reactivaciones de la ladera en forma de deslizamientos y derrumbes, ha deformación y obstrucción de vía, lo que perjudica el libre tránsito de la población.



Figura 14. Se resalta un desnivel del terreno (saltos verticales de deslizamientos) de 1 m aproximadamente, conformado por material inconsolidado. Esta característica indica reactivaciones del deslizamiento antiguo.



Figura 15. Vista de las rajaduras en el piso y paredes del interior de la tribuna del estadio Municipal de Chavín de Huántar.



Fotografía 3: Vista de la parte central de la tribuna, con desplazamiento de 7 cm en la parte delantera y 2.4 cm en la parte posterior.



Figura 16: a) Vista de las rejas del estadio inclinadas a favor del movimiento. b) Piso ondulado del estadio Municipal de Chavín de Huántar.



Figura 17. Deformación y agrietamientos milimétricos en la carretera Chavín de Huántar-San Marcos. Estas evidencias son indicativas de reactivaciones del deslizamiento por encima del estadio Municipal Chavín de Huántar. Coordenadas referenciales: UTM WGS84 Zona 18S 261326 E, 8942403 N.



Fotografía 4. Vista del depósito de avalancha compuesto por bloques angulosos que varían de 0.5 hasta 5 m, dispuestos en la ladera de forma caótica.



Fotografía 5. Vista del bloque de rocas sedimentaria desprendido desde la ladera noroeste del cerro Pacsin.

6.2. Factores condicionantes

En el cuadro 3, se detalla los principales factores que condicionan el estado del deslizamiento producida en la ladera colindante al estadio Municipal de Chavín de Huántar:

Cuadro 3. Factores condicionantes de los procesos por movimientos en masa.

Procesos o causas naturales	Características	Peligros geológicos inducidos
Factores geológicos - geotécnicos inherentes (factores de sitio)		
Litología del substrato-estructural	La intercalación de areniscas color gris blanquecinas con lutitas y limolitas de la Formación Oyón, en conjunto, hacen al macizo rocoso incompetente, muy susceptible a la ocurrencia de movimientos en masa. Las areniscas presentan moderada meteorización en las caras expuestas, y de mediana a muy fracturadas. En el contexto estructural, están condicionadas por la gran deformación (pliegues y fallas) y de forma muy local la presencia de una falla geológica evidenciada por las estrías en el afloramiento rocoso.	Avalancha de rocas, deslizamientos, y derrumbes

Tipo de suelo (naturaleza del suelo)	Depósito compuesto por fragmentos líticos, de formas angulosas a subangulosas envueltos en una matriz de arenas, limos y arcillas producto de la meteorización de las rocas sedimentarias y removidos por procesos de movimientos en masa. Presenta estructura masiva, medianamente consolidada por acomodo de sus constituyentes, poroso, y de baja plasticidad; material de fácil remoción ante la presencia de lluvias intensas y/o prolongadas.	Deslizamientos y derrumbes
Material de remoción antiguos	Montañas y laderas con presencia de deslizamientos antiguos.	Avalancha de rocas, deslizamientos y derrumbes
Características geotécnicas	Macizo rocoso, con tres familias de discontinuidades y una resistencia a la compresión simple de las areniscas que varían de 50 – 100 MPa.	Avalancha de rocas y deslizamientos
Morfología	El estadio Municipal de Chavín de Huántar se ha construido sobre el cuerpo de un deslizamiento antiguo, de relieve escalonado producto de posteriores reactivaciones. Esta circunscrita por una topografía accidentada, definido por cimas alargadas – puntiagudas y laderas escarpadas y escalonadas.	Avalancha de rocas, deslizamientos y derrumbes.
Pendiente del terreno	Grado de pendiente favorable a la ocurrencia de procesos de remoción en masa (25° a 85°).	Avalancha de rocas, deslizamientos y derrumbes.

6.3. Factores desencadenantes

En el cuadro 4, se detalla los principales factores desencadenantes:

Cuadro 4. Factores desencadenantes de los procesos por movimientos en masa.

Factores naturales del entorno geográfico		
Climáticos e Hidrológicos		
Precipitaciones pluviales	Índices altos de pluviosidad (estacional) o regímenes excepcionales (El Niño). Saturan los suelos y/o rocas, aumentan las presiones del terreno al infiltrarse por discontinuidades, grietas y la sobrecarga debido a su propio peso. Absorción de agua por minerales arcillosos en suelos adhesivos, produciendo saturación de los mismos.	Avalancha de rocas, deslizamientos y derrumbes.

Dinámica fluvial	Socavamiento constante del río Mosna al pie del derrumbe reactivado de la ladera este del cerro Pacsin.	Erosión fluvial, derrumbes y deslizamientos.
Aguas subterráneas	En el cuerpo del deslizamiento se han inventariado variedad de fuentes de agua superficiales como subterránea, las aguas subterráneas se evidencian en forma de manantiales, parte de ellas han sido captadas para riego. Otras fuentes discurren por terreno, infiltrándose aguas abajo de la ladera.	Avalancha de rocas, deslizamientos y derrumbes.).
Sismicidad y fallas Activas		
Sismos	Es importante mencionar la presencia de la falla activa de la Cordillera Blanca, localizada a 18 km, aproximadamente al oeste de la zona de estudio, en el flanco Occidental de la Cordillera Blanca; como desencadenante ante la posible reactivación, que generaría sismos de gran magnitud, lo que puede activar el deslizamiento.	Avalancha de rocas, deslizamientos y derrumbes.
Actividad biológica y presencia de vegetación		
Presencia o ausencia de vegetación o cubierta vegetal, para mantener la estabilidad de taludes y laderas; contribuyen al drenaje absorbiendo parte del agua contenida en el suelo, evitan la erosión pluvial. Sin embargo, la presencia de vegetación (terrenos de cultivo), que requieren bastante cantidad de agua para su adecuado crecimiento, es perjudicial para la estabilidad de la ladera.		Avalancha de rocas, deslizamientos y derrumbes.
Factores Antrópicos (humanos)		
Excavaciones	La modificación de laderas naturales, influye en su estabilidad y variación de su estado de equilibrio, producto de los cortes artificiales, como ejemplo se observa el trazo de la trocha carrozable que comunica sectores y/o centros poblados como Catayoc con Chavín de Huántar. Esta actividad antrópica, en algunos sectores reactivo la ladera en forma de derrumbes y caída de rocas.	Deslizamientos y derrumbes
Sobrecarga vibraciones	Incremento del peso y vibraciones por el paso de vehículos pesados por la carretera asfaltada.	Deslizamientos y derrumbes.
Deforestación o sobrepastoreo de laderas	En las laderas descubiertas de vegetación, existe mayor infiltración de agua de lluvia al terreno, son terrenos propensos a generar procesos de remoción en masa. Además, la tala indiscriminada de árboles deja descubierto las laderas, susceptibles a la acción de procesos erosivos.	Deslizamientos, derrumbes.
Uso inadecuado de agua de escorrentía	Infiltración de agua sobre el terreno incrementa la saturación y humedecimiento, lo que conlleva a la pérdida de la cohesión del terreno. Esto da lugar a la ocurrencia de movimientos en masa. El riego por inundación de terrenos de cultivo, contribuye enormemente en la activación y/o reactivación de estos eventos.	Deslizamientos, derrumbes, caída de rocas.

7. INVESTIGACIONES GEOFÍSICAS

7.1. Prospección geofísica

7.1.1. Métodos geofísicos

Estos métodos son considerados, métodos indirectos, por ser adquiridos desde la superficie, mediante fuentes externas (transmisión de corriente eléctrica y generar ondas superficiales mediante una comba), además son métodos no destructivos al paisaje ni al suelo.

7.1.1.1. Tomografía eléctrica

La tomografía eléctrica se caracteriza por determinar las variaciones de los parámetros físicos (resistividad), de las rocas y el suelo; cuando las rocas son erosionadas, o agrietadas, presentan en medio de resistividades altas, una anomalía de resistividades bajas, en los suelos cuando son secos, se obtienen resistividades altas, pero cuando hay presencia de humedad, estas resistividades bajan (mayor conductividad).

Los arreglos Dipolo-Dipolo, Polo-Dipolo, son muy utilizados para tener buena información del subsuelo, muestra dos arreglos, y a su derecha, muestra la profundidad estimada de cada punto medido. Para este ensayo se utiliza el Resistímetro Syscal Pro (Iris).

7.2. Adquisición de datos

Para los estudios de prospección geofísica en el estadio municipal de Chavín de Huántar y laderas adyacentes, se realizaron 2 líneas de tomografía eléctrica, con dipolos de 40 m, con longitudes totales de 480 m. por tendido. En la siguiente figura podemos apreciar la vista en planta de los tendidos de ERT (figura18).

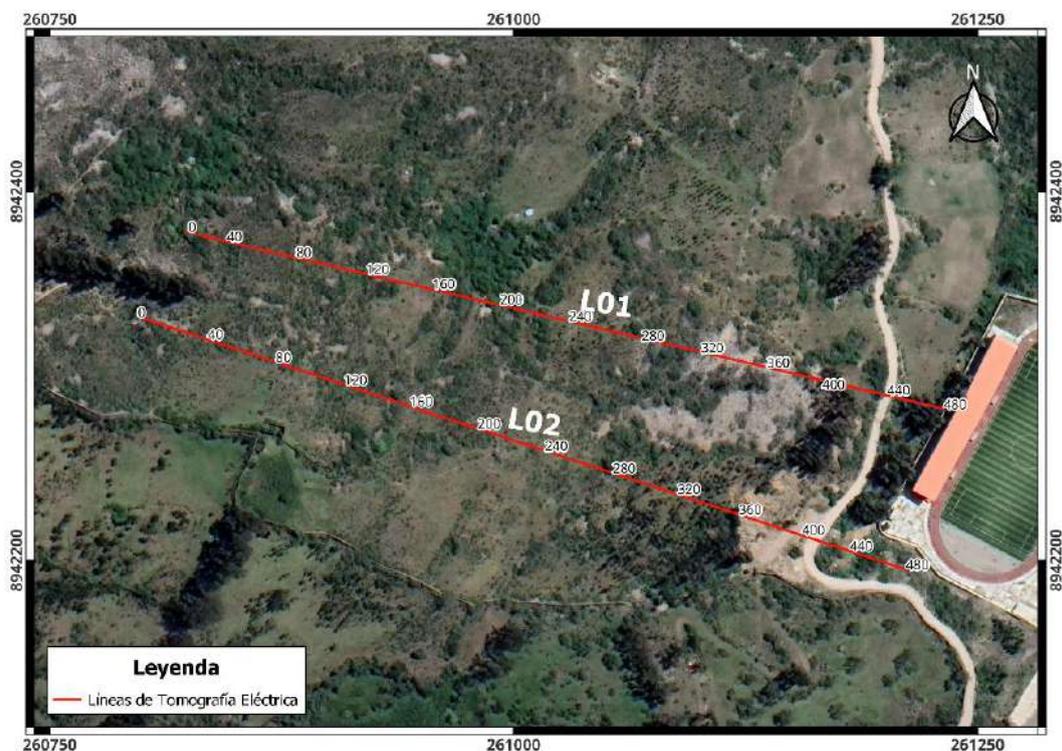


Figura 18. Vista en planta de la prospección geofísica donde se aprecian L01 y L02.

7.2.1. Procesamiento de datos

Los datos adquiridos en campo (ERT), fueron procesados siguiendo algunos puntos importantes, como: control de calidad en campo y de gabinete, inversión de datos (ERT) y presentación de secciones.

La información de ERT, fue invertida en el software, RES2DINV, con conocimientos de la geología local y valores resistivos del medio; como resultado de esta inversión de los valores de pseudo resistivos, se obtienen secciones con resistividades (Ohm*m) reales.

7.3. Resultados e interpretación

7.3.1. Tomografía eléctrica

En L01 las secciones invertidas de ERT, muestran resistividades que varían desde los 5 Ohm*m hasta mayores de los 450 Ohm*m (figura 19), las resistividades próximas a los 10 Ohm*m (de color azul) indican que es un material asociado al contenido de humedad, una zona intermedia entre los 36 y 136 Ohm*m representan relaciones a un material depositado con una compactación media y poco contenido de humedad. Los valores mayores a 300 Ohm*m nos muestran material mucho más compacto, superior este nos indica la presencia de afloramiento rocoso.

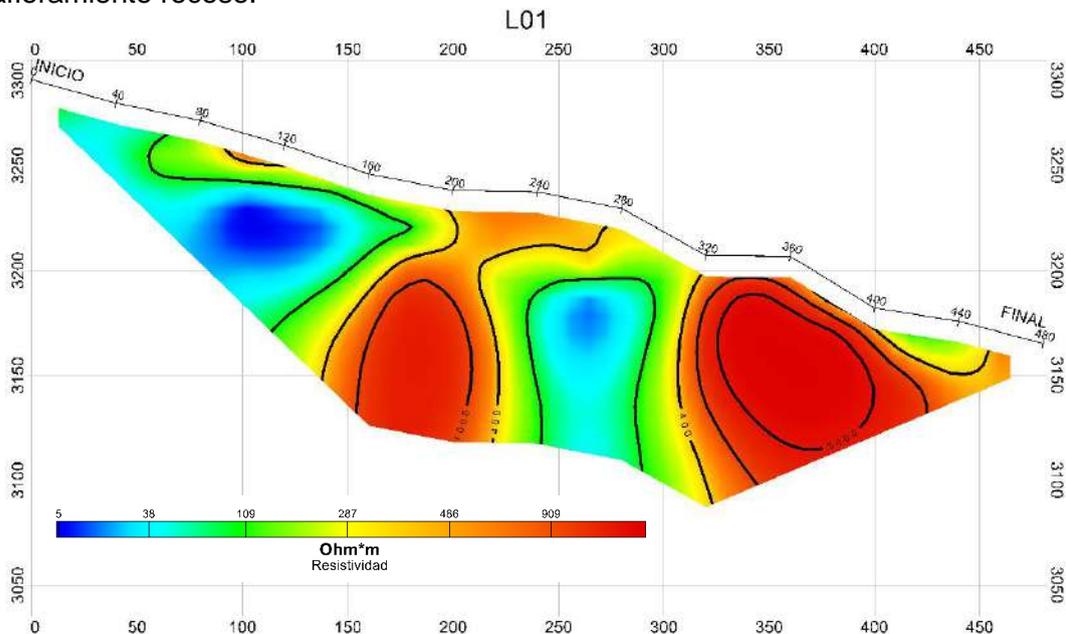


Figura 19. Sección invertida de tomografía eléctrica L01.

En L02 las secciones invertidas de ERT, muestran resistividades que varían desde los 5 Ohm*m hasta mayores de los 3000 Ohm*m (figura 20), en relación clara a L01. Las resistividades próximas a los 10 Ohm*m (de color azul en la figura) indican que es un material asociado al contenido de humedad, con lo cual representa un depósito de deslizamiento, más permeable y poco cohesionado, la zona intermedia entre los 100 y 400 Ohm*m (de color verde y amarillo en la figura) representan relaciones a un material que fue depositado con una compactación media y poco contenido de humedad. Los valores mayores a 400 Ohm*m nos infiere depósitos de material rocoso y se desestima la presencia de afloramientos rocosos, según se corroboró en la inspección de campo.

8. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE LADERA

La estabilidad de un talud se define con un factor de seguridad (FS), obtenido de un análisis matemático de estabilidad. Se deberán tener en cuenta factores que afectan la estabilidad, como: la geometría del talud, parámetros geológicos, presencia de grietas de tensión, cargas dinámicas por acción de sismos, flujo de agua, propiedades de los suelos, etc., sin embargo, no todos estos factores que afectan la estabilidad de un talud se pueden cuantificar para incluirlos en un modelo matemático.

Hay situaciones en las cuales un enfoque matemático no produce resultados satisfactorios. A pesar de las debilidades de un determinado modelo, determinar el factor de seguridad asumiendo superficies probables de falla, permite al Ingeniero tener una herramienta muy útil para la toma de decisiones (Suárez, J., Modelos de análisis de estabilidad, 1998).

Para en análisis de estabilidad de taludes, se utilizó el software Silde, donde se estableció el perfil y las unidades geotécnicas (UG) con todo lo desarrollado hasta este punto; además, para este análisis era necesario la diferenciación de las unidades litológicas (figura 21), las cuales fueron plasmadas en un mapa geológico.

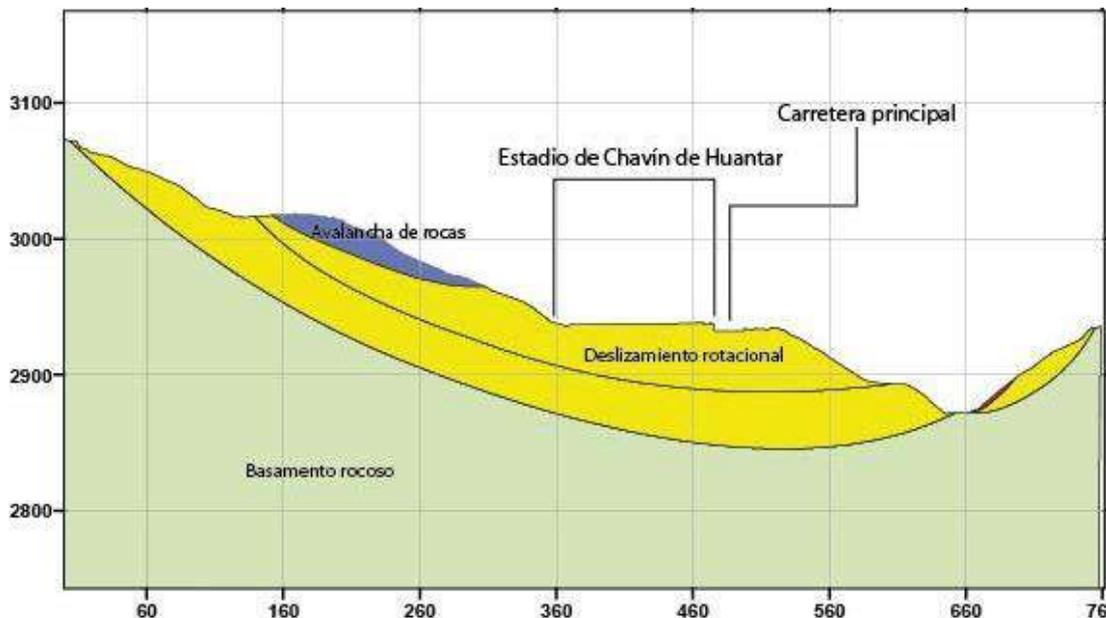


Figura 21. Sección geológica W-E correspondiente a la ladera adyacente al Estadio Municipal de Chavín de Huántar.

Los perfiles geofísicos refieren depósitos de deslizamientos por la heterogeneidad de resistividades, con ello se establecen 4 unidades con las siguientes propiedades geotécnicas (figuras 22, 23, 24 y 25).

Deposito de avalanchas de rocas

Name: Deposito de avalanche Colour:  Hatch: 

Unit Weight: 10 kN/m3 Saturated U.W. 20 kN/m3

Strength Type: Mohr-Coulomb $\tau = c' + \sigma'_n \tan \phi'$

Strength Parameters   

Cohesion: 1 kN/m2 Phi: 35 degrees

Figura 22. Propiedades geotécnicas del depósito de avalanchas de rocas.

Deposito de deslizamiento I

Name: Deposito de deslizamie Colour:  Hatch: 

Unit Weight: 22 kN/m3 Saturated U.W. 20 kN/m3

Strength Type: Mohr-Coulomb $\tau = c' + \sigma'_n \tan \phi'$

Strength Parameters   

Cohesion: 5 kN/m2 Phi: 30 degrees

Figura 23. Propiedades geotécnicas del depósito de deslizamiento I.

Deposito de deslizamiento II

Name: osito de deslizamiento II Colour:  Hatch: 

Unit Weight: 17.65 kN/m3 Saturated U.W. 20 kN/m3

Strength Type: Mohr-Coulomb $\tau = c' + \sigma'_n \tan \phi'$

Strength Parameters   

Cohesion: 5 kN/m2 Phi: 27 degrees

Figura 24. Propiedades geotécnicas del depósito de deslizamiento II.

Basamento rocoso

Name: Colour: Hatch:

Unit Weight: kN/m³ Saturated U.W. kN/m³

Strength Type: $\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci}((m_b \sigma_3 / \sigma_{ci}) + s)^a$

Strength Parameters

UCS (intact): kN/m² mb:

s: a:

Figura 25. Propiedades geotécnicas del Basamento rocoso.

El criterio de rotura de Mohr-Coulomb, es la teoría más generalizada en el estudio de mecánica de suelos. El método usado es el modelo matemático de Morgenstern-Price que genera la interacción de fuerzas y momentos de bloques, con lo que se obtiene de manera eficaz el Factor de Seguridad (FS), el análisis de estabilidad se genera en condiciones no drenadas (figuras 26 y 27).

El análisis de estabilidad, se realizó en tres partes: zona alta, media y baja de la ladera colindante al estadio municipal de Chavín de Huántar. Los resultados obtenidos, para la ladera superior, en condiciones estáticas y pseudo-estáticas muestran los siguientes resultados:

Cuadro 5. Se muestran las condiciones estáticas y pseudo-estáticas de la ladera este del cerro Pacsin.

Factor de seguridad		
Ladera	Condiciones estáticas	Condiciones Pseudo - estáticas
Ladera superior	1.217	0.960
Ladera media	1.162	0.958
Ladera inferior	0.998	0.704

Los resultados obtenidos, para la ladera media, muestran los siguientes resultados:

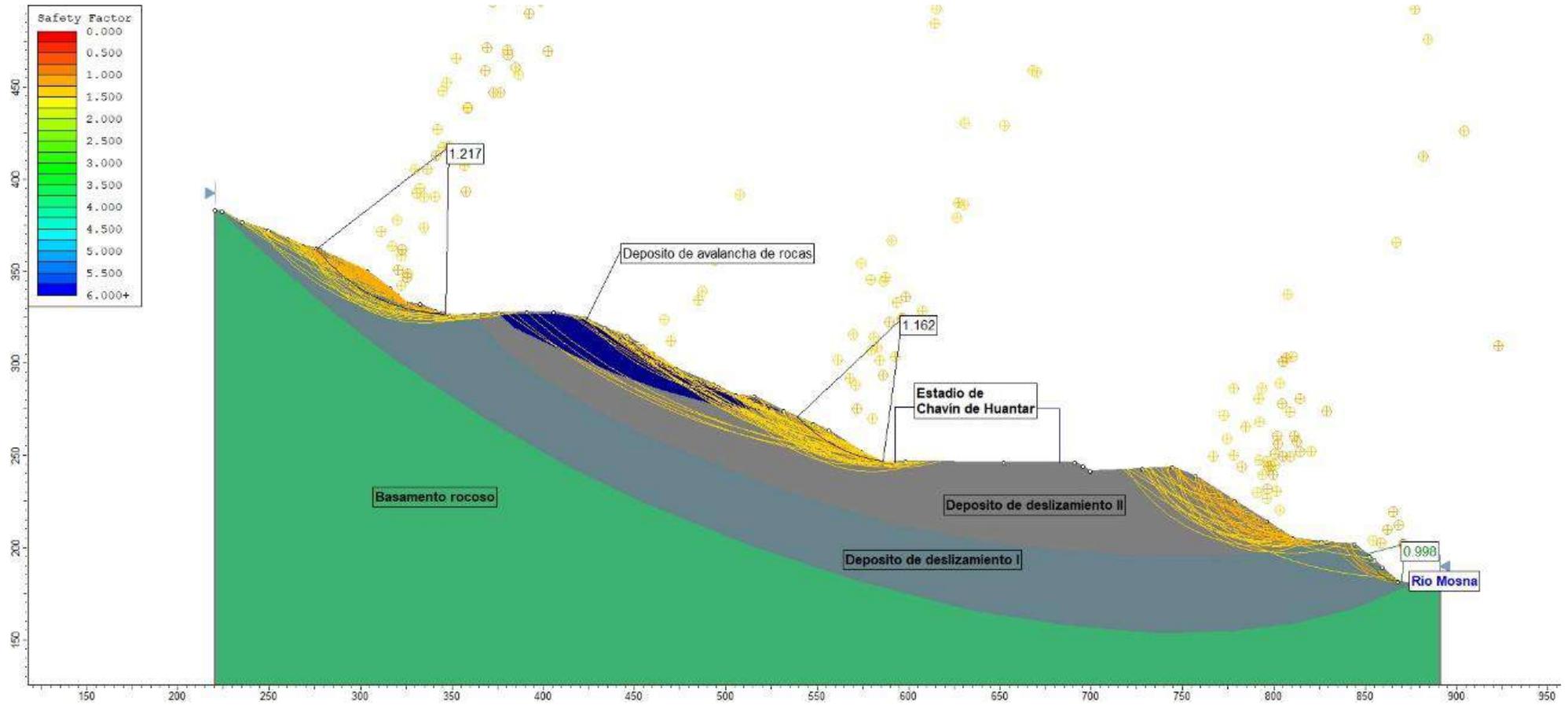


Figura 26 Análisis de estabilidad de las laderas adyacentes al estadio municipal de Chavín de Huántar en condiciones estáticas.

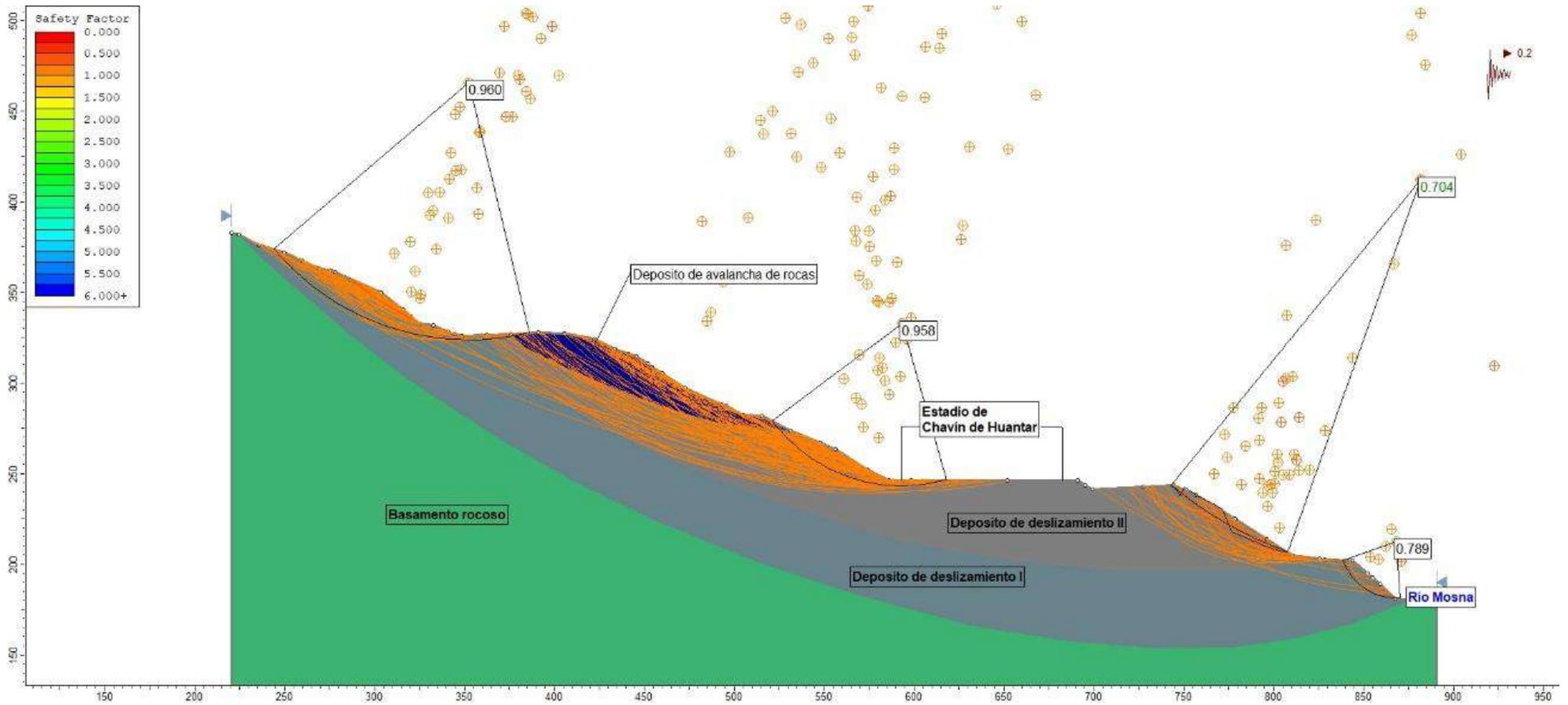


Figura 27. Análisis de estabilidad de las laderas adyacentes al estadio municipal de Chavín de Huántar en condiciones pseudo-estáticas.

9. CONCLUSIONES

En base al análisis de información geológica, geomorfológica de la zona de estudio, así como a los trabajos de campo, y la evaluación de peligros geológicos, emitimos las siguientes conclusiones:

1. El estadio de Chavín de Huántar se encuentra asentado sobre el cuerpo de un deslizamiento en proceso de reactivación, conformado por fragmentos y bloques angulosos a subangulosos, heterométricos, alterados y meteorizados; envueltos en una matriz limo - arenosa; considerados como suelos inconsolidados, inestables y susceptibles a la ocurrencia de movimientos en masa.
2. Geomorfológicamente, el estadio se encuentra sobre una vertiente con depósitos de deslizamientos, proveniente de antiguos procesos de movimientos en masa. Las laderas presentan pendientes que varían de moderada a escarpada (15°- 45°), factor que estaría contribuyendo en la reactivación del deslizamiento.
3. La ladera noreste del cerro Pacsin presenta saltos y desplazamientos producto de la reactivación del deslizamiento antiguo, evidenciado por agrietamientos de la infraestructura del estadio municipal de Chavín de Huántar; aspectos similares se encuentran en la vía asfaltada que comunica a las poblaciones de Chavín de Huántar y San Marcos.
4. Se considera que la infiltración de agua sobre el terreno, está generando mayor inestabilidad en la ladera, debido a la sobresaturación y humedecimiento, lo que conlleva a la pérdida de cohesión del suelo; otro factor adicional es el corte del talud que se realizó para el trazo de la carretera departamental.
5. Las secciones obtenidas a partir de la tomografía de resistividad eléctrica (ERT) exponen múltiples depósitos de materiales heterogéneos que llegaron a su acumulación en diferentes fases con potencias mayores a 150 m desde la superficie; además, muestra algunos cuerpos de alta conductividad lo cual puede relacionarse a cuerpos de agua almacenadas a 100 m de profundidad en algunos puntos.
6. Los estudios geotécnicos que comprenden las estaciones, ensayos de laboratorio y pruebas de infiltración corroboran la percolación de agua al terreno en algunos puntos, dada la permeabilidad de estos niveles arenosos.
7. El análisis de estabilidad, se dividió en 3 sectores: Ladera superior (ladera arriba), ladera media (colindante con el Estadio Municipal de Chavín de Huántar) y ladera inferior (colindante con el cauce del río Mosna). Los F.S se resumen en:

Factor de seguridad		
Ladera	Condiciones estáticas	Condiciones Pseudo - estáticas
Ladera superior	1.217	0.960
Ladera media	1.162	0.958
Ladera inferior	0.998	0.704

**La ladera media presenta líneas de rotura hacia terreno donde se ubica el Estadio Municipal de Chavín de Huántar, esto en condiciones no drenadas, con lo cual expone posibles problemas de inestabilidad.*

8. Por lo indicado líneas arriba, el área donde se encuentra asentado el estadio de Chavín de Huántar es considerado como zona de **peligro Alto** a deslizamientos y avalancha de rocas (ver Anexo 2: Mapa 5).



.....
Ing. GUISELA CHOQUENAIRA GARATE
Especialista en peligros geológicos
INGEMMET



.....
ING. JERSY MARIÑO SALAZAR
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

10. RECOMENDACIONES

Las medidas correctivas que a continuación se brindan tienen por finalidad mitigar el impacto de peligros asociados a avalancha de rocas, derrumbes y deslizamientos en la ladera colindante al estadio Municipal de Chavín de Huántar. Así mismo, la implementación de dichas recomendaciones permitirá darle mayor seguridad a la infraestructura expuesta a los peligros antes mencionados.

NO ESTRUCTURALES

1. Restringir el uso del estadio Municipal de Chavín de Huántar, usando para ello señaléticas y letreros preventivos (como zona de deslizamiento activo).
2. Controlar y restringir la apertura de caminos de herradura, construcción de viviendas u otra actividad antrópica en los alrededores del cuerpo del deslizamiento.
3. Prohibir la tala de árboles en la ladera este del cerro Pacsín, ya que estos protegen la superficie del terreno de los agentes erosivos.
4. Realizar un estudio de evaluación de riesgo (EVAR), para determinar el cierre definitivo del estadio Municipal de Chavín de Huántar.
5. En los alrededores del estadio de Chavín de Huántar se identificó varios procesos por movimientos en masa de tipo deslizamientos y derrumbes antiguos, activos y en proceso de reactivación, condicionados principalmente por los factores geológicos, geomorfológicos y la actividad antrópica. En ese sentido, se recomienda realizar estudios a detalle para conocer el comportamiento de cada uno de esos eventos.
6. Implementar un sistema de monitoreo para estimar el desplazamiento del deslizamiento activo por encima del estadio municipal de Chavín de Huántar.
Para el monitoreo permanente del deslizamiento, se recomienda lo siguiente:
 - Monitorear el desplazamiento: instalando puntos de control en la ladera y midiendo el desplazamiento relativo en función del espacio y tiempo. Los puntos de control deben establecerse con la ayuda de expertos.
 - Monitoreo en base a GPS: Para ello ubicar con precisión los puntos de control, utilizar GPS diferencial.
 - Monitorear el condicionante o detonante del deslizamiento en este caso el agua de infiltración (riego indiscriminado y precipitaciones pluviales): Las precipitaciones pluviales pueden medirse diariamente con pluviómetros y la lluvia horaria con pluviógrafos (en épocas de precipitaciones). Para el caso del riego indiscriminado, hasta que se tome la decisión de restringir, prohibir o cambiar el tipo de cultivo, se debe utilizar piezómetros. Convocar a expertos para posicionar estos instrumentos.
 - Por la posible afectación de este deslizamiento, es importante realizar la instrumentación geotécnica (monitoreo) para medir la deformación de la ladera (con inclinómetros y extensómetros; y medir la cantidad de agua en subsuelo con piezómetros. Estos instrumentos deben ser instalados y observados, en tiempo real, por especialistas.

- En base a todo el monitoreo se debe establecer un Sistema de Alerta Temprana (SAT)
7. Las autoridades locales deben, realizar trabajos de sensibilización con los pobladores en temas de peligros geológicos y gestión del riesgo de desastres. Así mismo, para que estén preparados para actuar ante la ocurrencia de nuevos eventos.

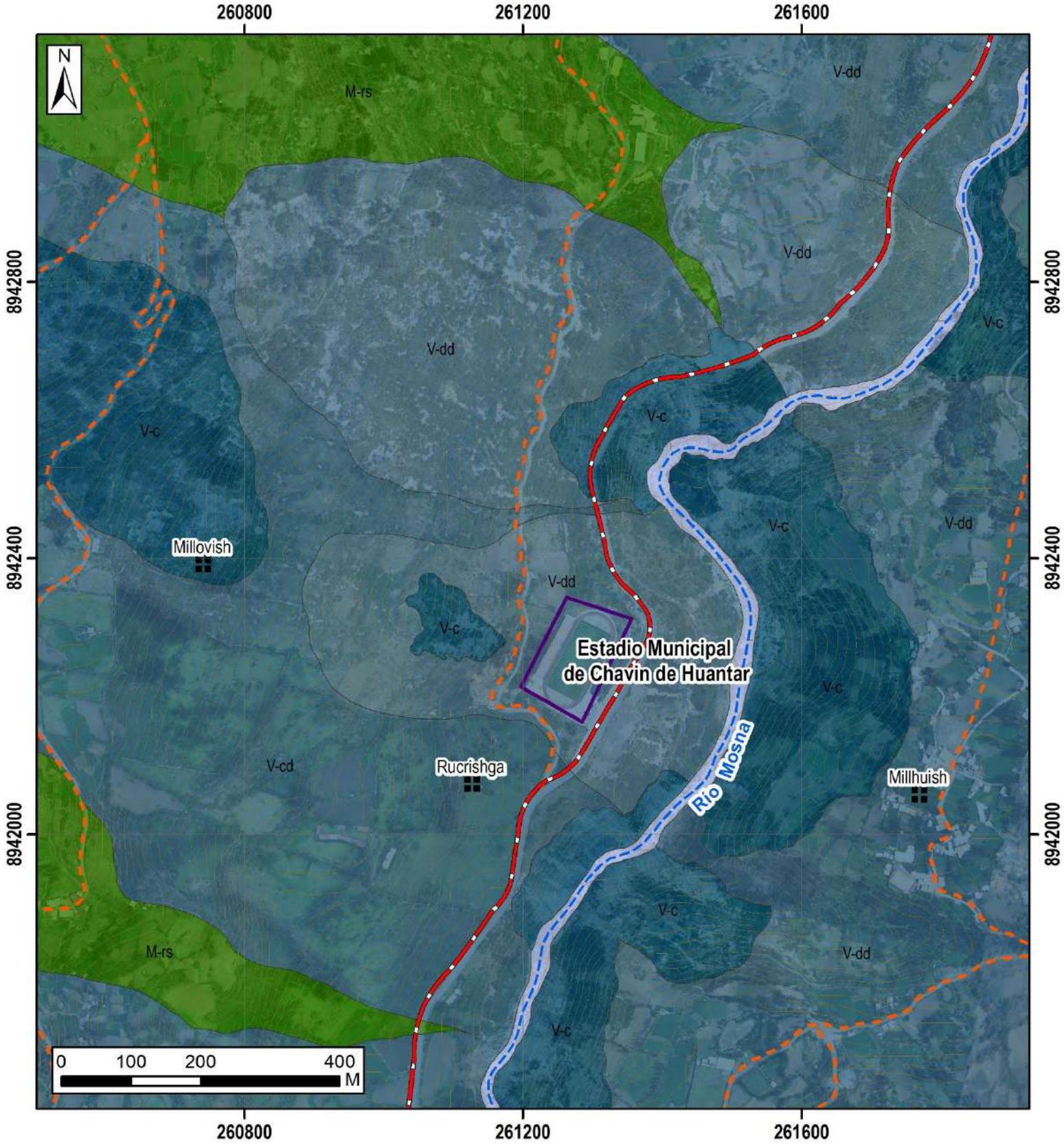
ESTRUCTURALES

8. Captar, permeabilizar y canalizar las aguas que infiltran al terreno inestable; en la parte alta de la ladera continuar el trazo del canal revestido, hasta la confluencia con la quebrada más próxima. De la misma manera realizar la captación de las surgencias de agua identificadas en la parte media de la ladera.
9. Implementar sistemas de drenaje tipo zanjas de coronación en la zona posterior a la corona del deslizamiento. Estas medidas deben ser realizadas por especialistas.
10. En el derrumbe ocurrido al pie de la ladera, se debe implementar sistemas de drenaje, tipo zanja de coronación.
11. Realizar defensa ribereña al pie del derrumbe, para evitar que la dinámica erosiva del río Mosna siga erosionando.

11. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Alva, J.; Meneses, J. & Guzmán, V. (1984) - Distribución de máximas intensidades sísmicas observadas en el Perú (en línea). Congreso Nacional de Ingeniería Civil, 5, Tacna, 11 p. (consulta: 5 noviembre 2017). Disponible en: http://www.jorgealvahurtado.com/files/redacis17_a.pdf
- Cobbing, J., Sánchez A., Martínez, W, Zarate, H. (1996). Geología de los cuadrángulos de Huaraz, Recuay, La Unión, Chiquian, y Yanahuanca. Ingemmet. Boletín N° 76, Serie A, Carta Geológica Nacional.
- Evans, S.G. y Hungr, O. (1993). The analysis of rock fall hazard at the base of talus slopes: Canadian Geotechnical Journal., V.30, p. 620-636.
- Fidel, L.; Zavala, B.; Valderrama, P.; Carlotto, V.; Núñez, S.; Vílchez, M.; Medina, L.; Sánchez, M.; Cotrina, G.; Vargas, V.; Luque, G.; Barrantes, R.; Olarte, Y.; Cacya, L.; Abanto, S. & Guerrero, C. (2007). Movimientos en masa en la cuenca del río Huachecsa, Chavín de Huántar. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, Informe Técnico A6391, 42p.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI (2017) – Directorio nacional de Centros Poblados. Censos Nacionales 2017: XII de Población; VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas. (Consulta: noviembre 2021). Disponible en: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1541/index.htm.
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2023). Peligros geológicos y zonas críticas entre Chavín de Huántar y Pomachaca. Distritos Chavín de Huántar, San Marcos, Huántar, Huachis y Huari; provincia Huari; departamento Áncash. Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7361, 66p.
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2007). Zonas críticas por peligros geológicos y geohidrológicos en la región Ancash. Primer Reporte. Lima: Ingemmet, Informe Técnico A6550, 58p.
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007) Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, No. 4, 432 p., 1 CD-ROM.
- Perú. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2016) - Decreto supremo N° 003-2016-VIVIENDA: Decreto supremo que modifica la norma técnica E.030 “diseño sismoresistente” del reglamento nacional de edificaciones, aprobada por decreto supremo N° 011-2006-VIVIENDA, modificada con Decreto Supremo N° 002-2014-VIVIENDA. Diario El Peruano, Separata especial, 24 enero 2016, 32 p.
- Villota, H. (2005). Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. España: Instituto Geográfico Agustín Codazi.
- Zavala, B.; Valderrama, P.; Pari, W.; Luque, G. & Barrantes, R. (2009). Riesgos geológicos en la región Áncash. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica, 38, 280p.

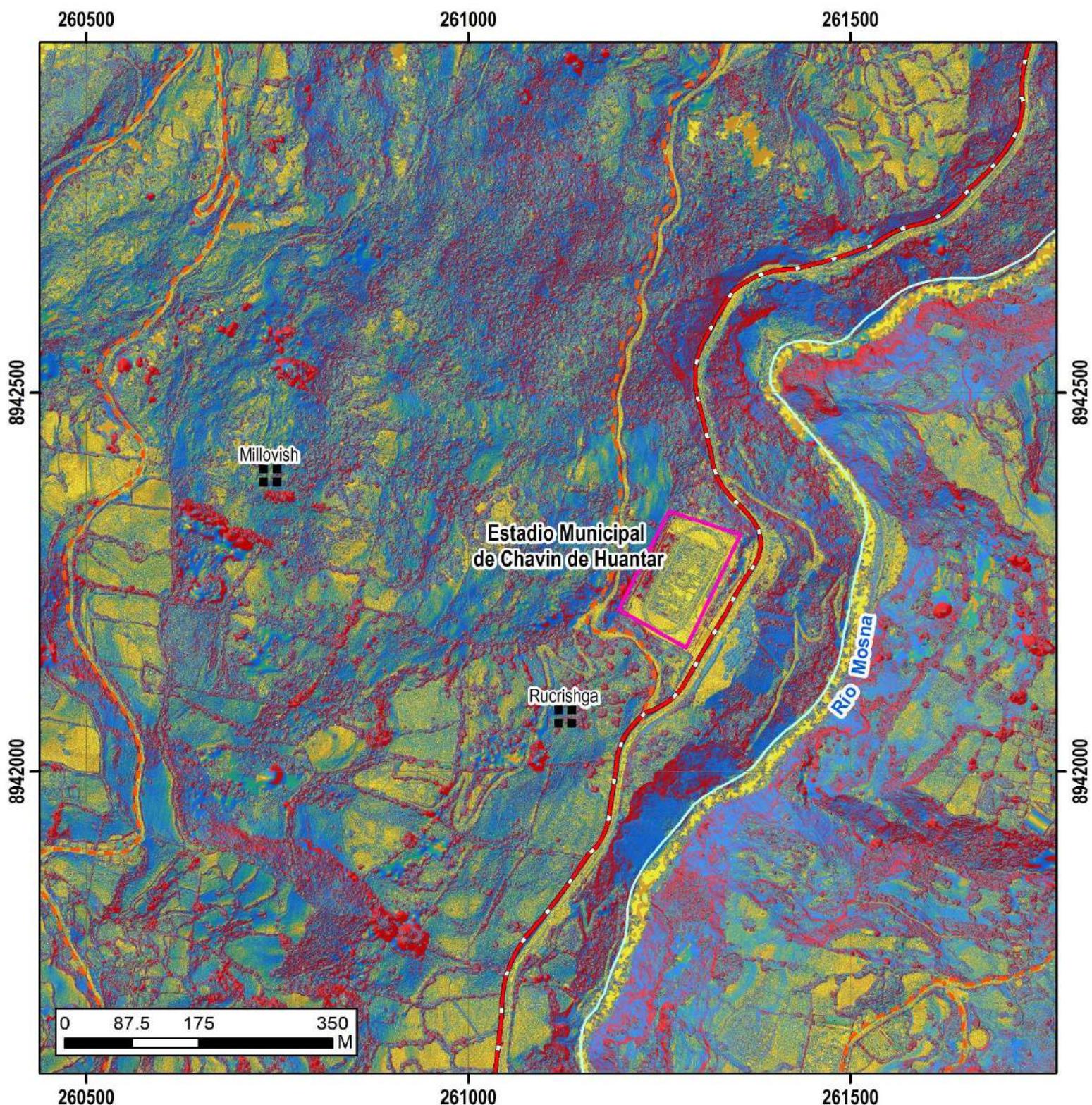
ANEXO 1: MAPAS



UNIDAD	SUBUNIDAD GEOMORFOLÓGICA	
MONTAÑA	Montaña estructural en roca sedimentaria	M-rs
VERTIENTE	Vertiente coluvial	V-c
	Vertiente coluvio-deluvial	V-cd
	Vertiente con depósito de deslizamiento	V-dd
TERRAZA	Terraza fluvial	V-t

SIMBOLOGÍA	
	Estadio municipal
	Localidades
	Curvas de nivel
	Río principal
	Vía departamental
	Vía vecinal

<p>SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO</p>	
<p>ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL</p>	
<p>GEOMORFOLÓGICO</p>	<p>MAPA</p>
<p>Escala 1:7500 Datum UTM WGS 84 Zona 18s Versión digital: año 2023 Impreso: abril 2023</p>	
<p>01</p>	



RANGO DE PENDIENTES

- 0°-1° Terreno llano
- 1°-5° Terreno inclinado con pendiente suave
- 5°-15° Pendiente moderada
- 15°-25° Pendiente fuerte
- 25°-45° Pendiente muy fuerte a escarpada
- >45° Terreno muy escarpado

SIMBOLOGÍA

- Estadio municipal
- Localidades
- Rio principal
- Via departamental
- Via vecinal

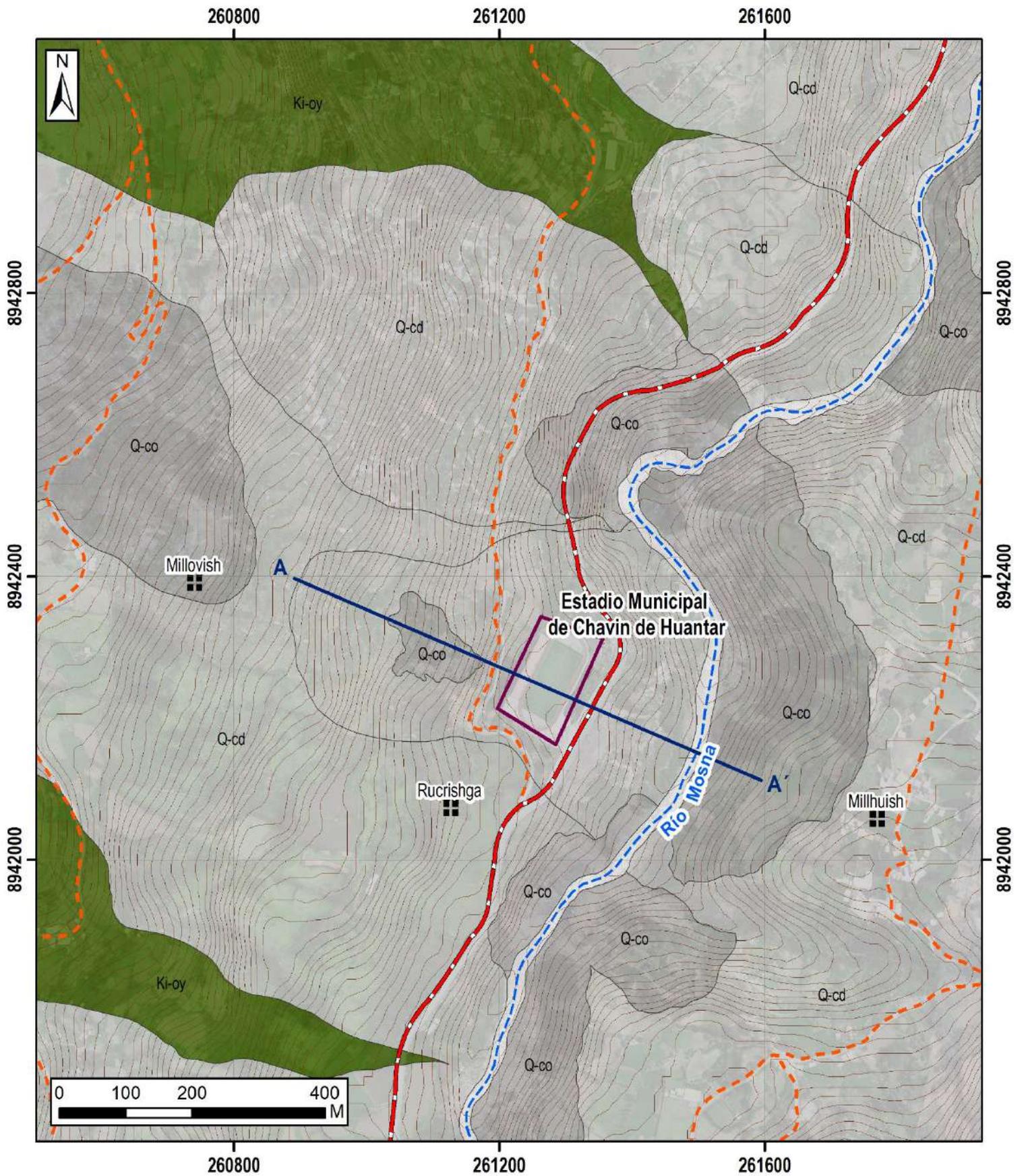


ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL

PENDIENTES DE LOS TERRENOS

MAPA
02

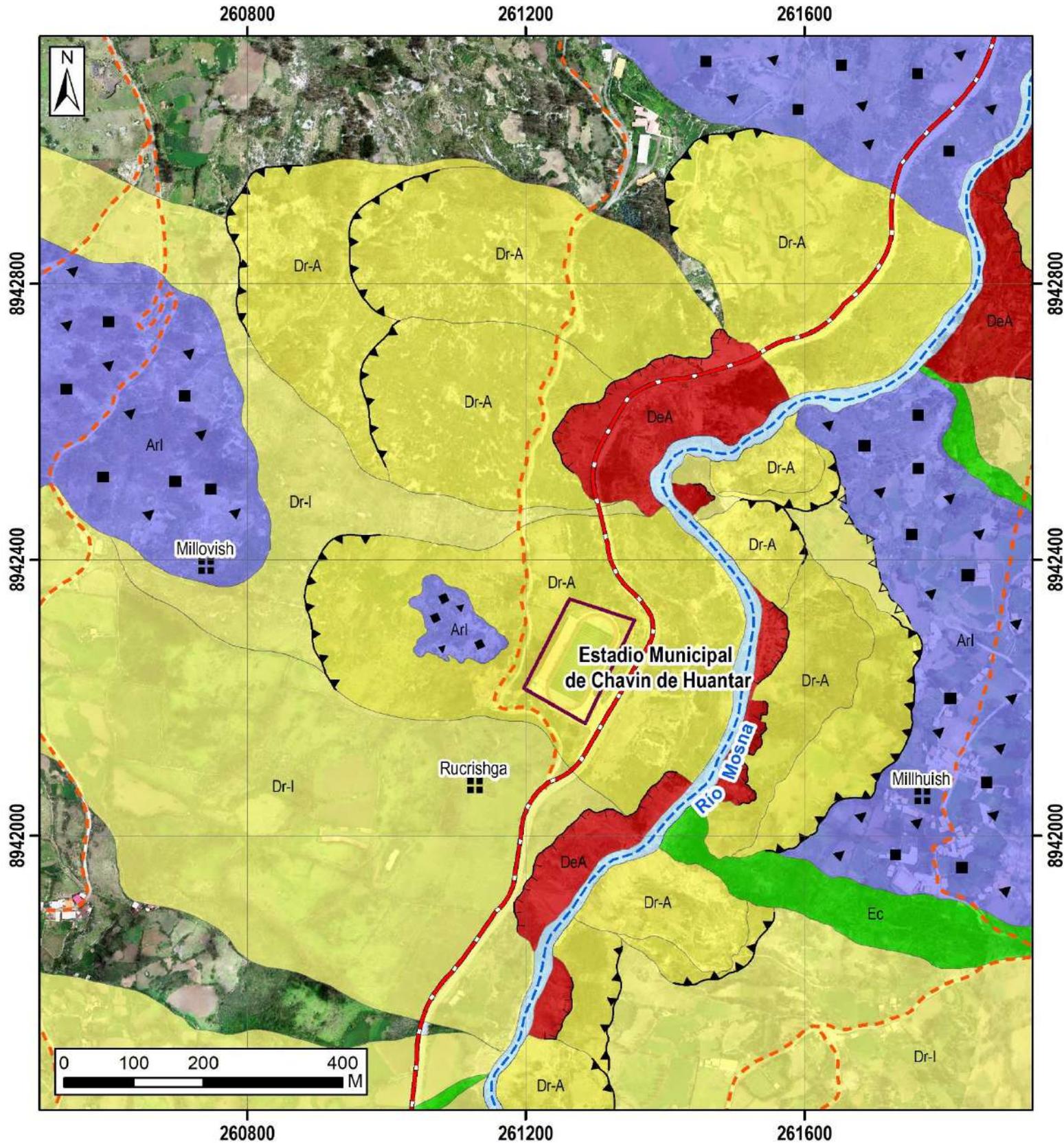
Escala 1: 7 000 Datum UTM WGS 84 Zona 18s
Versión digital: año 2023 Impreso: abril 2023



ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS	
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO	Depósito fluvial	Q-fl
			Depósito coluvial	Q-co
			Depósito coluvio-deluvial	Q-cd
MESOZOICO	CRETACICO	INFERIOR	Formación Oyón	Ki-oy

SIMBOLOGÍA	
	Estadio municipal
	Localidades
	Curvas de nivel
	Rio principal
	Via departamental
	Via vecinal

 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO	
ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL	
GEOLÓGICO	MAPA 03
Escala 1:7500 Datum UTM WGS 84 Zona 18s Versión digital: año 2023 Impreso: abril 2023	



LEYENDA

DeA	Derrumbe, Activo
Dtl	Deslizamiento traslacional, Inactivo latente
DrA	Deslizamiento rotacional, Activo
Drl	Deslizamiento rotacional, Inactivo-latente
Arl	Avalancha de rocas, Inactivo-latente
Ec	Erosión en cárcava, Activo

TRAMA

	Escarpa de derrumbe reciente
	Escarpa de deslizamiento antiguo
	Escarpa de deslizamiento activo

SIMBOLOGÍA

	Estadio municipal
	Localidades
	Via departamental
	Río principal
	Via vecinal

SECTOR ENERGÍA Y MINAS

 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL

PELIGROS GEOLÓGICOS	MAPA
Escala 1:7500 Datum UTM WGS 84 Zona 18s Versión digital: año 2023 Impreso: abril 2023	04

ANEXO 2: RESULTADOS DE LABORATORIO

 UNIVERSIDAD DE LIMA	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS Y CLASIFICACIÓN DE SUELOS (Norma de referencia: NTP 339.128, ASTM D2487 y ASTM D3282)			Proceso: Extensión y desarrollo social Subproceso: Consultoría empresarial
	Elaborado por	Revisado por	Aprobado por	Fecha de vigencia: 15/03/2020
	CIV	CIV	CIV	Versión: 01
	A. Domínguez	M. López	J. Salinas	Código: EDS-2-FIA/CIV/L-R-029

DATOS DEL PROYECTO	
Evaluación ingeniero - geológica del estadio de Chavín de Huantar	
Id. proyecto	: - Informe N° : U - 1
Ubicación	: Estadio de Chavín de Huantar; distrito: Chavín de Huantar; provincia: Huarí; región: Ancash.
Solicita	: Ingemmet
Responsable	: Dr. Marko Lopez Bendezu

DATOS DE LA MUESTRA	
Id. Muestra	: M-1 Fecha de muestreo : 27/05/2023
Fuente	: Dep. Cuaternario / Ladera / Coluvio-deluvial Fecha de recepción : 1/06/2023
Muestra	: M-1 (Suelo depósito coluvio-deluvial) Fecha de ensayo : 5/05/2023
Profundidad (m)	: 15 m Método cuarteo (NTP 339.089) : B

ENSAYO			
Peso de la muestra (g):	2,541.3	Peso de la submuestra (pasa la malla N° 10) (g):	175.6
Peso retenido en malla N° 10 (g):	1,791.6		
Peso pasa la malla N° 10 (g):	749.7		

GRANULOMETRÍA (FRACCIÓN GRUESA: RETENIDO EN MALLA N° 10)						
Tamices		Peso retenido (g)	Porcentaje retenido (%)	Porcentaje ret. acumulado (%)	Porcentaje que pasa (%)	Porcentaje que pasa (%)
pulg.	mm.					
3	76.2	0.0	0.0	0.0	---	100.0
2	50.8	0.0	0.0	0.0	---	100.0
1.5	38.1	185.5	7.3	7.3	---	92.7
1	25.4	119.4	4.7	12.0	---	88.0
0.75	19.05	181.1	7.1	19.1	---	80.9
0.375	9.52	493.0	19.4	38.5	---	61.5
N° 4	4.75	461.1	18.1	56.7	---	43.3
N° 10	2	351.5	13.8	70.5	---	29.5
GRANULOMETRÍA (FRACCIÓN FINA: PASA LA MALLA N° 10)						
N° 20	0.841	22.8	13.0	12.97	87.0	25.7
N° 40	0.42	12.4	7.1	20.05	80.0	23.6
N° 60	0.25	12.0	6.8	26.85	73.1	21.6
N° 140	0.105	38.5	21.9	48.76	51.2	15.1
N° 200	0.075	12.0	6.8	55.59	44.4	13.1

Contenido	
Grava (3 1/2" - N° 4) (%) :	56.7
Arena (N° 4 - N° 200) (%) :	30.2
Finos (menor a N° 200) (%) :	13.1

Descripción	
Arena Limosa bien gradada, Ligeramente gravosa de color marron claro.	

Propiedades del Material	
Tamaño máximo de los fragmentos (mm):	38.10
Forma predominante de la fracción gruesa:	Angulosa
Coefficiente de uniformidad (Cu):	---
Coefficiente de curvatura (Cc):	---
Límite Líquido (%):	N P
Límite Plástico (%):	N P
Índice de Plasticidad(%):	N P
Contenido de humedad (%):	2.5
Clasificación (SUCS):	G M
Clasificación (AASHTOO):	A - 1 - a (0)

 UNIVERSIDAD DE LIMA	ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO (ASTM C566-19)			Proceso: Extensión y desarrollo social Subproceso: Consultoría empresarial
	Elaborado por	Revisado por	Aprobado por	Fecha de vigencia: 26/03/2021
	CIV	CIV	CIV	Versión: 01
	A. Domínguez	M. López	J. Salinas	Código: EDS-2-FIA/CIV/L-R-027

DATOS DEL PROYECTO

Evaluación ingeniero - geológica del estadio de Chavín de Huantar

Id. proyecto	: -	Informe N° : U - 2
Ubicación	: Estadio de Chavín de Huantar; distrito: Chavín de Huantar; provincia: Huarí; región: Ancash.	
Solicita	: Ingemmet	
Responsable	: Dr. Marko Lopez Bendezu	

DATOS DE LA MUESTRA

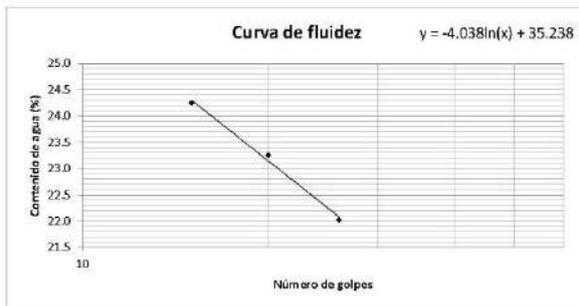
Id. Muestra	: M-1	Fecha de muestreo	: 27/05/2023
Fuente	: Dep. Cuaternario / Ladera / Coluvio-deluvial	Fecha de recepción	: 1/06/2023
Muestra	: M-1 (Suelo depósito coluvio-deluvial)	Fecha de ensayo	: 5/06/2023
Profundidad (m)	: 15 m	Método cuarteo (NTP 339.089)	: B

ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD

Descripción	Unidad	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3
Temperatura	°C	19	19	19
Masa de la vasija	g	250.5	250.0	237.4
Masa de agregado húmedo y vasija	g	903.2	875.5	939.2
Masa de agregado seco y vasija	g	863.2	838.9	896.2
Masa de agua	g	40.0	36.6	43.0
Masa de agregado seco	g	612.7	588.9	658.9
Contenido de humedad	%	6.5	6.2	6.5
Contenido de humedad promedio	%	6.4		

LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD

Tipo de ensayo	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		
	26	20	15			
Número de golpes	26	20	15			
Vasija N°	R9	R5	R8	2.0	B5	22.0
Masa de Tara (g)	24.43	24.45	23.90	24.25	24.66	0.00
Masa de Tara y Suelo Húmedo (g)	47.59	44.38	50.80	30.40	30.93	0.00
Masa de Tara y Suelo Seco (g)	43.41	40.62	45.55	29.36	29.88	0.00
Masa del agua contenida (g)	4.18	3.76	5.25	1.04	1.05	0.00
Masa suelo seco (g)	18.98	16.17	21.65	5.11	5.22	0.00
Contenido de agua (%)	22.02	23.25	24.25	20.35	20.11	- - -
Log (Número de golpes)	3.26	3.00	2.71	- - -	- - -	- - -



LÍMITES DE PLASTICIDAD	
Límite líquido (LL)	22
Límite plástico (LP)	20
Índice plástico (IP)	2

Observaciones:

1. La muestra fue provista e identificada por el solicitante.

 UNIVERSIDAD DE LIMA	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS Y CLASIFICACIÓN DE SUELOS (Norma de referencia: NTP 339.128, ASTM D2487 y ASTM D3282)			Proceso: Extensión y desarrollo social Subproceso: Consultoría empresarial
	Elaborado por	Revisado por	Aprobado por	Fecha de vigencia: 15/03/2020
	CIV	CIV	CIV	Versión: 01
	A. Domínguez	M. López	J. Salinas	Código: EDS-2-FIA/CIV/L-R-029

DATOS DEL PROYECTO	
Evaluación ingeniero - geológica del estadio de Chavín de Huantar	
Id. proyecto	: - Informe N° : U - 1
Ubicación	: Estadio de Chavín de Huantar; distrito: Chavín de Huántar; provincia: Huarí; región: Ancash.
Solicita	: Ingemmet
Responsable	: Dr. Marko Lopez Bendezu

DATOS DE LA MUESTRA	
Id. Muestra	: M-2 Fecha de muestreo : 27/05/2023
Fuente	: Cuaternario / Ladera / Coluvio-deluvial Fecha de recepción : 1/06/2023
Muestra	: M-2 (Suelo orgánico / depósito coluvial) Fecha de ensayo : 7/06/2023
Profundidad (m)	: 2 m Método cuarteo (NTP 339.089) : B

ENSAYO			
Peso de la muestra (g):	3,787.5	Peso de la submuestra (pasa la malla N° 10) (g):	175.2
Peso retenido en malla N° 10 (g):	1,702.9		
Peso pasa la malla N° 10 (g):	2,084.6		

GRANULOMETRÍA (FRACCIÓN GRUESA: RETENIDO EN MALLA N° 10)						
Tamíces		Peso retenido (g)	Porcentaje retenido (%)	Porcentaje ret. acumulado (%)	Porcentaje que pasa (%)	Porcentaje que pasa (%)
pulg.	mm.					
3	76.2	0.0	0.0	0.0	---	100.0
2	50.8	0.0	0.0	0.0	---	100.0
1.5	38.1	0.0	0.0	0.0	---	100.0
1	25.4	116.2	3.1	3.1	---	96.9
0.75	19.05	233.0	6.2	9.2	---	90.8
0.375	9.52	625.8	16.5	25.7	---	74.3
N° 4	4.75	388.5	10.3	36.0	---	64.0
N° 10	2	339.4	9.0	45.0	---	55.0
GRANULOMETRÍA (FRACCIÓN FINA: PASA LA MALLA N° 10)						
N° 20	0.841	18.2	10.4	10.38	89.6	49.3
N° 40	0.42	15.1	8.6	19.01	81.0	44.6
N° 60	0.25	10.6	6.1	25.07	74.9	41.2
N° 140	0.105	17.7	10.1	35.18	64.8	35.7
N° 200	0.075	8.4	4.8	39.97	60.0	33.0

Contenido	
Grava (3 1/2" - N° 4) (%) :	36.0
Arena (N° 4 - N° 200) (%) :	31.0
Finos (menor a N° 200) (%) :	33.0

Descripción	
Arena Limosa bien gradada, Ligeramente gravosa de color marrón claro.	

Propiedades del Material	
Tamaño máximo de los fragmentos (mm):	25.40
Forma predominante de la fracción gruesa:	Angulosa
Coefficiente de uniformidad (Cu):	---
Coefficiente de curvatura (Cc):	---
Límite Líquido (%):	N P
Límite Plástico (%):	N P
Índice de Plasticidad(%):	N P
Contenido de humedad (%):	2.5
Clasificación (SUCS):	G M
Clasificación (AASHTOO):	A - 2 - 4 (0)

 UNIVERSIDAD DE LIMA	ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO (ASTM C566-19)			Proceso: Extensión y desarrollo social Subproceso: Consultoría empresarial
	Elaborado por	Revisado por	Aprobado por	Fecha de vigencia: 26/03/2021
	CIV	CIV	CIV	Versión: 01
	A. Domínguez	M. López	J. Salinas	Código: EDS-2-FIA/CIV/L-R-027

DATOS DEL PROYECTO

Evaluación ingeniero - geológica del estadio de Chavín de Huantar	
Id. proyecto	: - Informe N° : U - 2
Ubicación	: Estadio de Chavín de Huantar; distrito: Chavín de Huantar; provincia: Huarí; región: Ancash.
Solicita	: Ingemmet
Responsable	: Dr. Marko Lopez Bendezu

DATOS DE LA MUESTRA

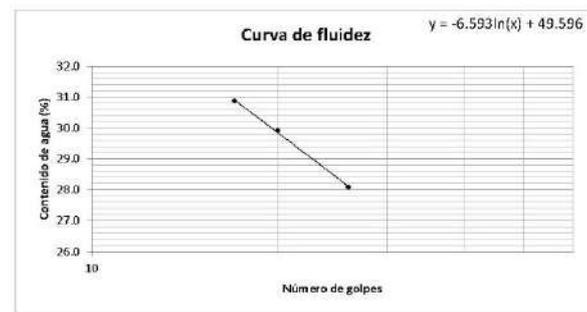
Id. Muestra	: M-2	Fecha de muestreo	: 27/05/2023
Fuente	: Cuaternario / Ladera / Coluvio-deluvial	Fecha de recepción	: 1/06/2023
Muestra	: M-2 (Suelo orgánico / depósito coluvial)	Fecha de ensayo	: 7/06/2023
Profundidad (m)	: 2 m	Método cuarteo (NTP 339.089)	: B

ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD

Descripción	Unidad	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3
Temperatura	°C	19	19	19
Masa de la vasija	g	250.4	250.3	250.1
Masa de agregado húmedo y vasija	g	1865.7	1985.2	916.8
Masa de agregado seco y vasija	g	1801.4	1905.1	888.8
Masa de agua	g	64.3	80.1	28.0
Masa de agregado seco	g	1551.0	1654.8	638.7
Contenido de humedad	%	4.1	4.8	4.4
Contenido de humedad promedio	%	4.5		

LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD

Tipo de ensayo	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		
	26	20	17			
Número de golpes	26	20	17			
Vasija N°	R7	R11	B4	2.0	B5	22.0
Masa de Tara (g)	24.30	24.44	24.50	23.89	24.09	0.00
Masa de Tara y Suelo Húmedo (g)	53.53	57.14	67.78	38.87	35.55	0.00
Masa de Tara y Suelo Seco (g)	47.12	49.61	57.57	36.11	33.45	0.00
Masa del agua contenida (g)	6.41	7.53	10.21	2.76	2.10	0.00
Masa suelo seco (g)	22.82	25.17	33.07	12.22	9.36	0.00
Contenido de agua (%)	28.09	29.92	30.87	22.59	22.44	- - -
Log (Número de golpes)	3.26	3.00	2.83	- - -	- - -	- - -



LÍMITES DE PLASTICIDAD	
Límite líquido (LL)	28
Límite plástico (LP)	23
Índice plástico (IP)	5

Observaciones:

1. La muestra fue provista e identificada por el solicitante.