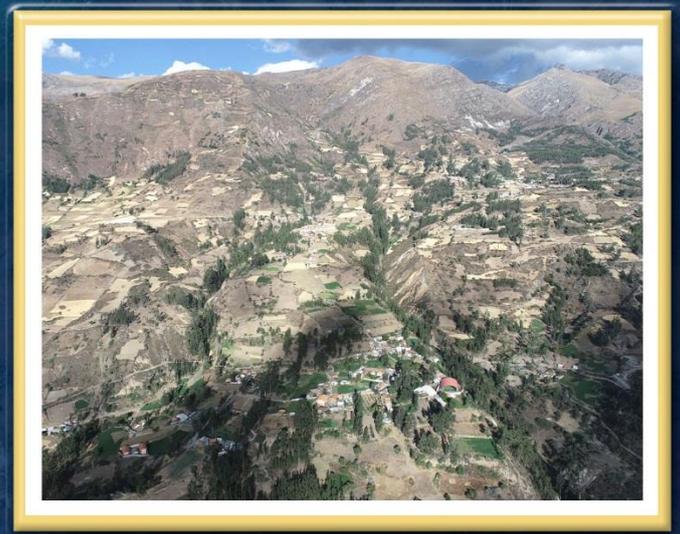
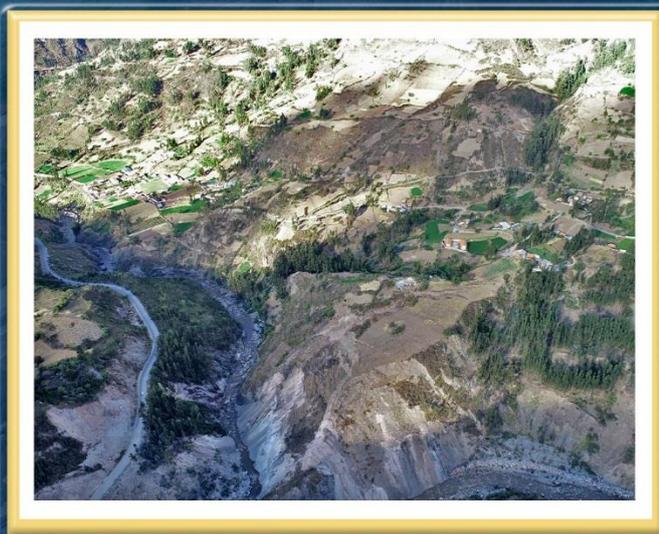


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

**Informe Técnico N° A7470**

# EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL CASERÍO MILLHUISH

Región Ancash  
Provincia Huari  
Distrito San Marcos



ENERO  
2024

## **EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL CASERÍO MILLHUIH**

*(Distrito San Marcos, provincia Huari y departamento Ancash)*

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

*Equipo de investigación:*

*Richard Remy Huayta Pacco*

*Freddy Córdova Castro*

*Marlon Ccopa Alegre*

### **Referencia bibliográfica**

*Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2023). - Evaluación de peligros geológicos en el caserío Millhuish, distrito de San Marcos, provincia Huari, departamento Áncash. Lima: INGEMMET, Informe técnico N°A7470.*

## INDICE

<b>RESUMEN</b> .....	4
<b>DEFINICIONES</b> .....	5
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	7
1.1. Objetivos del estudio .....	7
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores.....	8
1.3. Aspectos generales .....	9
1.3.1. Ubicación.....	9
1.3.2. Accesibilidad.....	9
1.3.3. Clima .....	11
1.3.4. Zonificación Sísmica .....	12
<b>2. ASPECTOS GEOLÓGICOS</b> .....	13
2.1. Unidades litoestratigráficas .....	14
2.1.1. Formación Oyón (Ki-Oy).....	14
2.1.2. Formación Chimú (Ki-chi).....	15
2.2. Depósitos cuaternarios.....	16
2.2.1. Depósitos coluviales (Q-co) .....	16
2.2.2. Depósito coluvio-deluvial (Q-cd) .....	17
2.2.3. Depósito fluvial (Q-fl): .....	17
2.3. Contexto estructural .....	18
<b>3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS</b> .....	19
3.1. Pendientes del terreno .....	19
3.2. Unidades geomorfológicas.....	20
<b>4. PELIGROS GEOLÓGICOS</b> .....	23
4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa.....	23
4.1.1. Deslizamiento rotacional retrogresivo – Activo .....	23
4.1.2. Derrumbe en las laderas de la margen derecha del río Mosna. ....	25
4.1.3. Avalanchas de rocas antiguas .....	27
4.2. Otros peligros .....	27
<b>5. CONCLUSIONES</b> .....	28
<b>6. RECOMENDACIONES</b> .....	29
<b>7. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	30
<b>ANEXO 1: MAPAS</b> .....	31
<b>ANEXO 2: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN</b> .....	36
<b>ANEXO 3: PANEL FOTOGRÁFICO</b> .....	40

## RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, realizado en el caserío de Millhuish, centro poblado de Rancas, distrito de San Marcos y provincia Huari, departamento Ancash. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – INGEMMET, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica de calidad e información geológica en los tres niveles de gobierno.

Las unidades litológicas (rocas) en el área evaluada se componen principalmente por una serie sedimentaria, constituida por areniscas oscuras, de estratos medianos, cuyo grado de meteorización según la clasificación ISRM corresponde a MUY METEORIZADAS (IV). Estos afloramientos se encuentran cubierto por depósitos superficiales de tipo coluviales y deluviales conformado por bloques y gravas de naturaleza litológica heterogénea, subangulosos a angulosos, envueltos en matriz limo-arcillosa. Se presentan no consolidados y saturados debido al riego de cultivos de alfalfa.

Las unidades geomorfológicas identificadas son: montañas en rocas sedimentarias, piedemontes (vertiente con depósito de deslizamiento, depósitos coluviales, y depósitos coluvio-deluvial); así como planicies (terrazas fluviales). Se considera que los factores condicionantes que originan la ocurrencia de movimientos en masa, son la pendiente del terreno, que van desde moderada ( $5^{\circ}$ - $15^{\circ}$ ) a muy fuerte ( $25^{\circ}$ - $45^{\circ}$ ); y la presencia de agua en los suelos o depósitos inconsolidados.

En el caserío de Millhuish, se identificaron movimientos en masa, tipo derrumbes y principalmente deslizamientos rotacionales, que afectaron viviendas y campos de cultivo, además, de poner en riesgo vías vecinales. Por otro lado, se pudo evidenciar socavación por el río Mosna del pie de la ladera donde se ubica el caserío en mención.

Por las condiciones geológicas (tipo de rocas y suelos), configuración geomorfológica (terrenos con pendiente moderada a muy fuerte), así como la presencia de movimientos en masa y procesos geohidrológicos; el caserío Millhuish se considera como **Peligro Alto y Zona Crítica**. Estos movimientos en masa pueden ser detonados por lluvias intensas y/o prolongadas, movimientos sísmicos y actividad antrópica, este último debido a las filtraciones de agua al subsuelo, por la actividad agrícola y mal estado del alcantarillado.

Finalmente, en este informe, se brinda algunas recomendaciones que es importante tomar en cuenta, entre las que se considera reubicar a las viviendas ubicadas muy próximas a la corona del deslizamiento; además, realizar trabajos de sensibilización a los pobladores en temas de peligros geológicos, gestión de riesgo y uso adecuado del agua, a fin de minimizar las ocurrencias y daños que pueden ocasionar los procesos identificados.

## DEFINICIONES

El presente informe técnico tiene como objetivo ser comprensible para entidades gubernamentales de los tres niveles de gobierno y para el personal no especializado, sin necesidad de ser geólogos. En este informe se presentan diversas terminologías y definiciones relacionadas con la identificación, clasificación y descripción de los peligros geológicos.

Para lograr una mayor comprensión, nos basamos en el libro *"Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas" del Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007)* y presentamos algunas definiciones importantes en términos sencillos.

- AGRIETAMIENTO:** Abertura profunda del suelo causada por esfuerzos de tensión o de compresión sobre masas de suelo o roca, o por desecación de materiales arcillosos.
- CORONA:** Zona adyacente arriba del escarpe principal de un deslizamiento que no ha sufrido un desplazamiento en dirección ladera abajo. Sobre ella suelen presentarse algunas grietas paralelas o semi paralelas conocidas como grietas de tensión o de tracción.
- 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:** Es un movimiento, ladera abajo, de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante. Varnes (1978) clasifica los deslizamientos según la forma de la superficie de falla por la cual se desplaza el material, en traslacionales y rotacionales. Los deslizamientos traslacionales, a su vez, pueden ser planares y/o en cuña.
- 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.
- 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 toda alteración que modifica 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.
- MOVIMIENTOS:**

<b>EN MASA</b>	Son procesos que incluyen todos aquellos movimientos ladera abajo, de una masa de rocas o suelos por efectos de la gravedad (Cruden, 1991). Los tipos más frecuentes son: caídas, deslizamientos, flujos, vuelcos, expansiones laterales, reptación de suelos, entre otros. Existen movimientos extremadamente rápidos (más de 5 m por segundo) como avalanchas y/o deslizamientos, hasta extremadamente lentos (menos de 16 mm por año) a imperceptibles como la reptación de suelos.
<b>PELIGROS: GEOLÓGICOS</b>	Son procesos o fenómenos geológicos que podrían ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, daños a la propiedad, pérdida de medios de sustento y servicios, trastornos sociales y económicos o daños materiales. Pueden originarse al interior (endógenos) o en la superficie de la tierra (exógenos). Al grupo de endógenos pertenecen los terremotos, tsunamis, actividad y emisiones volcánicas; en los exógenos se agrupan los movimientos en masa (deslizamientos, aludes, desprendimientos de rocas, derrumbes, avalanchas, aluviones, huaicos, flujos de lodo, hundimientos, entre otros), erosión e inundaciones (INGEMMET, 2004).
<b>RETROGRESIVO:</b>	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).
<b>SUSCEPTIBILIDAD: EN MOVIMIENTOS EN MASA</b>	La susceptibilidad está definida como la propensión o tendencia de una zona a ser afectada o hallarse bajo la influencia de un proceso de movimientos en masa determinado. La estimación de la susceptibilidad se basa en la correlación de los principales factores (intrínsecos) que contribuyen en la formación de movimientos en masa.
<b>TALUD:</b>	Superficie artificial inclinada de un terreno que se forma al cortar una ladera, o al construir obras como por ejemplo un terraplén.
<b>ZONA CRÍTICA:</b>	Las zonas o áreas consideradas como críticas (Fidel et al., 2006), presentan recurrencia en algunos casos periódica a excepcional de peligros geológicos y geohidrológicos; alta susceptibilidad a procesos geológicos que puede causar desastres y alto grado de vulnerabilidad.

## 1. INTRODUCCIÓN

El INGEMMET, ente técnico-científico que 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.

Atendiendo la solicitud de la congresista Portalatino, según Oficio N° 0864-2022-2023/KRPA-CR, en el marco de nuestras competencias, se realiza la evaluación de los movimientos en masa ocurridos desde febrero del 2019, según narran los pobladores del caserío Millhuish, distrito San Marcos, provincia Huari y departamento Áncash. Este evento viene afectando campos de cultivos, agrietando viviendas e infraestructura del caserío.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET designó al Mag. Richard Remy Huayta Pacco, Ing. Marlon Ccopa Alegre y Bach. Freddy Cordova Castro, realizar la evaluación de peligros geológicos en el sector previamente mencionado, los cuales se realizaron el día 24 de mayo del 2023. Los trabajos fueron realizados en coordinación con representantes del caserío y damnificados.

La evaluación técnica se basa en la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores realizados por INGEMMET, los datos obtenidos durante el trabajo de campo (puntos de control GPS, fotografías terrestres y aéreas), la cartografía geológica y geodinámica, con lo que finalmente se realizó la redacción del informe técnico.

Este informe se pone en consideración del despacho congresal, el Gobierno Regional de Áncash, la Municipalidad Distrital de San Marcos y población del caserío Millhuish, donde se proporcionan resultados de la inspección y recomendaciones para la mitigación y reducción del riesgo de desastres, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

### 1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Evaluar y caracterizar los peligros geológicos ocurridos en el caserío Millhuish, eventos que comprometen la seguridad física de la población, viviendas y sus medios de vida en la zona de influencia del evento.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes de la ocurrencia de peligros geológicos
- c) Emitir las recomendaciones pertinentes para la reducción o mitigación de los daños que pueden causar los peligros geológicos identificados.

## 1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Existen trabajos previos y publicaciones del INGEMMET, que sirven de referencia, tales como informes técnicos y otros estudios regionales relacionados a temas de geología y geodinámica externa (boletines), de los cuales destacan los siguientes:

- A. 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 Ancash. Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7361, 66 p.
- B. Informe técnico A7280. “Evaluación de peligro geológico en el cerro Cruz de Shallapa, y su influencia en la localidad de Chavín de Huántar” (Choquenaira, G. y Núñez, J. 2022). Describe el derrumbe suscitado el 30 de junio del 2022, en la ladera noreste del cerro Cruz de Shallapa, el cual movilizó rocas y detritos involucrando un volumen de 58 mil m<sup>3</sup>, afectó un área de 2.5 ha; 42 viviendas destruidas, 2.07 ha de pérdida de terrenos de cultivo, 450 m del canal de riego, entre otros daños a la propiedad, por lo cual se considera como **Zona Crítica**.
- C. Boletín N° 38, serie C: Riesgos Geológicos en la Región Áncash, realizado por Zavala, B. et al 2009; mencionan que el aluvión del 17 de enero de 1945, afectó parcialmente al complejo arqueológico de Chavín de Huántar y ocasionó 400 muertos. Este sector es considerado como de alta susceptibilidad a movimientos en masa y como zona crítica a peligros geológicos.
- D. Informe técnico. Primer reporte “Zonas críticas por peligro geológico y geohidrológico en la región Ancash” (Zavala, 2007), determinó que el valle del río Mosna hasta la localidad de Puchca, conforma la **Zona Crítica (44)**, debido a la peligrosidad que representa ante la ocurrencia de derrumbes, deslizamientos y flujo de detritos, y aluviones históricos en el valle.
- E. Informe de evaluación de riesgo ante deslizamientos originados por lluvias intensas en el caserío de Millhuish del centro poblado de Rancas, distrito San Marcos, provincia Huari, departamento Ancash.

### 1.3. Aspectos generales

#### 1.3.1. Ubicación

El caserío de Millhuish se encuentra en la margen derecha del río Mosna y disectada por las quebradas Uchuran Rajra y Ulpi Rajra. Políticamente, pertenece al distrito San Marcos, provincia de Huari y departamento de Áncash (figura 2), el cual se encuentra ubicado en las siguientes coordenadas UTM (WGS84 – Zona 18S) Tabla 1:

**Tabla 1.** Coordenadas del área de estudio.

N°	UTM - WGS84 - Zona 18L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	262455	8941050	-9,569	-77,164
2	262921	8942481	-9,556	-77,159
3	261423	8943050	-9,551	-77,173
4	260807	8941481	-9,565	-77,179
<b>COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL</b>				
C	261647	8942382	-9,557	-77,171

Según el Censo Nacional 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas, la población censada del caserío de Millhuish es de 116 habitantes, distribuidos en un total de 59 viviendas.

#### 1.3.2. Accesibilidad

El acceso a la zona de estudio se realizó por vía terrestre desde la oficina central de INGEMMET (Lima), hasta el caserío Millhuish (Áncash), mediante la siguiente ruta (Tabla 2):

**Tabla 2.** Ruta de acceso

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Lima – Conococha	Asfaltada	338	6 horas 30 min
Conococha – Chavín de Huántar	Asfaltada	80	1 hora 30 min
Chavín de Huántar - Millhuish	Afirmada	3,5	15 min

A continuación, en la figura 1 observamos el mapa de ubicación de la zona afectada.

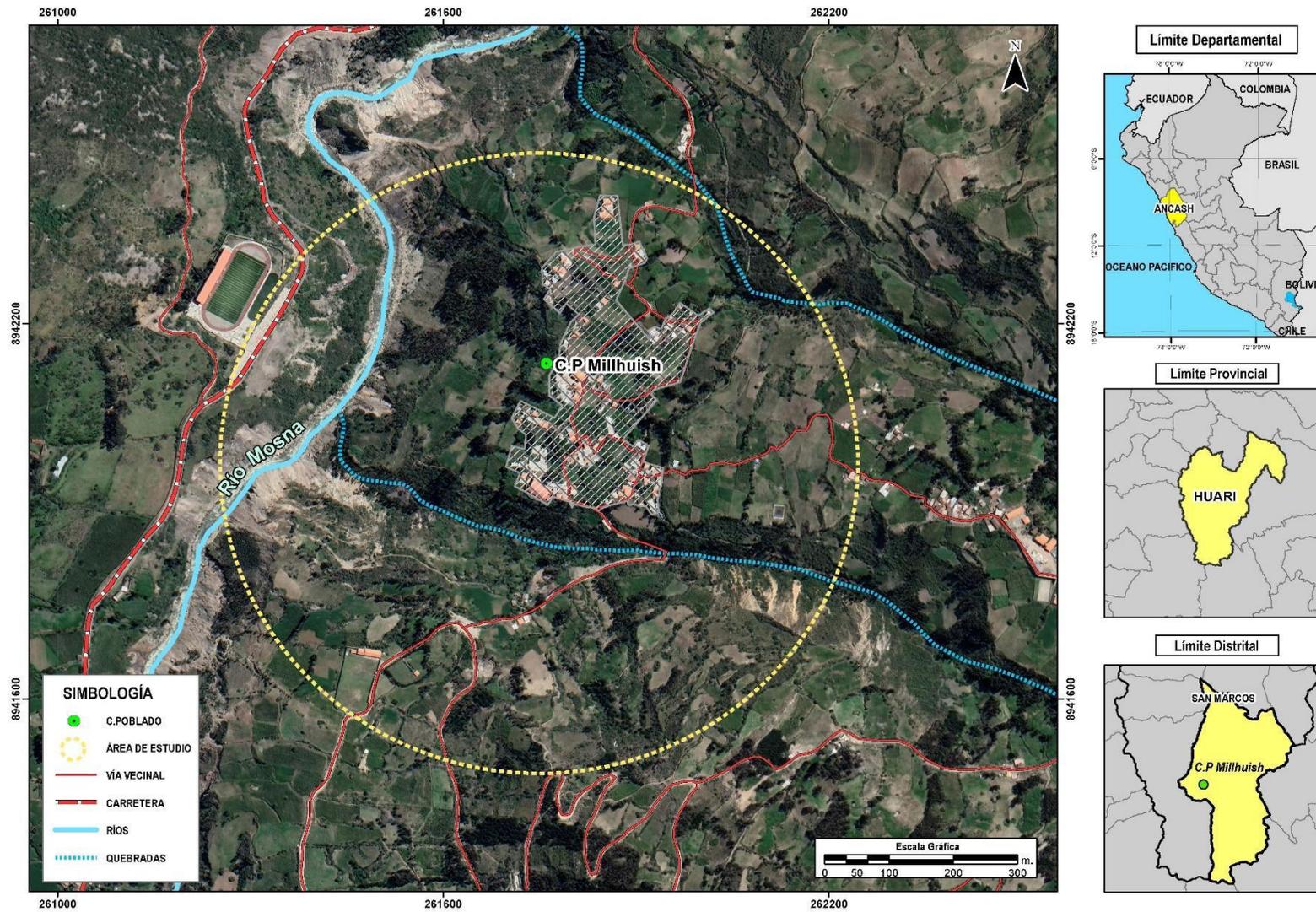
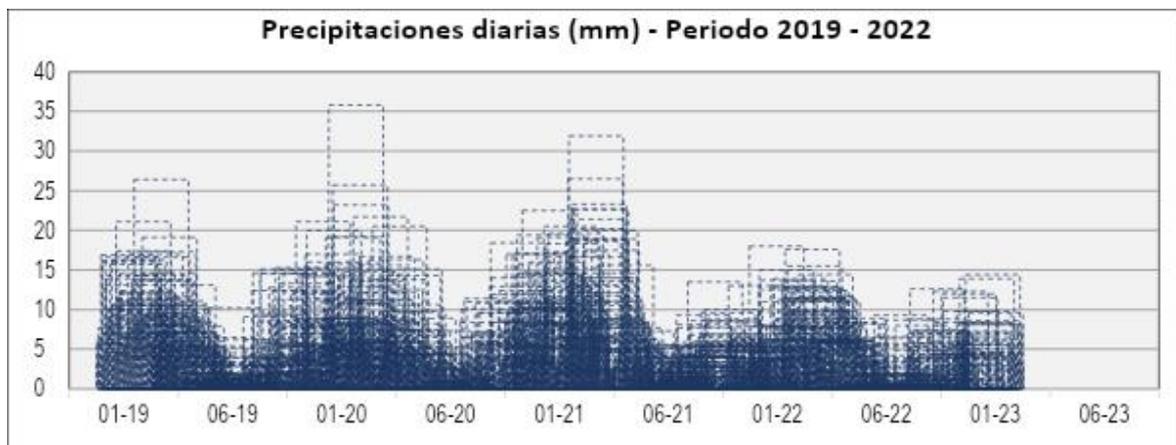


Figura 1: Ubicación del caserío Millhuish y alrededores.

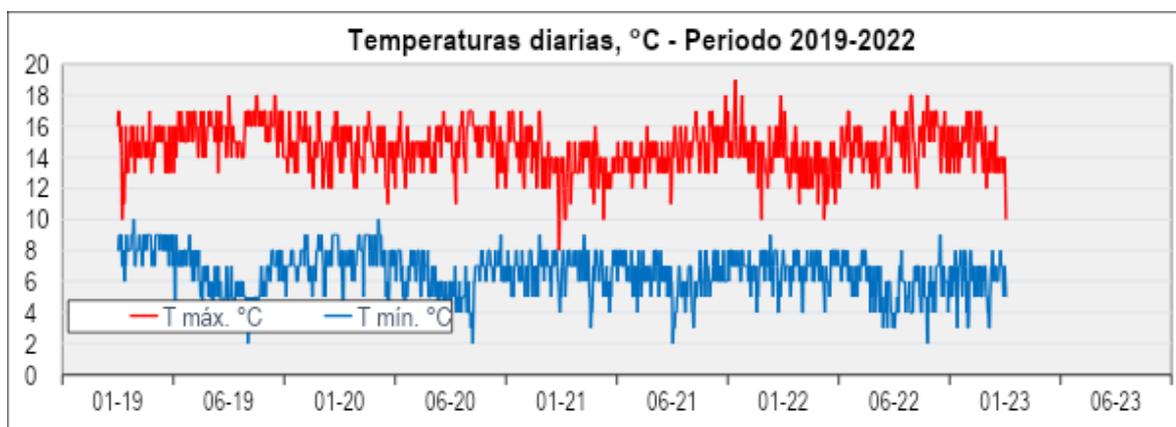
### 1.3.3. Clima

El caserío de Millhuish se encuentra a una altitud de aproximadamente 3170 m.s.n.m., Según SENAMHI el clima en este distrito sigue las características generales de la vertiente oriental de la cordillera occidental (Callejón de Conchucos) y lo clasifica como un clima semiseco, frío, con deficiencias de lluvias en invierno, 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 los 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. La temperatura anual oscila entre un máximo de 19.0°C en verano y un mínimo de 2.0°C en invierno (figura 3). Así mismo, presenta una humedad promedio de 60% durante casi todo el año, (Servicio aWhere).



**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>.



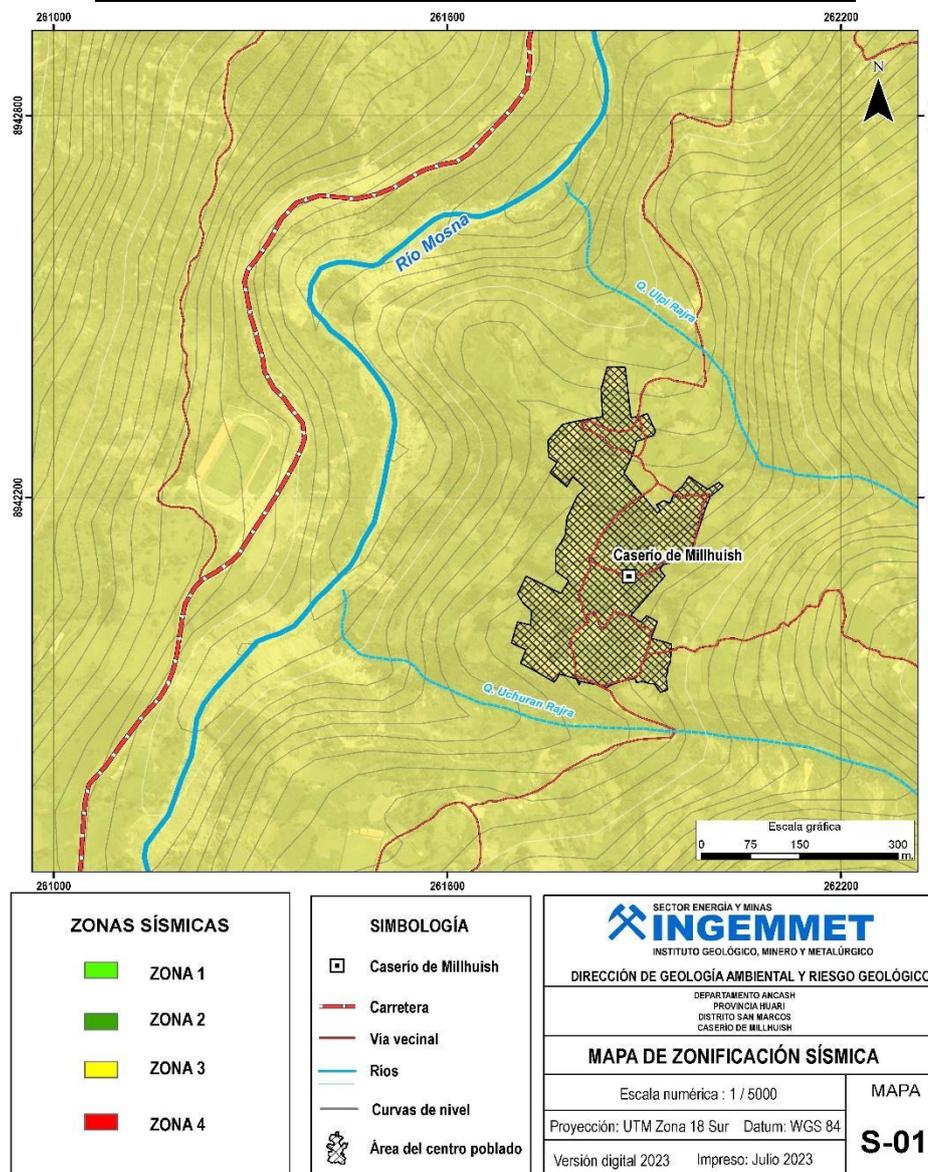
**Figura 3.** Temperaturas máximas y mínimas diarias, distribuidas a lo largo del periodo 2019-2022. La figura permite analizar la variedad, saltos extremos de temperatura, duración y regularidad. Fuente: Landviewer, disponible en: <https://crop-monitoring.eos.com/weather-history/field/9082407>.

### 1.3.4. Zonificación Sísmica

El territorio nacional se encuentra dividido en tres zonas, a cada zona se le asigna un factor Z según se indica en la tabla 3. Este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad (DS No. 003-2016-VIVIENDA). Tomando como referencia este documento, el caserío de Millhuish se ubica en la “Zona 3” (sismicidad alta), localizada desde la línea de costa hasta el margen occidental de la Cordillera de los Andes, determinándose aceleraciones de 0.35 g (figura 4).

**Tabla 3.** Factores de zona Z. Norma E-030

Zona	1	2	3	4
Z (g – m/s <sup>2</sup> )	0.10	0.25	0.35	0.45



**Figura 4.** Mapa de zonificación sísmica del caserío Millhuish, según norma peruana E 0.30.

## 2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El caserío de Millhuish se ubica en la vertiente oriental de la cordillera occidental (Callejón de Conchucos, ver figura 5).

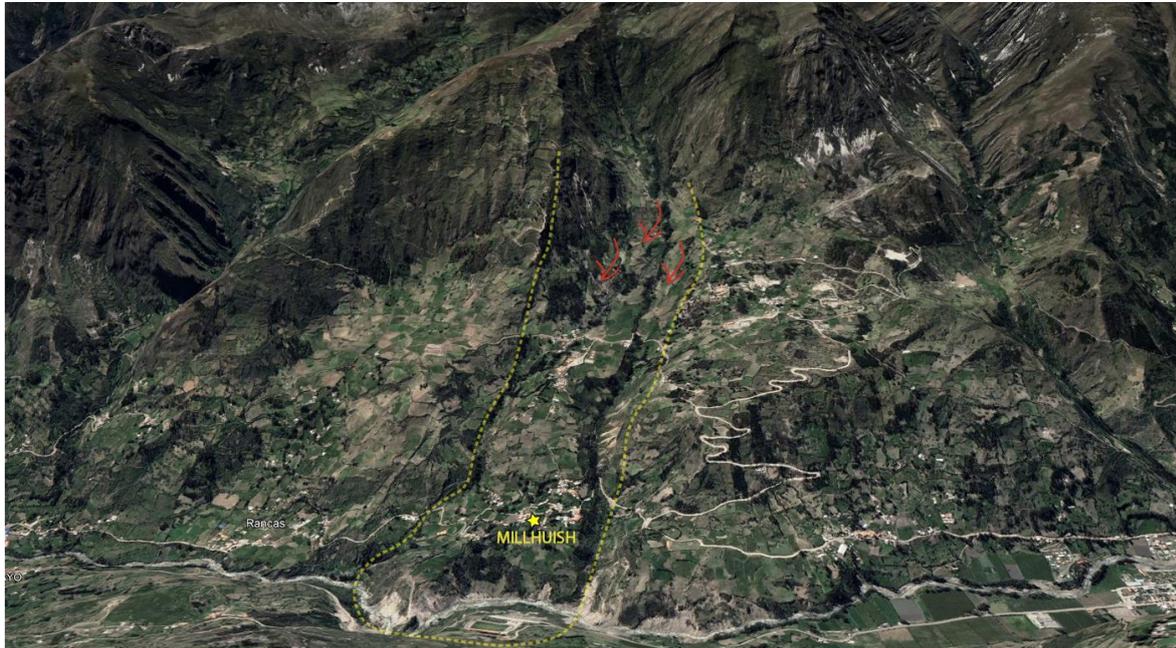


**Figura 5.** Vista panorámica del caserío de Millhuish

De la información Carta Geológica cuadrángulo Recuay – hoja 20-i, (Cobbing et al., 1996), a escala 1/100 000 y la obtenida en campo, revelan la presencia de afloramientos de rocas sedimentarias como lutitas, areniscas y limolitas (cretácico) y depósitos coluviales, deluviales y aluviales del cuaternario, éstos últimos a través de la inspección en campo y en base a la interpretación de imágenes satelitales, fotografías aéreas se completa en el mapa geológico, presentado en el Mapa 1: Anexo 1.

La gran deformación tectónica - estructural del área, de dirección NO-NE, con la presencia de plegamientos (anticlinales y sinclinales), lineamientos, fallas y la zona de contacto entre las formaciones Chimú ((Ki-Chi) y Oyón (Ki-Oy) según “Romero, D. (2008). The Cordillera Blanca fault system as structural control of the Jurassic-Cretaceous basin in central-northern Perú”; han condicionado el intenso fracturamiento de las rocas, por ello en el caserío de Millhuish se registra grandes depósitos de avalanchas de rocas (figura 6). Por ende, se tienen depósitos coluviales y coluvio-deluviales, el primero corresponde a fragmentos de roca sedimentaria transportados por acción de la gravedad, compuestos por bloques angulosos de hasta 2 m, estos depósitos luego podrían ser erosionados ya que están adyacentes al río Mosna.

Los depósitos coluvio-deluviales se localizan en gran parte del caserío de Millhuish, de forma caótica originada por la ocurrencia de eventos antiguos y depositada por acción de la gravedad y acción de las aguas de escorrentía.



**Figura 6.** Representación de la dirección de la avalancha de rocas, desde su zona de arranque hacia su deposición a piedemonte. Fuente: Edición sobre las imágenes satelitales de Google Earth (2023).

Respecto a la matriz rocosa se caracteriza a partir de tres propiedades, las cuales son: identificación litológica, grado de meteorización y la resistencia del material, en este último punto los índices se propondrán a partir de fuentes bibliográficas.

## 2.1. Unidades litoestratigráficas

### 2.1.1. Formación Oyón (Ki-Oy)

Según la Carta Geológica del cuadrángulo de Recuay – hoja 20-i, (Cobbing et al., 1996), refieren que la Formación data del Cretáceo Inferior, está constituida por lutitas intercaladas con mantos de carbón y areniscas subgrawacas de estratos delgados. Esta litología por su composición, grado de fracturamiento y meteorización, es considerada muy susceptibles a movimientos en masa. En la figura 7 se observa una ventana de esta Formación.

Según la clasificación de la ISRM, el grado de fracturamiento van desde MODERADAMENTE FRACTURAS a MUY FRACTURADAS, el grado de meteorización corresponde a MUY METEORIZADAS (IV), la alteración de los materiales es de tipo ALTAMENTE DESCOMPUESTA, conservándose la fábrica original. Los granos minerales están sin alterar, pero la roca es friable.



**Figura 7.** Se aprecia Lutitas carbonosas al pie de la ladera de Millhush corresponden diente a la Formación. Oyón.

De acuerdo a la resistencia, los índices de campo según la ISRM (1989) tipifican a las areniscas intercaladas con lutitas carbonosas como ROCA MUY BLANDA (R1) a ROCA EXTREMADAMENTE BLANDA (R0), por lo cual podemos describir que las rocas se desintegran al golpear con la punta del martillo o en algunas zonas con los dedos, esto nos permite inferir que el rango de la resistencia a compresión simple del material comprende 0.25 MPa – 5.0 MPa.

### 2.1.2. Formación Chimú (Ki-chi)

Según la Carta Geológica del cuadrángulo de Recuay – hoja 20-i, (Cobbing et al., 1996), refieren que esta Formación está constituida por centenares de metros de cuarcitas, areniscas y arcillitas intercaladas con lutitas, sobreyaciendo a la Fm. Oyón e infrayaciendo a la Fm. Santa, con ligera discordancia.

Según la clasificación de la ISRM, el grado de fracturamiento va desde MODERADAMENTE FRACTURA a MUY FRACTURADA, grado de meteorización para esta litología sedimentario corresponde ROCA METEORIZADA (III). De acuerdo

a la resistencia, los índices de campo tipifican nuestro material como ROCA BLANDA (R<sub>2</sub>) a ROCA MODERADAMENTE DURA (R<sub>3</sub>), por lo cual podemos describir que al golpear con la punta del martillo se producen pequeñas marcas con un golpe fuerte del martillo, esto nos permite inferir que el rango de la resistencia a compresión simple del material comprende 5.0 MPa – 50 MPa.

## 2.2. Depósitos cuaternarios

### 2.2.1. Depósitos coluviales (Q-co)

Son depósitos inconsolidados, compuestos por bloques y gravas no consolidadas, heterométricas angulosas de origen sedimentario (areniscas cuarzosas, limoarcillitas y calizas), dentro de una matriz areno limosa, con escasa cohesión, plasticidad media e inestables, presentan malas características geotécnicas y se consideran suelos no competentes, susceptibles a la generación de movimientos en masa. Por las evidencias que presentan se cataloga como zona inestable (figura 8).



**Figura 8.** Depósitos coluviales ubicados en la ladera de la margen izquierda del río Mosna y depósitos fluviales en el curso principal del río.

### 2.2.2. Depósito coluvio-deluvial (Q-cd)

Un depósito coluvio-deluvial se origina por la remoción de material residual y/o coluvial acumulado en una ladera. Los materiales que lo constituyen generalmente son formados por la meteorización del substrato rocoso (suelos residuales) y fragmentos caídos de la vertiente superior (coluviales) y posteriormente depositados en la ladera. Su evolución y morfología de la fuente de origen y depósito puede generar formas planas o vertientes inclinadas, siempre flanqueados por relieves montañosos, desde donde discurre agua de escorrentía que permite su remoción y acumulación.

En el caserío Millhuish están compuestos por fragmentos líticos, angulosos a subangulosos con diámetros que varían de 0.01 a 0.20 m envueltos en matriz de arenas medias a gruesas con contenidos de limos y arcillas. Presentan cohesión y plasticidad media, son inestables, de malas características geotécnicas y se consideran suelos no competentes, susceptibles a la generación de movimientos en masa. Por las evidencias que presentan se cataloga este depósito como una zona inestable (figura 9).



**Figura 9.** Vista aérea del Caserío de Millhuish que está ubicado sobre un depósito coluvio-deluvial.

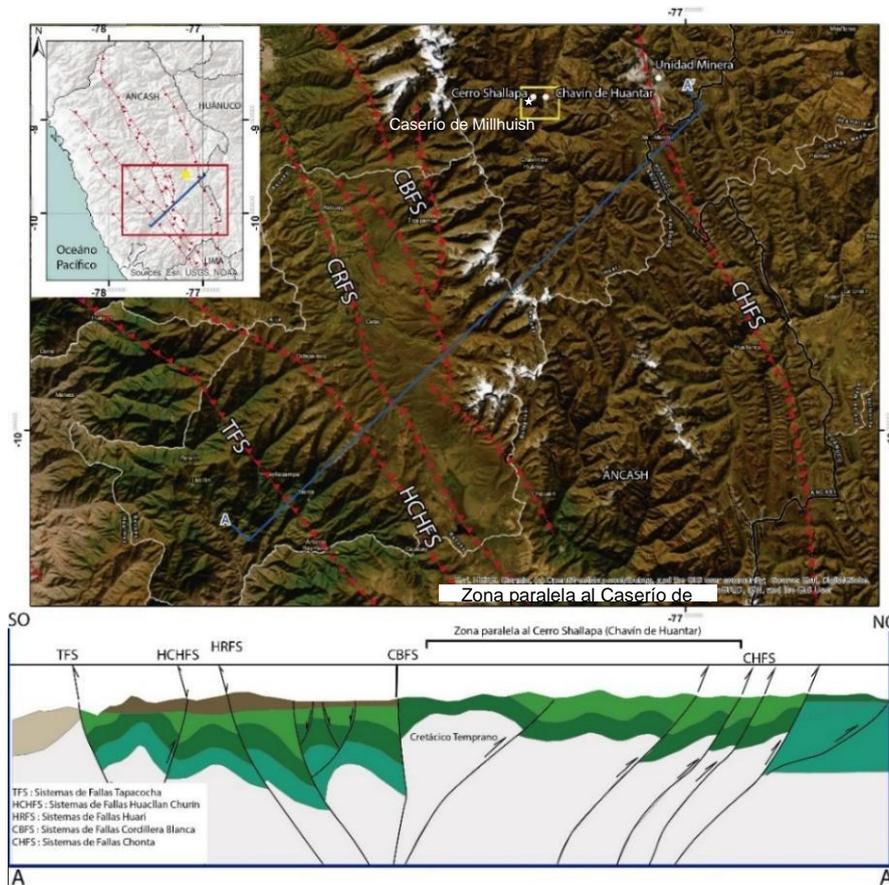
### 2.2.3. Depósito fluvial (Q-fl):

Están conformados por gravas y arenas mal seleccionadas en matriz areno-limosa. Se puede apreciar en las márgenes del curso principal del río Mosna y quebradas afluentes, formando parte de la llanura de inundación, así como de terrazas fluviales. Su granulometría está compuesta por bloques (20%), gravas (35%), arenas (30%) y limos (15%).

### 2.3. Contexto estructural

Estructuralmente el área paralela al caserío de Millhuish se encuentra en una cuenca Jurásica-Cretácica conformada principalmente por unidades geológicas de edad Cretácico-Temprano como las formaciones Oyón y Chimú. La zona de transición entre pliegues y fallas corresponde a secuencias pelíticas del Jurásico Superior, secuencias pelíticas y siliciclasticas del Cretácico Inferior (Formación Oyón y Grupo Goyllarisquizga respectivamente - Formación Chimú), unidas del batolito de “La Cordillera Blanca” y depósitos glaciares. Y finalmente la zona rígida y con fallas de gran extensión.

Las fuerzas distensivas y comprensivas de estas fallas habrían modelado la gran variedad de estructuras geológicas presentes de manera local en el área de estudio, generando así plegamientos (anticlinorios) y condicionando el grado de fracturamiento de las rocas (figura 10).



**Figura 10.** Principales fallas regionales con influencia las condiciones estructurales del área de inspección. Tomado de Romero, 2008.

La zona plegada, fallada y sobre escurrida; se localiza al este del cuadrángulo de Recuay. Los plegamientos (sinclinales y anticlinales) tienen orientaciones andinas NO-NE (rumbo andino) y pueden abarcar grandes kilómetros; ocurren tanto en niveles pelíticos de Oyón (cretácico inferior); como en las secuencias siliciclasticas del Grupo Goyllarisquizga (Cretácico inferior) y son evidencia de una compresión NE-SO muy intensa. Muchos de los pliegues se encuentran cortados por fallas verticales y/o normales de rumbo trasandino que pone en contacto secuencias cretácicas y paleógenas.

### 3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

#### 3.1. Pendientes del terreno

En el anexo 1 – mapa 3, se presenta el mapa de pendientes, elaborado en base a información del modelo de elevación digital de 12.5 m de resolución (USGS).

Del mapa se puede determinar que el sector evaluado y alrededores se encuentran en una ladera cuyos rangos de pendiente van desde la conformación de terrenos llanos (0°-1°), pasan de inclinación suave (1°-5°) a pendiente moderada (5°-15°), conformando una amplia depresión de dirección norte sur, originada por la erosión fluvial y la actividad geodinámica. Así mismo, se observa un cambio abrupto a terrenos de pendientes fuerte (15°-25°) a muy fuerte (25°-45°) hasta llegar a terrenos muy escarpados (>45°), los cuales corresponde laderas de montañas, resultantes de una intensa erosión y desgaste de la superficie terrestre.

En promedio, la pendiente del sector evaluado se encuentra en una ladera cuyos rangos varían entre muy escarpado (>45°) a moderado (5°-15°), cuyas características principales se describen en la siguiente tabla 4:

**Tabla 4.** Rango de pendientes del terreno.

RANGOS DE PENDIENTES		
Pendiente	Rango	Descripción
0°-1°	Llano	Comprende terrenos planos de las zonas de altiplanicie, extremos más distales de abanicos aluviales y torrenciales, bofedales, terrazas, llanuras de inundación fondos de valle y lagunas.
1°a 5°	<b>Inclinación suave</b>	Terrenos planos con ligera inclinación que se distribuyen también a lo largo de fondos de valles, planicies y cimas de lomadas de baja altura, también en terrazas aluviales y planicies.
5°a 15°	<b>Moderado</b>	Laderas con inclinaciones entre 5° y 15° se consideran con susceptibilidad moderada a los movimientos en masa de tipo reptación de suelos, flujos de detritos. En este rango se asienta el caserío de Millhuish y se identificaron deslizamientos rotacionales.
15°a 25°	<b>Fuerte</b>	Pendientes que se distribuyen principalmente en los bordes de abanicos aluviales, conos, piedemontes proluviales-aluviales y planicies. Aquí se generaron la mayor cantidad de deslizamientos.
25°a 45°	<b>Muy fuerte</b>	Se encuentran en laderas de colinas y montañas sedimentarias, así como terrazas aluviales que forman acantilados, vertientes de los valles. Aquí se generaron la mayor cantidad de deslizamientos.
>45°	Muy escarpado	Distribución a lo largo de laderas, cumbres de colinas y montañas sedimentarias, así como acantilados.

### 3.2. Unidades geomorfológicas

En el “Boletín N° 38, serie C: Riesgos Geológicos en la Región Áncash” (Zavala, B. et al 2009); se abordan características de toda la región Ancash por lo cual para la caracterización de las unidades geomorfológicas en el área de estudio (anexo 1 – mapa 02), 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, M., et al, 2019). En la tabla 5, se mencionan las unidades y subunidades geomorfológicas que se muestran en la zona evaluada y alrededores.

**Tabla 5.** Unidades y subunidades geomorfológicas.

<b>Unidades geomorfológicas de carácter tectónico degradacional y erosional</b>	
<b>Unidad</b>	<b>Subunidad</b>
Montaña	Montañas en roca sedimentaria (R-m)
<b>Unidades geomorfológicas de carácter depositacional o agradacional</b>	
<b>Unidad</b>	<b>Subunidad</b>
Piedemonte	Vertiente o piedemonte coluvial (V-c)
	Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial (V-cd)
	Vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd)
Terraza	Terraza fluvial (T-f)

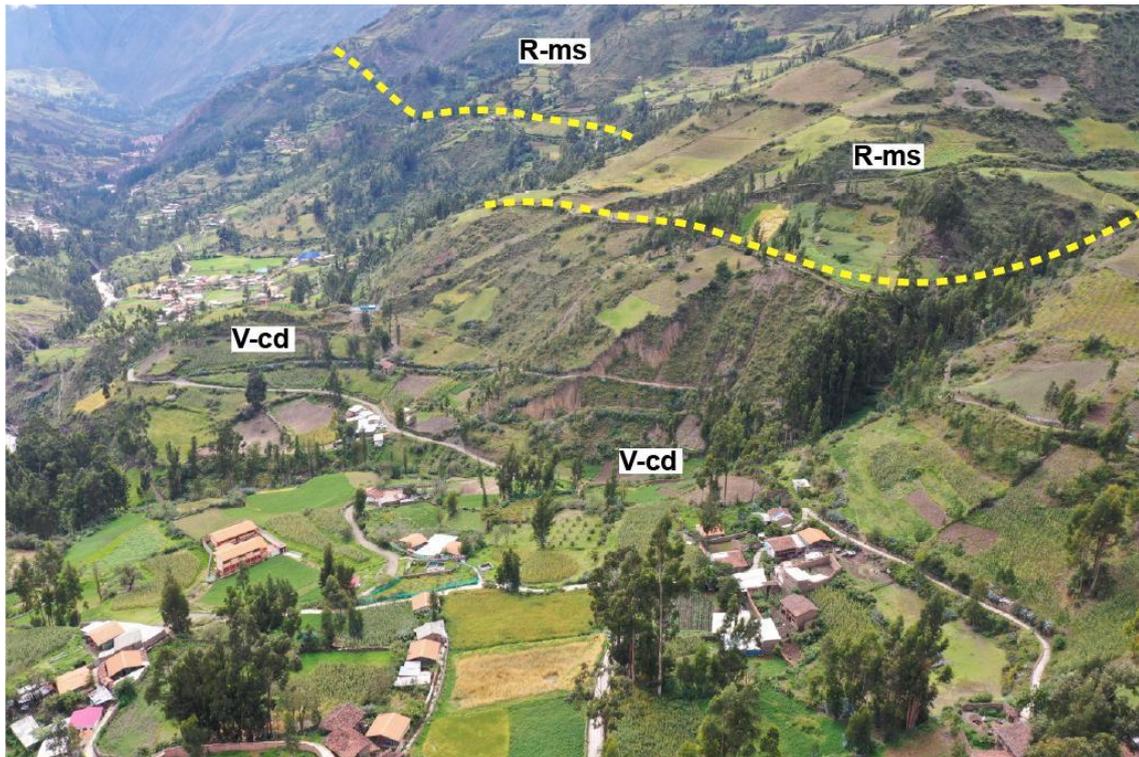
**3.2.1 Unidad de montaña:** Tienen una altura de más de 300 m con respecto al nivel de base local; diferenciándose las siguientes subunidades según el tipo de roca que las conforman y los procesos que han originado su forma actual.

#### ***Subunidad de montañas en rocas sedimentarias (R-ms)***

Estas subunidades han sido levantadas por la actividad tectónica y su morfología actual se relaciona con procesos exógenos degradacionales determinados por la lluvia-escorrentía y el agua de subsuelo, con fuerte incidencia de la gravedad.

En estas montañas, el plegamiento de las rocas superficiales no conserva rasgos reconocibles de las estructuras originales, sin embargo, estas pueden presentar localmente laderas controladas por la estratificación de rocas sedimentarias, sin que lleguen a constituir cadenas montañosas. El área evaluada corresponde a montañas en afloramientos de rocas sedimentarias de las formaciones Chimú y Oyón.

Sus relieves se encuentran asociados a procesos dominantes de erosión de laderas, derrumbes y deslizamientos. Se distribuyen en forma adyacente a las zonas de fuerte pendiente y se ubican al oeste y ese de la plaza principal del caserío de Millhuish (figura 10).



**Figura 11.** Vista con dirección al NW, donde se observa montañas en rocas sedimentarias.

**3.2.2. Unidad de Piedemonte:** Esta unidad son resultado de procesos geomorfológicos constructivos determinados por fuerzas de desplazamiento como por agentes móviles, tales como: el agua de escorrentía, los glaciares, las corrientes marinas, las mareas y los vientos, los cuales tienden a nivelar hacia arriba la superficie de la tierra, mediante el depósito de materiales sólidos resultantes de la denudación de terrenos más elevados.

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

Son aquellas geoformas que se encuentran acumulados al pie de laderas, como material de escombros, constituido por fragmentos rocosos angulosos heterométricos y de naturaleza litológica homogénea. Los depósitos de esta unidad carecen de relleno, son sueltos sin cohesión, conformando taludes de reposo poco estables.

***Subunidad de vertiente coluvio-deluvial (V-cd)***

Corresponde a los paisajes originados por procesos gravitacionales, varían de pequeños a grandes dimensiones, probablemente detonados por lluvias excepcionales. Agrupa depósitos de origen gravitacional y fluvio-gravitacional, acumulado en las vertientes o márgenes del valle; en muchos casos, son resultado de una mezcla de ambos, constituyendo escombros de laderas que cubren parcialmente los afloramientos de la Formación Chimú en el caserío de Millhuish.

En la figura 10, se muestra estas acumulaciones de ladera originadas por procesos de movimientos en masa antiguos y recientes. Se componen de depósitos consolidados a ligeramente consolidado; muestran una composición litológica

homogénea, tratándose de depósitos con corto a mediano recorrido, relacionados a laderas superiores adyacentes.

### ***Subunidad de vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd)***

Es una forma del relieve depositacional originado en la base o pie de un frente montañoso, asociada a la descarga de sedimentos de un curso de agua (río o quebrada), drena desde un área topográficamente elevada a un área baja y plana adyacente (figura 12).

### **3.2.3. Subunidad de terraza fluvial (T-f)**

Es una forma del relieve depositacional originado en la base o pie de un frente montañoso, asociada a la descarga de sedimentos de un curso de agua (río o quebrada), drena desde un área topográficamente elevada a un área baja y plana adyacente.



**Figura 12.** Vista con dirección al SW, donde se observan depósitos coluviales, depósitos de deslizamiento y terraza fluvial.

## 4. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos reconocidos en el caserío de Millhuish, corresponden a movimientos en masa, tipo: Deslizamientos rotacionales – Activos (figura 13) y Derrumbes - Activos (PMA: GCA, 2007).

Este movimiento en masa, tienen como causas o condicionantes, factores intrínsecos, como son la geometría del terreno, pendiente del terreno, tipo de roca, tipo de suelos, drenaje superficial (con la base de la ladera de Millhuish, esta socavación es efecto de la crecida del río Mosna en épocas de avenidas) y drenaje subterráneo. Se tiene como “**desencadenante**” la permanente infiltración de agua al terreno por la actividad agrícola existente en las laderas, lo que permite la acumulación de agua hasta los niveles de contacto entre el suelo arcilloso y lutitas muy fracturadas lo cual acelera el colapso, presentándose inicialmente como una reptación y que desencadena en el deslizamiento a posteriori. Los peligros geológicos identificados en la zona inspeccionada y sus alrededores se presentan en el anexo 1 – mapa 4.

La caracterización de los eventos geodinámicos, se realizó en base a la información obtenida en los trabajos de campo, en donde se identificaron los tipos de movimientos en masa a través del cartografiado geológico y geodinámico. Se basa en la observación y descripción morfométrica in situ, la toma de datos GPS, fotografías a nivel de terreno y del levantamiento fotográfico con dron.

A continuación, se desarrollan las características de los siguientes peligros geológicos:

### 4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa

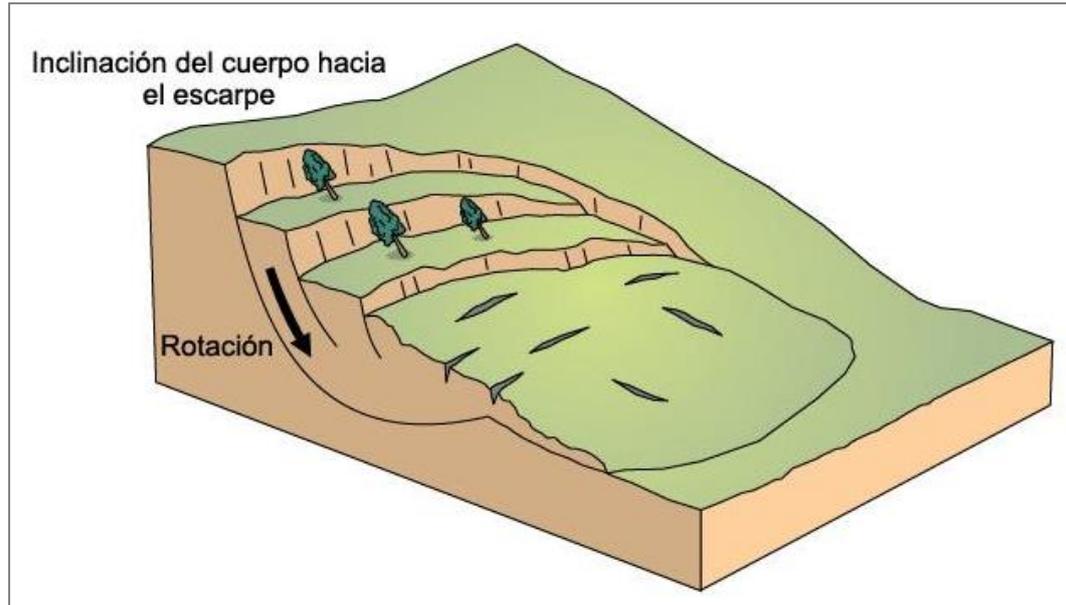
#### 4.1.1. Deslizamiento rotacional retrogresivo – Activo

Los pobladores del caserío de Millhuish narran que el año 2017 el río Mosna tuvo una crecida importante en épocas de lluvias, entre los meses de febrero y marzo; causando incremento de caudal y con ello la capacidad de transporte de materiales con alto potencial destructivo. Durante estos meses las bases de la ladera del caserío Millhuish se vieron seriamente afectadas y ante una persistente erosión de las laderas, el río socavó y con ello consiguió desestabilizar la ladera en su totalidad. Ladera arriba se ubican campos de cultivos, un centro educativo y viviendas (figura 14).

El evento generó las siguientes afectaciones en infraestructuras, las que se detallan a continuación (Ver Tabla 6):

**Tabla 6.** Afectaciones generadas por los deslizamientos rotacionales.

INFRAESTRUCTURA	COORDENADAS UTM-WG84			AFECTACIÓN (m)
	NORTE	ESTE	COTA	
NORTE: 2 viviendas y campos de cultivo	8942394	261695	3143 m.s.n.m.	10000 m <sup>2</sup>
SUR: 1 institución educativa y campos de cultivo	8941641	261296	3165 m.s.n.m.	20000 m <sup>2</sup>



**Figura 13.** Esquema de un deslizamiento rotacional mostrando los rasgos morfológicos característicos. Fuente: Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas (2007).



**Figura 14.** Vista aérea del deslizamiento rotacional, la línea roja punteada refleja la corona del deslizamiento, arriba se observa el caserío de Millhuish. De líneas blancas una aproximación del escarpe que tienen alturas desde 5 m. hasta los 15 m. y una longitud aproximada de 1 km.

### **Características visuales del evento**

El deslizamiento ocurrido en el caserío Millhuish, presenta la siguientes características y dimensiones:

- Estado de la actividad del movimiento: Activo (retrogresivo)
- Movimiento en masa de tipo: Deslizamiento rotacional.
- Forma de la escarpa principal: Semicircular.
- Superficie de rotura: Semicircular y alargada.
- Longitud de la mayor grieta (horizontal): 0.40 m.
- Saltos de grietas (vertical): 15 m.
- Saltos paralelos a la escarpa inicial (ortogonal a horizontal): 2 m.

### **Factores condicionantes**

- Configuración geomorfológica del área (vertiente coluvio-deluvial): En esta unidad se observa mayor frecuencia de erosión de laderas y presencia de movimientos en masa y depósitos de deslizamientos.
- Geometría del terreno: Pendiente del terreno pronunciada, de fuerte (15° a 25°) a muy escarpada (25° a 45°). Las elevadas pendientes junto a zonas urbanas generan una alta susceptibilidad a ocurrencia de deslizamientos.
- Litología: Conformada por suelo areno limoso de una potencia de 10 a 50 m en contacto con lutitas carbonosas, y niveles de roca muy fracturados correspondientes a la Fm. Oyón.

### **Factores detonantes**

- Infiltración de agua al terreno: Las lluvias intensas y/o excepcionales entre los meses de diciembre a marzo, saturan los terrenos y los desestabilizan.

### **Factores antrópicos**

- Percolación: La perenne saturación de los suelos a consecuencia del riego por gravedad generan en los suelos arcillosos una mayor presión de poros, lo que lleva a la disminución de la presión efectiva del terreno y por consiguiente el colapso, ello se denomina suelo colapsable.

### **Daños por peligros geológicos**

- Los eventos afectaron un área aproximada de 30000 m<sup>2</sup>, donde se ubican más de 4 viviendas, 1 centro educativo y terrenos de cultivo.

#### **4.1.2. Derrumbe en las laderas de la margen derecha del río Mosna.**

En la margen derecha del río Mosna se evidencian derrumbes, compuestos de suelos y algunos bloques de 2 m, que por gravedad caen por la ladera hacia el cauce del río Mosna y son transportados por este mismo. La génesis de esta inestabilidad en la ladera se debe

a un evento de erosión fluvial sucedido hace 4 años que dejó inestable la ladera, al socavar la base de la ladera los materiales inestables son propensos a moverse por gravedad y más aún en temporadas de lluvias (figura 15).

### Factores condicionantes

- Geometría del terreno: Pendiente del terreno pronunciada, de muy escarpada (25° a 45) a muy escarpada (25° a 45°). Las elevadas pendientes junto a zonas urbanas generan una alta susceptibilidad a ocurrencia de deslizamientos.
- Configuración geomorfológica del área (vertiente coluvial): En esta unidad se observa mayor frecuencia de erosión de laderas y presencia de movimientos en masa.
- Litología: Conformada por suelo arcilloso de una potencia de 3 a 10 m en contacto con lutitas carbonosas muy fracturadas correspondientes a la Fm. Oyón.

### Factores detonantes

- Infiltración de agua al terreno: Las lluvias intensas y/o excepcionales entre los meses de diciembre a marzo, saturan los terrenos y los desestabilizan.



**Figura 15.** Vista de los derrumbes, el colapso del material llega al río Mosna. En la imagen inferior de rojo se observa alteración de material alrededor de las ventanas de carbón, ello por acción del agua que aflora en este punto.

### **4.1.3. Avalanchas de rocas antiguas**

A lo largo de todo el caserío Millhuish se evidencian bloques de roca esparcidos, estos son de tamaños muy heterogéneos, que van desde los 5 cm hasta los 2 m de altura, estas rocas corresponden a la cresta de la montaña, donde aflora la Fm. Chimú y en un reconocimiento petrográfico dan indicios de correspondencia a esta formación.

Estas rocas son cuarcitas y areniscas los bloques se presentan con vértices subangulosos a angulosos en mayor proporción, por lo cual se infiere que el transporte se dio por fuerzas gravitacionales principalmente y no estuvo asociado a transportes intensos de flujos con alta energía.

Interpretamos que este evento se dio hace cientos o miles de años, y corresponde a la intensa actividad tectónica o geodinámica del denominado “Callejón de Conchucos”. Estos eventos son repetidos a lo largo del valle y es muy probable que hayan sucedido en múltiples ocasiones, por los variados depósitos encontrados a lo largo de la ladera.

Al clasificarse como inactivo latente, no representa mayor alerta frente a los derrumbes y deslizamientos activos ladera abajo. La zona de arranque se ubica en la cresta de la montaña, ello no corresponde a la jurisdicción del caserío Millhuish, sin embargo, al ser parte de la Municipalidad de San Marcos, es recomendable evaluar ladera arriba con el fin de conocer el macizo rocoso y sus características geomecánicas.

## **4.2. Otros peligros**

### **4.2.1. Erosión en cárcavas**

El caserío Millhuish, se encuentra disectada por dos quebradas, hacia el sur se ubica la quebrada denominada por los pobladores como “Uchuran Rajra” y hacia el norte la quebrada denominada “Uipi Rajra”.

Estas quebradas son drenajes que alimentan al río Mosna y transportan el agua concentrada por lluvias, recargas de niveles freáticos e infiltración de agua usada para el riego de los campos de cultivo. Por lo dicho, la constante actividad hídrica en Millhuish genera en las laderas adjuntas a estas quebradas erosión constante, el material que conforman estas quebradas son suelos, específicamente depósitos coluvio-deluviales que se desplazan a medida se saturan hasta perder su tensión efectiva, por lo dicho se presencia un aumento de la erosión en épocas de lluvias que se dan entre los meses de diciembre a marzo.

## 5. CONCLUSIONES

En base al análisis de información geológica y de evaluación de peligros, los trabajos de campo realizados y la información procesada en gabinete, se emiten las siguientes conclusiones:

1. Las rocas en la zona evaluada y alrededores, son de origen sedimentario, conformado por lutitas carbonosas de la Formación Oyón, las cuales están muy fracturadas y generan un relleno de suelo arcilloso. Según la escala de meteorización, el substrato según la clasificación de la ISRM, se presentan como roca METEORIZADAS (V), geotécnicamente clasificadas como ROCA MUY BLANDA (R1) a ROCA EXTREMADAMENTE BLANDA (R0), por lo que tendrían índices de resistencia a compresión simple entre 0.25 a 5.0 MPa, el cual es de mala calidad.
2. El caserío Millhuish se asienta sobre un depósito coluvio - deluvial de pendiente suave, que modelan vertientes con depósitos de deslizamiento coluvio-deluvial; circundadas con montañas de rocas sedimentarias, de laderas con pendientes moderadas (5°-15) a fuerte (15°-25).
3. El área afectada por escarpes y deslizamientos activos es de aproximadamente 30000 m<sup>2</sup>, configurando una zona de alta a muy alta susceptibilidad a movimientos en masa, lo cual advierte de la alta propensión ante la ocurrencia de movimientos en masa.
4. En el caserío de Millhuish, se identificaron peligros geológicos por movimientos en masa, tipo deslizamiento rotacional y derrumbes activos. Los deslizamientos presentan un avance retrogresivo, evidenciado por la formación de grietas y saltos en los campos de cultivo. Según los pobladores, estas grietas se presentan desde febrero del 2017, incrementando en tamaño y profundidad, y generando nuevas grietas desde febrero del 2019, visibles hasta la actualidad, fecha de la evaluación de campo. Estos peligros geológicos ponen en peligro a la infraestructura colindante como casas, colegio público, vías de acceso y cementerio del caserío Millhuish.
5. En la margen derecha del río Mosna, se presenta socavación y erosión en la base de la ladera por acción fluvial. Estos procesos bajan su capacidad portante y en consecuencia ocurren deslizamientos y derrumbes.
6. Por las condiciones geodinámicas (presencia de escarpas, agrietamientos y erosión fluvial); geológicas (meteorizado, fracturado y suelo arcilloso con porosidad y permeabilidad), aunado a la configuración geomorfológica (laderas con pendiente fuerte a muy escarpado); se considera al caserío Millhuish como **Zona crítica** y **Peligro Alto**, donde se pueden producir reactivaciones de movimientos en masa y la progresión de las ya ocurridas.

## 6. RECOMENDACIONES

### Para la zona del deslizamiento rotacionales activos

1. Reasentar las viviendas ubicadas entre la corona del deslizamiento activo hasta una distancia mínima de 70 m.
2. Implementar el riego por goteo en las zonas agrícolas ubicadas en ZONAS DE ALTA A MUY ALTA SUSCEPTIBILIDAD A MOVIMIENTOS EN MASA. De ser posible cambiar el tipo de cultivo.
3. Prohibir la construcción de nuevas viviendas en las zonas de alta a muy alta susceptibilidad, así como restringir la construcción de edificaciones mayores de 2 pisos.
4. Realizar un nuevo trazo de la vía que conduce a los pueblos aledaños, si continúa la expansión de las grietas (actividad retrogresiva), en sentido este (E); para el cual es importante realizar estudios geotécnicos previos.
5. Generar un modelo hidrogeológico con lo cual será posible identificar, reducir y controlar el nivel freático y agua que percola al terreno. Con el conocimiento generado en estos estudios, será posible disminuir la presión de poros y aumentar la tensión efectiva del terreno. Para ello existen múltiples métodos, como drenajes “Californianos”, drenaje tipo “Espina de pescado” o pozos que drenaran el agua en los diferentes acuíferos.
6. Implementar medidas de prevención y mitigación, para lo cual se proponen algunos modelos en el Anexo 2. Para determinar y ejecutar a diseño estas estructuras, resulta necesario desarrollar mayor investigación, instrumentación, muestreo de suelos y rocas; además, de ensayos de laboratorio e in situ, para determinar las propiedades geotécnicas y geomecánicas de los materiales.



Segundo A. Núñez Juárez  
Jefe de Proyecto-Act. 11

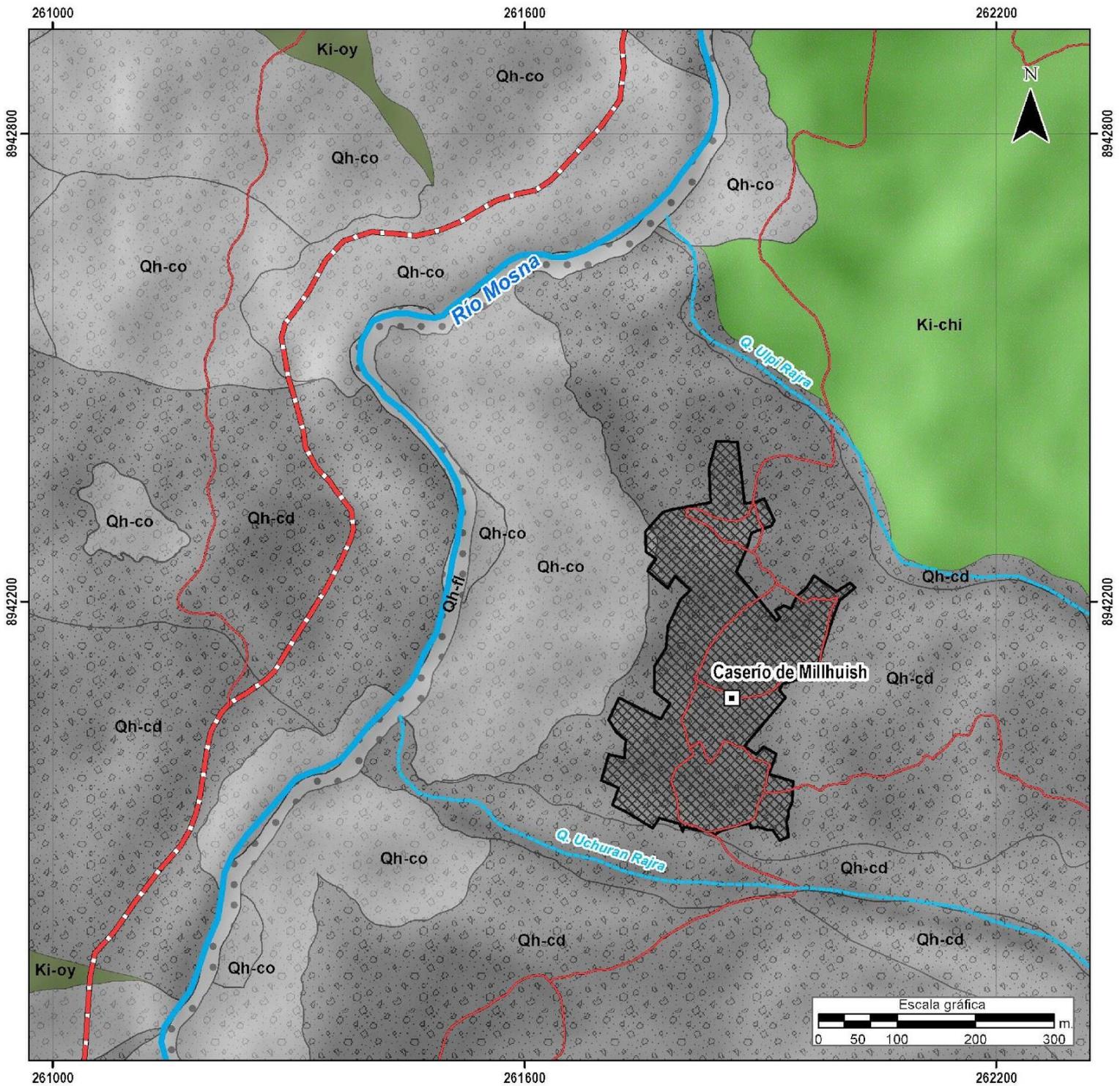


ING. JERSY MARIÑO SALAZAR  
Director (e)  
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico  
INGEMMET

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Abad, L. O. ESTABILIDAD DE TALUDES EN SUELOS.
- Bañón, L., & Beviá García, J. F. (2000). Manual de carreteras. Volumen I: elementos y proyecto. Caminos I.
- Dirección de Geología Ambiental (2003) - Estudio de riesgos geológicos del Perú-Franja N° 3. INGEMMET, Boletín Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 28, 373.
- Iqbal, M. J., & Mohanty, B. (2007). Experimental calibration of ISRM suggested fracture toughness measurement techniques in selected brittle rocks. Rock Mechanics and Rock Engineering, 40(5), 453-475.
- Loaiza Gómez, S. X., & Rincón Leal, S. A. (2018). Comparación de los parámetros de consolidación obtenidos en los equipos de la Universidad Pontificia Bolivariana de Bucaramanga y verificación de asentamientos en modelo a escala.
- 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: Junio 2021). Disponible en:
  - [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1541/index.htm](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1541/index.htm).
- 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.
- Romero, D. (2008). The Cordillera Blanca fault system as structural control of the Jurassic-Cretaceous basin in central-northern Peru. En: International Symposium on Andean Geodynamics, 7. Nice, 2008. Extended abstracts. Paris: IRD Éditions, p. 465-468.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (2020) – SENAMHI. (consulta: enero 2022). <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>.
- Valiente Sanz, R., Sobrecases Martí, S., & Díaz Orrego, A. (2016). Estabilidad taludes, conceptos básicos, parámetros de diseño y métodos de cálculo. Revista civilizate, (7), 50-54.

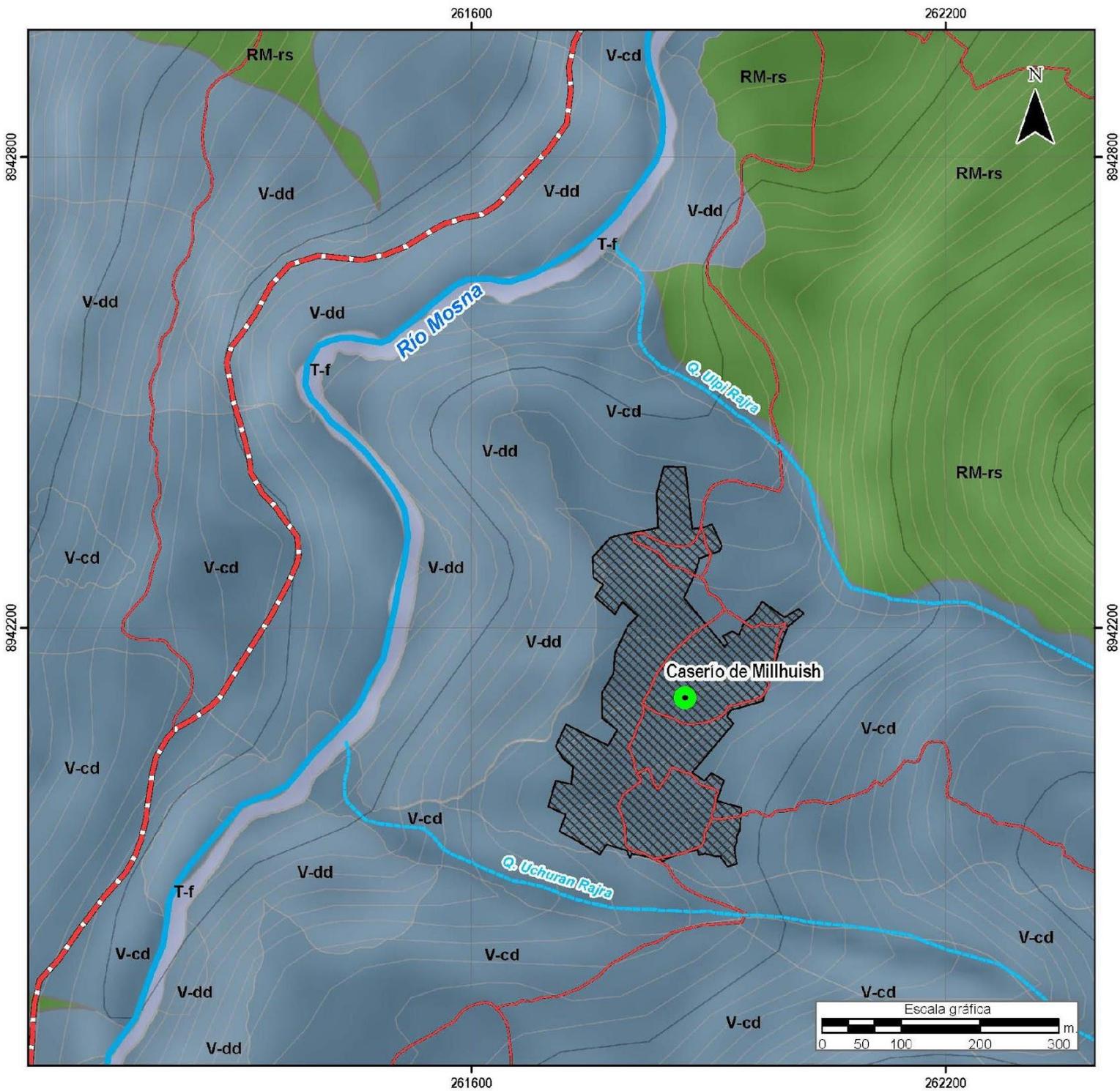
## **ANEXO 1: MAPAS**



UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	
<b>Ki-chi</b>	Grupo Goyllarisquizga- Formación Chimú
<b>Ki-oy</b>	Formación Oyón
<b>Qh-cd</b>	Depósito coluvio-deluvial
<b>Qh-co</b>	Depósito coluvial
<b>Qh-fl</b>	Depósito fluvial

SIMBOLOGÍA	
	Caserío de Millhuish
	Carretera
	Vía vecinal
	Ríos
	Curvas de nivel
	Grietas en el terreno
	Área del centro poblado

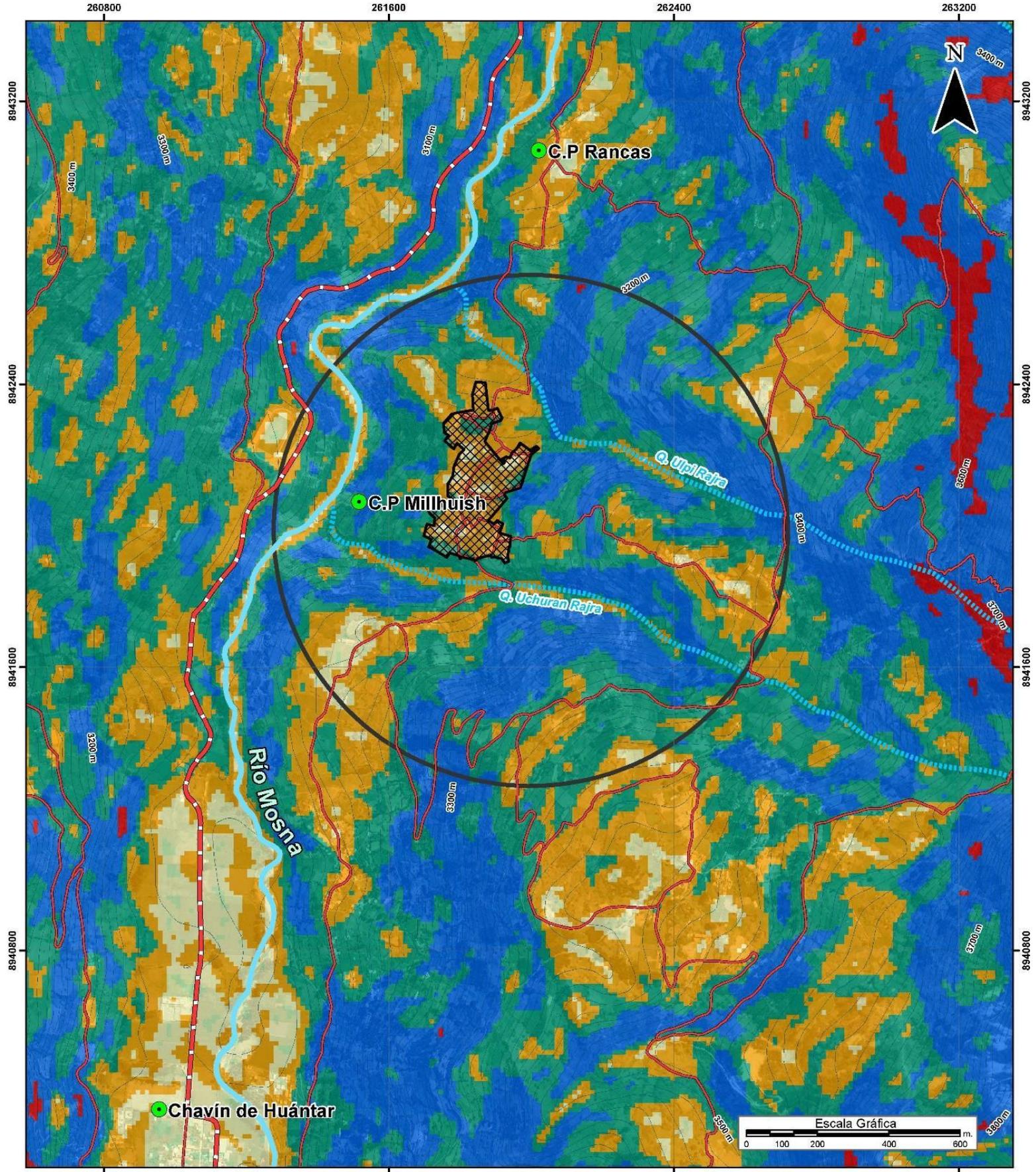
<p>SECTOR ENERGÍA Y MINAS  <b>INGEMMET</b>          INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO</p>	
DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO	
DEPARTAMENTO ANCASH PROVINCIA HUARI DISTRITO SAN MARCOS CASERIO DE MILLHUISH	
<b>MAPA GEOLÓGICO</b>	
Escala numérica : 1 / 5000	
Proyección: UTM Zona 18 Sur    Datum: WGS 84	
Versión digital 2023    Impreso: Julio 2023	
MAPA <b>01</b>	



UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	
<b>RM-rs</b>	Montaña en roca sedimentaria
<b>V-cd</b>	Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial
<b>V-dd</b>	Vertiente con depósito de deslizamiento
<b>T-f</b>	Terraza fluvial

SIMBOLOGÍA	
	Caserío de Millhuish
	Carretera
	Vía vecinal
	Ríos
	Curvas de nivel
	Área del centro poblado

<p>SECTOR ENERGÍA Y MINAS <b>INGEMMET</b> INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO</p>	
<p>DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO</p>	
<p>DEPARTAMENTO ANCASH PROVINCIA HUARI DISTRITO SAN MARCOS CASERIO DE MILLHUIH</p>	
<p><b>MAPA GEOMORFOLÓGICO</b></p>	
<p>Escala numérica : 1 / 5000</p>	
<p>Proyección: UTM Zona 18 Sur Datum: WGS 84</p>	
<p>Versión digital 2023 Impreso: Julio 2023</p>	
<p>MAPA <b>02</b></p>	



**SIMBOLOGÍA**

	Área del caserío
	Centros poblados
	Área de estudio
	Carretera
	Vía vecinal
	Ríos
	Quebradas
	Curvas de nivel

**RANGO DE PENDIENTES**

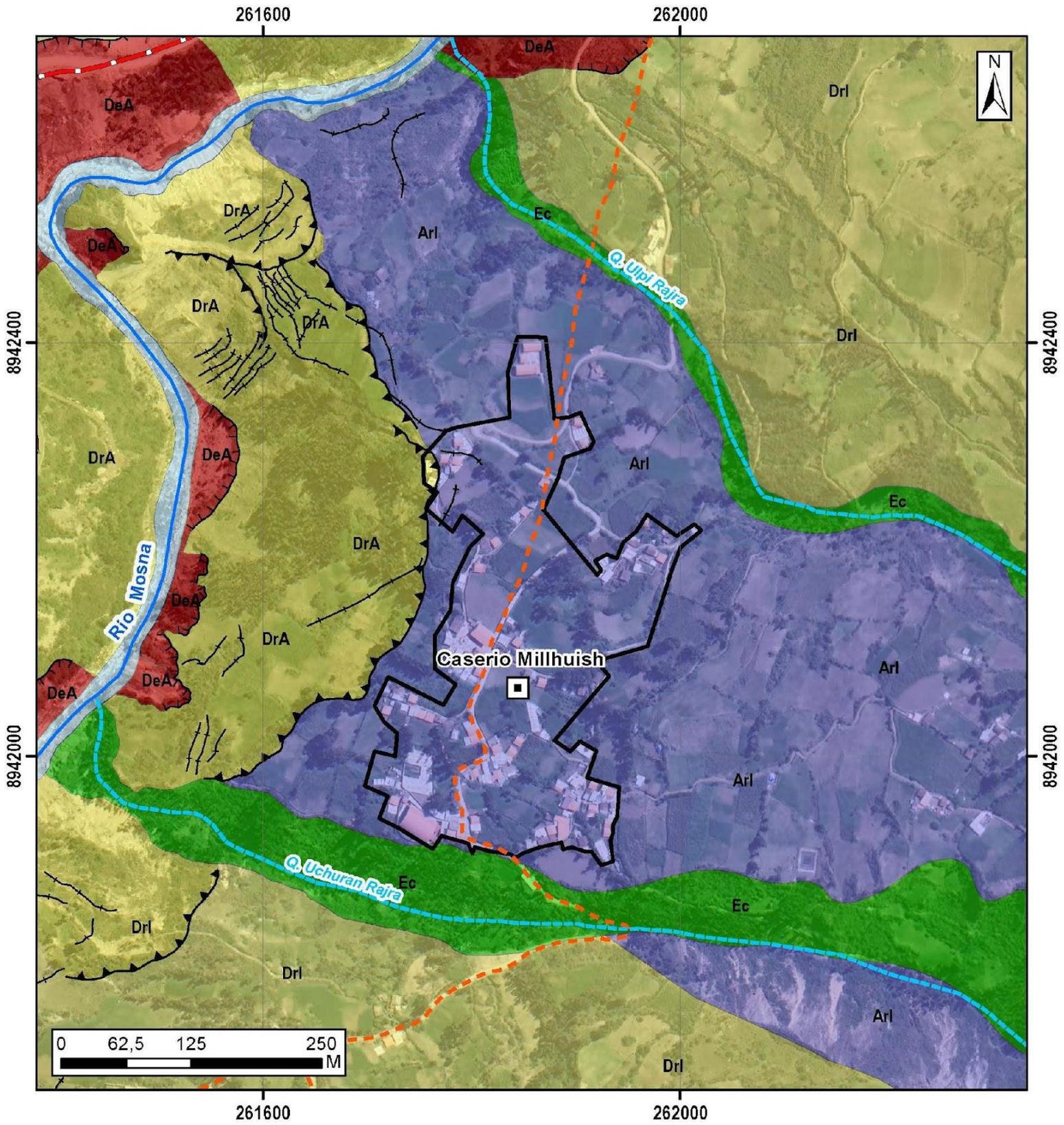
	0° - 1°	TERRENO LLANO
	1° - 5°	TERRENO INCLINADO CON PENDIENTE SUAVE
	5° - 15°	PENDIENTE MODERADA
	15° - 25°	PENDIENTE FUERTE
	25° - 45°	PENDIENTE MUY FUERTE A ESCARPADA
	> 45°	TERRENO MUY ESCARPADO

SECTOR ENERGÍA Y MINAS  
**INGEMMET**  
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO  
 DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

DEPARTAMENTO ANCASH  
 PROVINCIA DE HUARI  
 DISTRITO CHAVIN DE HUANTAR  
 CENTRO POBLADO MILLHUISH

**PENDIENTES DEL TERRENO**

Escala Numérica:	1/10,000	<b>MAPA 03</b>
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2023	Impreso: Julio 2023	



LEYENDA	
<span style="background-color: red; color: white; padding: 2px;">DeA</span>	Derrumbe, Activo
<span style="background-color: yellow; padding: 2px;">Dtl</span>	Deslizamiento traslacional, Inactivo latente
<span style="background-color: lightgreen; padding: 2px;">DrA</span>	Deslizamiento rotacional, Activo
<span style="background-color: lightyellow; padding: 2px;">Drl</span>	Deslizamiento rotacional, Inactivo-latente
<span style="background-color: purple; padding: 2px;">Arl</span>	Avalancha de rocas, Inactivo-latente
<span style="background-color: green; padding: 2px;">Ec</span>	Erosión en cárcava, Activo

TRAMA	
	Grietas en el terreno
	Escarpa de derrumbe reciente
	Escarpa de deslizamiento antiguo
	Escarpa de deslizamiento activo

SIMBOLOGÍA	
	Área urbana del centro poblado
	Quebradas
	Río principal
	Vía vecinal
	Caserío de Millhuish

 SECTOR ENERGÍA Y MINAS <b>INGEMMET</b> INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO	
<b>ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL</b>	
<b>PELIGROS GEOLÓGICOS</b>	<b>MAPA</b>  <span style="font-size: 2em; font-weight: bold;">04</span>
Escala 1:5 000 Datum UTM WGS 84 Zona 18s Versión digital: año 2023 Impreso: Julio 2023	

## **ANEXO 2: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN**

A partir de la evaluación geológica-geodinámica realizada, se dan algunas propuestas de intervención de forma general para la zona evaluada. Se debe considerar como medidas de prevención y mitigación ante futuros eventos que puedan causar desastres en las laderas del cerro, el no permitir la expansión urbana hacia las laderas y reubicar las zonas agrícolas, alejándolas de las pendientes de la montaña.

### **Modificar la geometría del talud**

#### **Estabilidad de taludes**

Para conseguir la estabilidad de una ladera se tendrá que aumentar las fuerzas que la estabilizan, frente a las que generan el colapso como se muestra en el siguiente esquema:

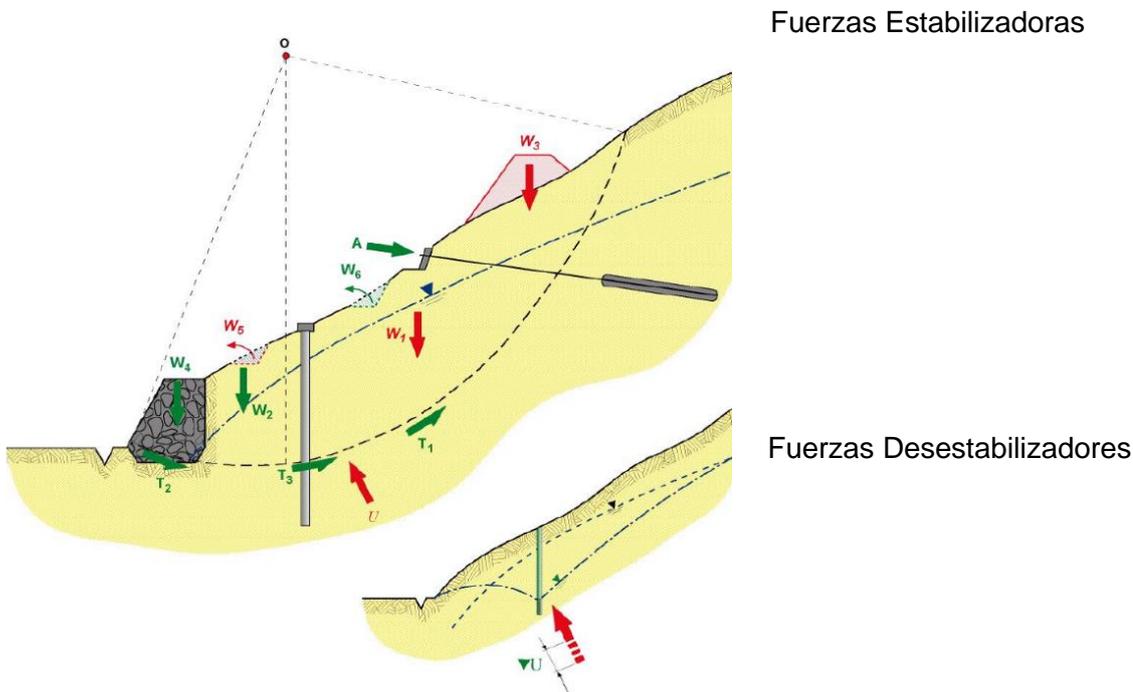


Figura 1: Esquema de estabilidad de taludes. Fuente: Estabilidad de taludes en suelos. Ortuño A., L., 2010.

#### **Muro de escolleras**

Las obras hechas con grandes bloques de piedra son habituales en la construcción civil. Una primera clasificación atiende a su modo de ejecución. Así tenemos las vertidas (diques rompeolas), las compactadas (pedraplenes, presas, etc.) o las colocadas (muros). A este último caso nos referimos en esta entrada. Los muros de escollera son los formados por grandes bloques pétreos, obtenidos generalmente mediante voladura y de forma más o menos prismática y superficies rugosas.

El Ministerio de Fomento de España ha editado una guía para el proyecto y la ejecución de este tipo de muros. En dicho documento, se entienden por muros de escollera colocada, los constituidos por bloques de roca irregulares, de forma poliédrica, sin labrar y de gran tamaño (masa comprendida entre 300 y 3000 kg), que se colocan uno a uno mediante maquinaria específica, con funciones de contención o sostenimiento, según YEPES, V. (2020). Procedimientos de construcción de cimentaciones y estructuras de

contención. Colección Manual de Referencia, 2ª edición. Editorial Universitat Politècnica de València, 480 pp.

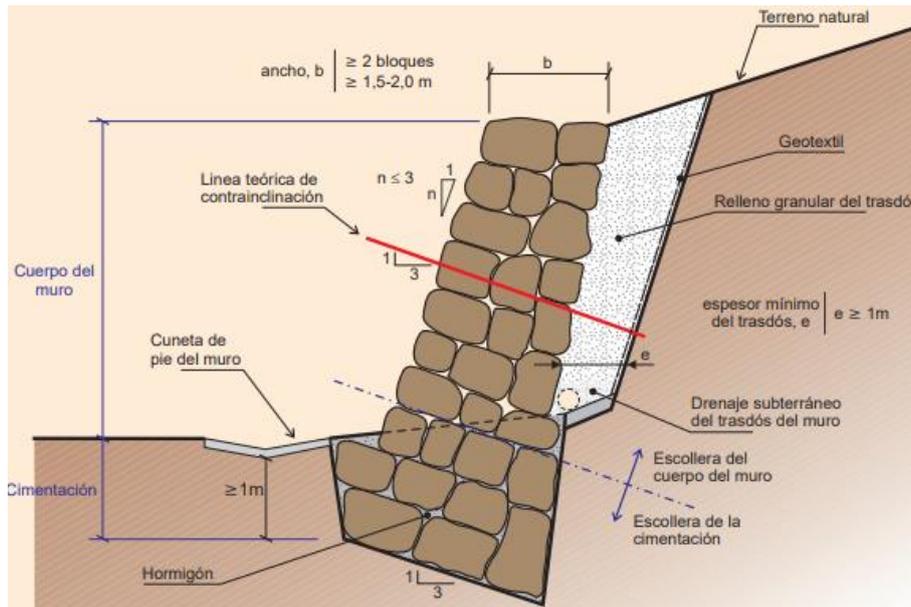


Figura 2: Definición geométrica de la sección tipo de un muro de escollera colocada con función de contención. Fuente: Guía para el proyecto y la ejecución de muros de escollera en obras de carretera, Ministerio de Fomento de España, (2006).

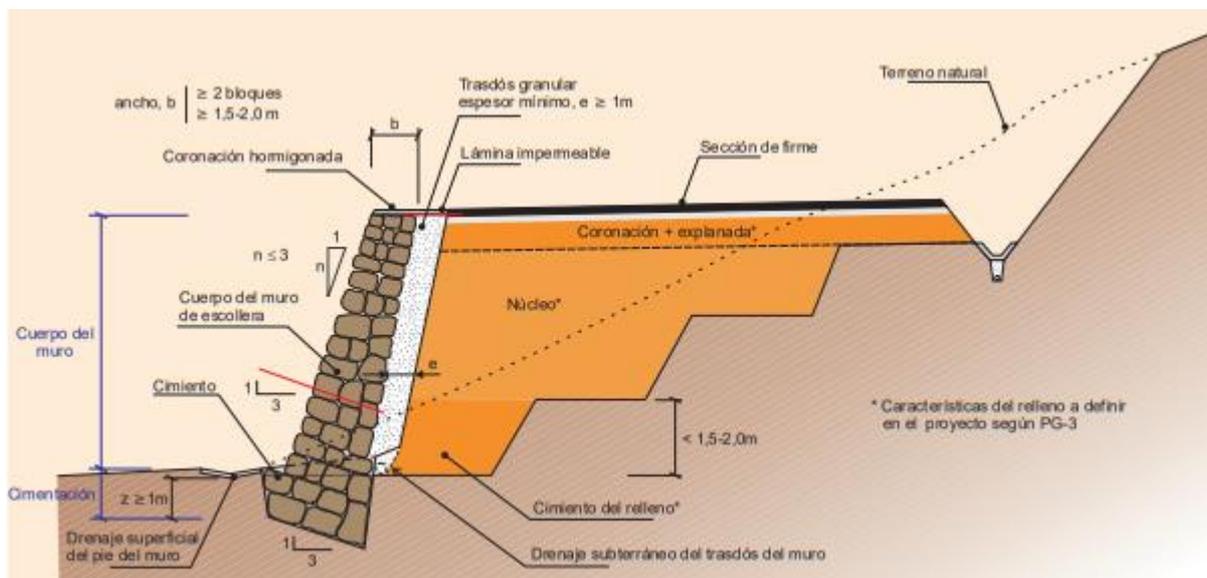


Figura 3: Diagrama de la ubicación de un muro de escollera con geometría corregida. Fuente: Guía para el proyecto y la ejecución de muros de escollera en obras de carretera, Ministerio de Fomento de España, (2006).

### Drenes Californianos:

El agua en el terreno afecta de gran manera la estabilidad global de las infraestructuras por lo que es importante drenar el agua a través de drenes a mitad de los taludes y encausar estos niveles de agua (ver figura 11).



Figura 4: Diagrama de la ubicación de un muro de escollera con geometría corregida  
Fuente: Catálogo de productos, Cimentaciones y Voladuras de Galicia, S.L. (2018).

## **ANEXO 3: PANEL FOTOGRÁFICO**



Fotografía 1: Vista aérea de la margen derecha del río Mosna, se observan agrietamientos en los depósitos de suelo, los suelos en contacto con la Formación Oyón.



Fotografía 2: Vista aérea de la margen derecha del río Mosna, se observa el Caserío de Millhuish detrás del escarpe del deslizamiento.



Fotografía 3: Vista aérea del Caserío de Millhuish.



Fotografía 3: Pobladores y especialista del INGGEMMET observando grietas en los campos de cultivo del Caserío Millhuish.



Fotografía 4: Vivienda colapsada con múltiples grietas en las paredes.



Fotografía 5: Vivienda colapsada con múltiples grietas en las paredes.



Fotografía 6: Grietas en el terreno, evidencia de desplazamiento y afectación a las viviendas del Caserío Millhuish.



Fotografía 7: Múltiples grietas en el suelo y paredes de las viviendas, además, se observan saltos en las veredas que inicialmente eran de un solo nivel.