

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

**Informe Técnico N° A7209**

# EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DESLIZAMIENTO EN EL SECTOR SAN JUAN

Departamento Cajamarca  
Provincia San Ignacio  
Distrito San Ignacio



DICIEMBRE  
2021

**EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DESLIZAMIENTO EN EL  
SECTOR SAN JUAN**

***Departamento Cajamarca***

***Provincia San Ignacio***

***Distrito San Ignacio***

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

*Equipo de investigación:*

*Luis Miguel León Ordáz.*

*Anthony Wilson Zavaleta Paredes.*

**Referencia bibliográfica**

*Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2021). Evaluación de peligros geológicos por deslizamiento en el sector San Juan. Distrito San Ignacio, provincia San Ignacio, departamento Cajamarca, Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7209, 37p*

## INDICE

<b>RESUMEN</b> .....	4
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	5
1.1. <b>Objetivos del estudio</b> .....	5
1.2. <b>Antecedentes y trabajos anteriores</b> .....	6
1.3. <b>Aspectos generales</b> .....	9
1.3.1. <b>Ubicación</b> .....	9
1.3.2 <b>Accesibilidad</b> .....	9
<b>2. ASPECTO GEOLÓGICO</b> .....	11
<b>Unidades litoestratigráficas</b> .....	11
2.1.1. <b>Formación Oyotún (J-o)</b> .....	11
<b>3. ASPECTO GEOMORFOLÓGICO</b> .....	12
<b>4. PELIGROS GEOLÓGICOS</b> .....	16
4.1. <b>Reptación en planta de tratamiento de Agua Potable en el distrito de San Ignacio</b> .....	20
4.2. <b>Daños por peligros geológicos</b> .....	25
<b>CONCLUSIONES</b> .....	29
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	30
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	31
<b>ANEXO 1: MAPAS</b> .....	32
<b>ANEXO 2: GLOSARIO</b> .....	35
<b>ANEXO 3: MEDIDAS CORRECTIVAS</b> .....	36

## RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, realizado en el sector San Juan (planta de tratamiento y reservorio de agua potable de San Ignacio) y carretera San Ignacio – Namballe, del distrito y provincia San Ignacio, departamento Cajamarca. 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 actualizada, confiable, oportuna y accesible en geología en los tres niveles de gobierno (local, regional, y nacional).

Las unidades geológicas corresponden a limoarcillas de color beige rojizo, altamente meteorizadas de la Formación Oyotún y depósito coluvio – deluvial (Q-co/de), conformado por gravas angulosas distribuidas en una matriz limo arcillosa no consolidada, lo que facilitan la infiltración de agua de escorrentía e incrementan la saturación del terreno.

La geoforma identificada es de origen tectónico – degradacional, representada por la subunidad de colina modelada en roca volcánico sedimentaria (C-rvs), conformada por afloramiento de limoarcillas coberturadas por un depósito coluvio-deluvial; que abarca la mayor área del sector evaluado con una pendiente que varía de 5° a 25°.

Los peligros geológicos identificados corresponden a movimientos en masa, tipo deslizamiento (en proceso de formación). El desplazamiento del terreno es notorio en la temporada de lluvia. Este proceso, afectó la de tratamiento de agua potable cuya infraestructura se presenta grietas en las paredes del cerco y en el terreno; así como en el tanque de almacenamiento de agua. El nivel de **peligro alto** en temporada de lluvias intensas y prolongadas.

Finalmente, se brinda recomendaciones que se consideran importantes, que las autoridades competentes y tomadores de decisiones pongan en práctica en el área evaluada, con la finalidad de minimizar los daños y pérdidas que pueden ocasionar el deslizamiento, como, reubicar el edificio afectado, a una zona sin procesos de movimientos en masa, e implementar un sistema de drenaje para evacuar el agua de escorrentía de origen pluvial y la construcción de banquetas en el talud de corte ubicado sobre el reservorio.

## **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 remitido por la EPS Marañón, según Oficio N° 219-2021-EPS MARAÑON S.A., es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en el sector San Juan, en el distrito San Ignacio.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los Ingenieros Luis M. León Ordáz y Anthony Zavaleta Paredes el 07 de diciembre, para realizar la evaluación de peligros geológicos que afectan las viviendas y los terrenos ubicados en el sector San Juan, distrito de San Ignacio.

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), el cartografiado geológico y geodinámico, con lo que finalmente se realizó la redacción del informe técnico.

Este informe se pone en consideración de la Empresa Prestadora de Servicios Marañón, donde se proporcionan resultados de la inspección y recomendaciones para la 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) Identificar, tipificar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa en el sector San Juan (la zona de influencia del evento en la planta de tratamiento y el reservorio de agua potable de San Ignacio).
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia del peligro identificado.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geológicos identificados en los trabajos de campo.

## 1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Existen trabajos previos y publicaciones del Ingemmet y otras instituciones, que incluyen sectores aledaños a las zonas de evaluación (informes técnicos) y otros estudios regionales y locales en base a inventarios de peligros geológicos a nivel nacional (boletines):

Entre los principales estudios realizados se tienen:

a) Boletín N° 39, serie A: “Geología de los cuadrángulos de Las Playas, La Tina, Las Lomas, Ayabaca, San Antonio, Huancabamba, Olmos y Pomahuaca”, Ingemmet, (Reyes et al., 1987). En el “Mapa geológico de Huancabamba, hoja 11-e” escala 1: 100,000, (Reyes & Caldas, 1997) y “Mapa geológico de San Ignacio, hoja 11-f” escala 1:100,000, (De La Cruz et al., 1995), donde se detalla que la ciudad de San Ignacio se encuentra sobre la Formación Oyotún, Grupo Goyllarisquiza y depósitos aluviales, así también, se describe que el sector las juntas se encuentra sobre la Formación Tamborapa y Depósitos Aluviales.

b) Informe de Zonificación Ecológica y Económica base para el ordenamiento territorial del departamento de Cajamarca, de 2011, se describe las zonas de vulnerabilidad por geodinámica externa, fue utilizado para referenciar los eventos geodinámicos identificados, las geoformas muestran una susceptibilidad alta a movimientos en masa de tipo reptación de suelos, deslizamientos, caída de rocas, colapsos, flujo de detritos, entre otros, los eventos más continuos en la provincia de San Ignacio son deslizamientos, inundaciones y colapso.

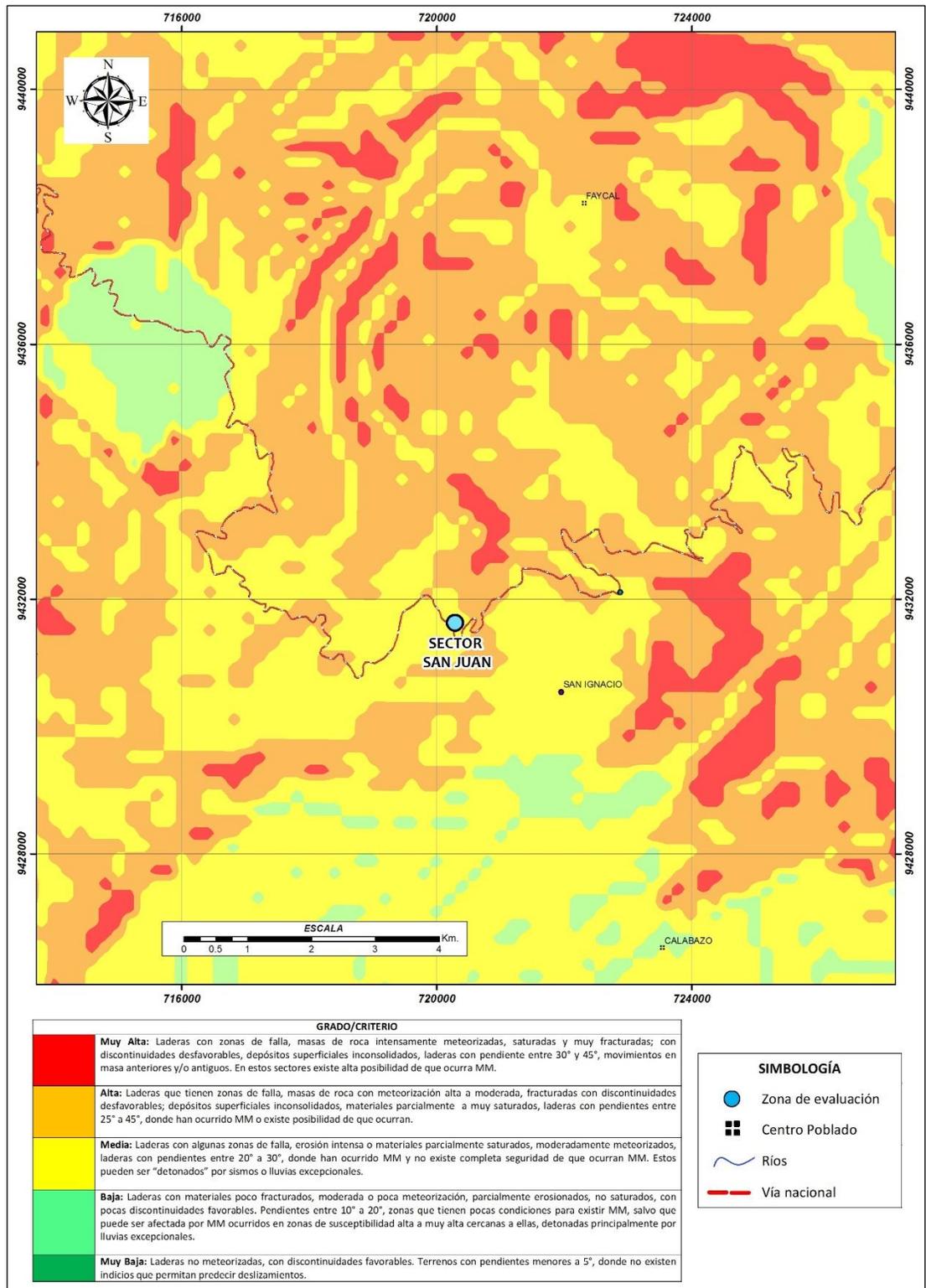
c) Informe Técnico N° A6638 (Ingemmet, 2013) denominado “Peligros geológicos en los sectores: C.E. Jorge Basadre Grohman, Cunía, Higuierón, Catahuas-Laguna Azul y San Ignacio, distrito Chirinos, Huarango y San Ignacio, provincia San Ignacio, región Cajamarca”, donde se indica que San Ignacio se encuentra asentado sobre un antiguo deslizamiento de tipo rotacional provocado a consecuencia de las filtraciones de agua provenientes de los desagües, como la erosión fluvial.

d) Informe Técnico N° A6874 (Ingemmet, 2019) denominado “Evaluación de peligros geológicos en las localidades de San Lorenzo y Namballe, distrito Namballe, provincia San Ignacio, departamento Cajamarca”, menciona que se han identificado deslizamientos y erosión de laderas en San Lorenzo y, en la localidad de Namballe, se identificaron zonas de inundación fluvial, erosión de laderas, deslizamientos y flujos antiguos.

e) Informe Técnico N° A7107 (Ingemmet, 2020) denominado “Evaluación de peligros geológicos en el sector Las Palmeras, distrito Namballe, provincia San Ignacio, departamento Cajamarca”, menciona que se encuentra asentado sobre un deslizamiento antiguo en proceso de reactivación, afectando viviendas de la

calle Las Dalias y el pasaje Las Begonias, y obras de infraestructura como la carretera San Ignacio-Namballe, en un tramo de 60 m.

f) Zavala y Rosado (2011), en el estudio denominado “Riesgo Geológico en la Región Cajamarca”, indican que la frecuencia de peligros geológicos en la región es mediana a alta en comparación a otras áreas del país. En el distrito de San Ignacio y en el sector Las Juntas, distrito de Chirinos, se determina como peligro alto, debido a la presencia de laderas que tienen zonas de falla, masas de roca con meteorización alta a moderada. (figura 1).



**Figura 1.** Susceptibilidad a movimientos en masa del sector San Juan y alrededores  
Fuente: Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa en la región Cajamarca, elaborado a escala 1:250 000 por Zavala & Rosado., 2011.

### 1.3. Aspectos generales

#### 1.3.1. Ubicación

El área de evaluación corresponde al sector San Juan, distrito y provincia de San Ignacio, departamento de Cajamarca (figura 2), ubicada en las siguientes coordenadas UTM (Datum: WGS 84 – Zona: 17S).

**Cuadro 1.** Coordenadas del área de estudio en el distrito de Cutervo.

N°	<b>UTM – WGS 84 - ZONA 17S</b>		<b>COORDENADAS DECIMALES</b>	
	<i>Este</i>	<i>Norte</i>	<i>Latitud</i>	<i>Longitud</i>
1	720441	9431570	-5.139525°	-79.011404°
2	720457	9431418	-5.140899°	-79.011256°
3	720297	9431379	-5.141256°	-79.012698°
4	720267	9431529	-5.139901°	-79.012972°
<b>COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL</b>				
C	720349	9431446	-5.140649°	-79.012231°

#### 1.3.2 Accesibilidad

La principal vía de acceso desde la ciudad de Cajamarca con destino a la ciudad de San Ignacio en el departamento de Cajamarca es mediante desplazamiento terrestre, tal como se detalla en la siguiente ruta:

**Cuadro 2.** Rutas y accesos a la zona evaluada

<b>Ruta</b>	<b>Tipo de vía</b>	<b>Distancia (km)</b>	<b>Tiempo estimado</b>
Cajamarca – Hualgayoc – Chota – Cutervo – Jaén – San Ignacio	Asfaltada	433.5	9 h 45 min

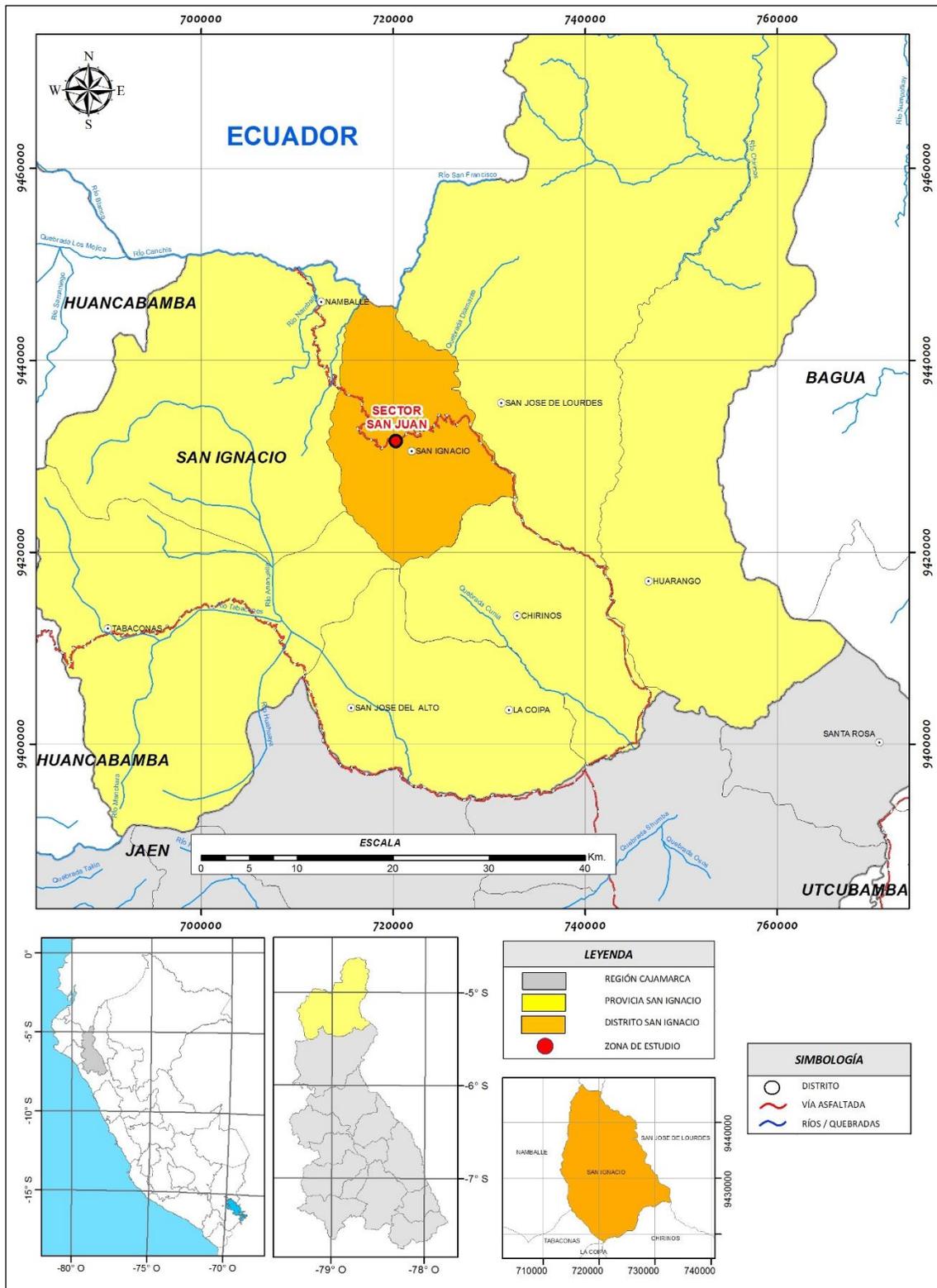


Figura 2. Ubicación del área de evaluación.

## 2. ASPECTO GEOLÓGICO

El análisis geológico del área de estudio, se desarrolló teniendo como base el Boletín N° 39, serie A, “Geología de los cuadrángulos de Las Playas, La Tina, Las Lomas, Ayabaca, San Antonio, Huancabamba, Olmos y Pomahuaca”, Ingemmet, (Reyes et al., 1987). Así como también en el “Mapa geológico de Huancabamba, hoja 11-e”, escala 1:100,000, (Reyes & Caldas, 1997); además, se realizó la interpretación de imágenes satelitales y trabajos de campo (Mapa 1), que a continuación detallamos:

### Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas aflorantes corresponden a la Formación Oyotún y depósito coluvio-deluvial detallados a continuación:

#### 2.1.1. Formación Oyotún (J-o)

Litológicamente, está conformado por una secuencia de rocas volcánicas con algunas intercalaciones sedimentarias, constituye una secuencia gruesa de derrames y piroclásticos andesíticos, intercalados con areniscas, limonitas y estratos gruesos de tobas brechoides.

En la zona de estudio, se observaron como limoarcillas de color beige rojizo altamente meteorizadas, que favorece la erosión del talud en el sector evaluado (fotografía 1 y 2). Sobre esta unidad se asienta el tanque de agua potable y la planta de tratamiento de agua



**Fotografía 1.** Afloramiento de limoarcillas altamente meteorizadas de la Formación Oyotún.

### 2.1.2. Depósito coluvio deluvial (Q-co/de)

Originados por la movilización del terreno, por acción de la gravedad y agua, conformados por clastos angulosos entre 3 a 5 cm, en una matriz de suelos finos limo-arcilloso de color pardo rojizo, se presentan sueltos, sin consolidación, lo que favorece la erosión del talud de corte de la vía de Evitamiento, (fotografía 3).



**Figura 3.** Clastos angulosos en una matriz limo arcillosa de pardo rojizo.  
Coordenadas UTM WGS-84, Este:720342 Norte:9431452.

## 3. ASPECTO GEOMORFOLÓGICO

Dicha caracterización geomorfológica se complementa con el levantamiento fotogramétrico con dron, obteniéndose el modelo digital del terreno con una resolución 40 cm por pixel para el modelo digital de elevaciones y 5 cm por pixel para la ortofoto, información que fue complementada con el análisis de imágenes satelitales, análisis morfométrico del relieve y cartografiado in situ.

### 3.1. Modelo digital de elevaciones (MDE)

La zona de estudio comprende elevaciones que van desde los 1407 m s.n.m. hasta los 1540 m s.n.m., clasificándose en 2 niveles altitudinales, comprendiendo el área urbana de San Ignacio, en una altura de 1360. El área con mayor pendiente está comprendida entre los 1450 m s.n.m y los 1454 m s.n.m. con una pendiente entre 5° y 25°, en cuyo

nivel se configura una colina en roca volcánica que se extiende de oeste a este; es aquí donde se identifica el deslizamiento (figura 4).

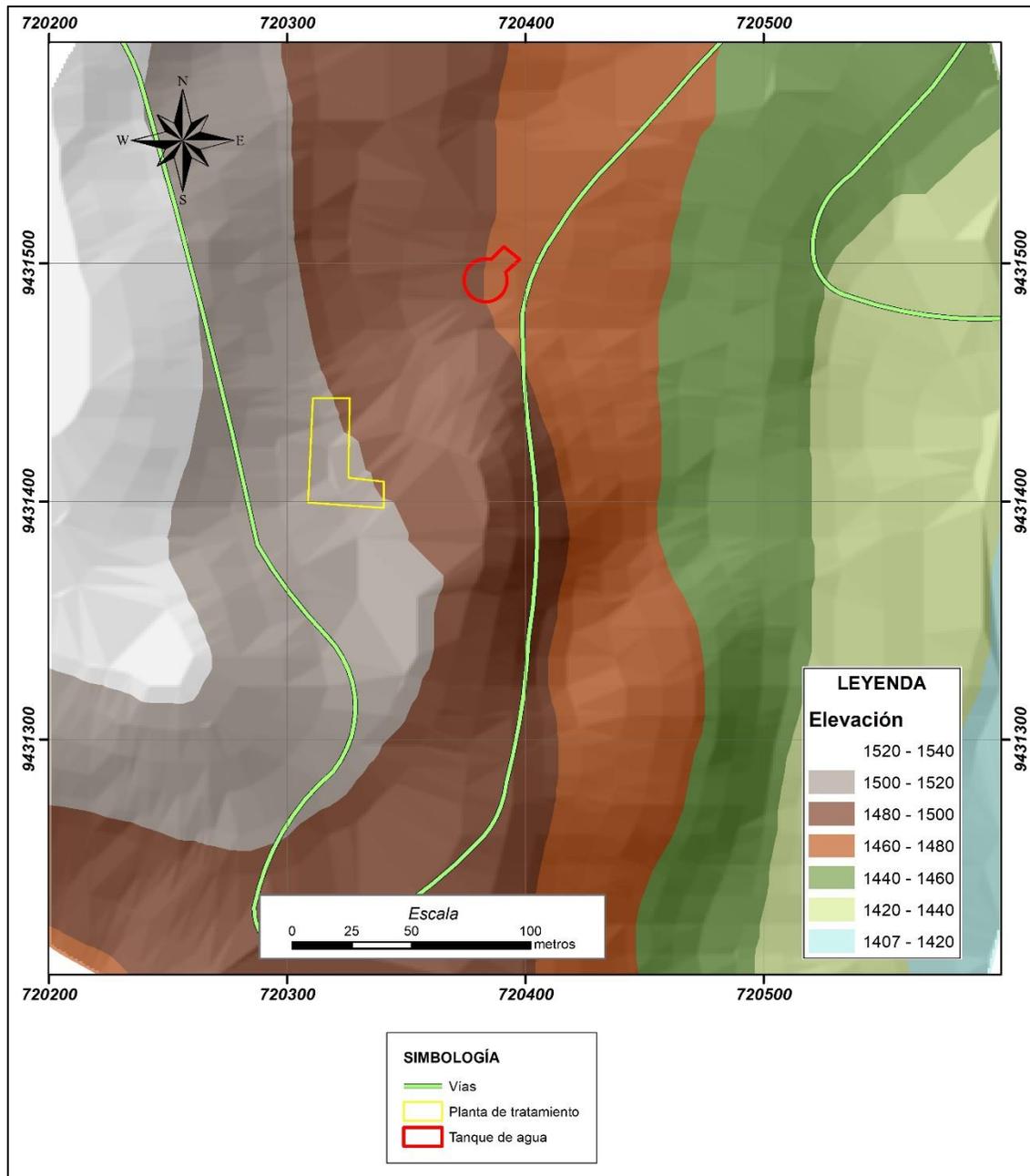


Figura 4. Modelo digital de elevaciones

### 3.2. Pendiente del terreno

La pendiente es uno de los factores dinámicos y particularmente de los movimientos en masa, ya que determinan la cantidad de energía cinética y potencial de una masa

inestable (Sánchez, 2022), es un parámetro importante en la evaluación de procesos de movimientos en masa, como factor condicionante.

Se puede decir que es más fácil que ocurran movimientos en masa en laderas y cauces cuya pendiente principal varía entre media a fuerte, también es más alta la erosión de laderas (laminar, surcos y cárcavas) en colinas o montañas, porque a mayor pendiente facilita el escurrimiento superficial y por ende las erosión hídrica o pluvial (Vílchez el al., 2013).

El rango de pendientes en el sector evaluado, es variable y comprende pendientes **moderada a fuerte** de 5° a 25° (cuadro 3), en esta superficie se tiene la construcción de la infraestructura de la planta de tratamiento de agua potable que abastece el área urbana de San Ignacio y en la parte baja del sector evaluado el tanque de almacenamiento de agua. (mapa 2, figura 5).



**Figura 5.** Pendiente del sector evaluado es de 5° a 25°, ladera al noroeste del sector evaluado.

TERRENO	PENDIENTE	DESCRIPCIÓN
Suavemente inclinada	1°-5°	Terrenos planos con ligera inclinación que se distribuyen a lo largo de las zonas de altiplanicie o meseta sedimentaria, bofedales, fondos de valles y lagunas, morrenas, meseta volcánico-sedimentaria, terrazas aluviales y depósitos de piedemonte que bajan desde las quebradas tributarias hacia los ríos principales.
Moderada	5°-15°	Los terrenos de pendiente moderada presentan buena distribución en la zona de montañas, colinas y lomadas; también en vertientes con depósitos de deslizamientos, vertientes aluvio-torrenciales y vertientes coluvio-deluviales.
Fuerte	15°-25°	Pendientes con distribución restringida a la zona de montañas, colinas, bordes de sestras que forman acantilados y laderas de vertientes de valles.

### **3.3. Unidades geomorfológicas**

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas en el sector evaluado en el sector San Juan, 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.*, 2019), así también se ha empleado los trabajos de Villota (2005) y la clasificación de unidades geomorfológicas utilizadas en los estudios del Ingemmet.

#### **3.3.1. Geformas de carácter tectónico degradacional y erosional**

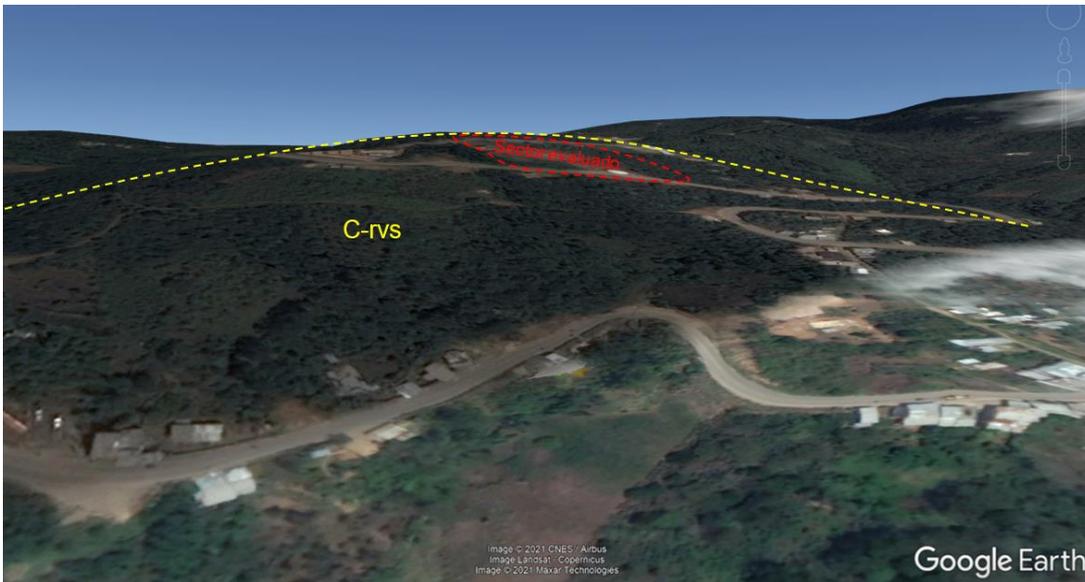
Resultan del efecto progresivo de los procesos morfodinámicos degradacionales sobre los relieves iniciales originados por la tectónica o sobre algunos paisajes construidos por procesos exógenos agradacionales, estos procesos conducen a la modificación parcial o total de estos a través del tiempo geológico y bajo condiciones climáticas cambiantes (Villota, 2005).

Los paisajes morfológicos, resultantes de los procesos denudativos forman parte de las cadenas montañosas, colinas, superficies onduladas y lomadas. Dentro de este grupo se tiene la siguiente unidad:

##### **3.3.1.1. Unidad de colina**

###### **Subunidad de colina en roca volcánico - sedimentaria (C-rvs):**

En el área de estudio se identificó la unidad morfológica de colina desarrollada en rocas volcánico sedimentaria. Litológicamente corresponde a rocas de la Formación Oyatún. El patrón de drenaje dendrítico, típico de estas unidades, con valles en forma de V, muestra en sus laderas pendientes que varían entre 5° a 25°. Dentro de esta unidad geomorfológica las elevaciones existentes son parte de la cordillera, levantadas por la actividad tectónica y modeladas por procesos exógenos degradacionales determinados por la lluvia-escorrentía. En esta unidad se asocia la ocurrencia de movimientos en masa de tipo deslizamientos (figura 6).



**Figura 6.** El sector evaluado se encuentra en la parte superior de la colina.

#### **4. PELIGROS GEOLÓGICOS**

Los movimientos en masa son parte de los procesos de denudación que modelan el relieve de la tierra. Su origen obedece a una gran diversidad de procesos geológicos, hidrometeorológicos, químicos y mecánicos que se dan en la corteza terrestre.

La meteorización, las lluvias, los sismos y otros eventos (incluyendo la actividad antrópica), actúan sobre las laderas desestabilizándolas y cambian el relieve a una condición más plana (Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, PMA: GCA, 2007).

El área de deslizamiento (en formación), identificado en el sector San Juan es de aproximadamente dos hectáreas, ubicado entre las cotas 1493 y 1459 m s.n.m, este proceso, pueden preceder a un movimiento más rápido, debido a la deformación acumulada durante varios años de ocurrencia, que lleva a la masa a su límite de resistencia, si no se toman medidas correctivas inmediatas.

Al norte del sector evaluado se puede apreciar un relieve ondulado y escalonado, originado por el movimiento del deslizamiento (figura 7), ubicado en la parte superior al reservorio; así mismo, durante la habilitación del terreno con fines de construcción, no se implementaron medidas para evitar el desplazamiento del talud de corte, dando inicio al deslizamiento en dirección al reservorio (figura 8), también se puede apreciar una tubería que vierte sus aguas hacia el sector en movimiento, contribuyendo con la saturación del terreno (figura 9 y 10).

Así mismo en el sector evaluado podemos observar árboles muy inclinados, lo que nos evidencia el movimiento en el terreno saturado en la zona. (figura 11).



Figura 7. Terreno ondulado debido al movimiento lento en dirección hacia el reservorio.



Figura 8. Material de talud se desplaza en dirección al reservorio.



**Figura 9.** Aguas vertidas por la tubería, están orientadas hacia el terreno con proceso de deslizamiento.

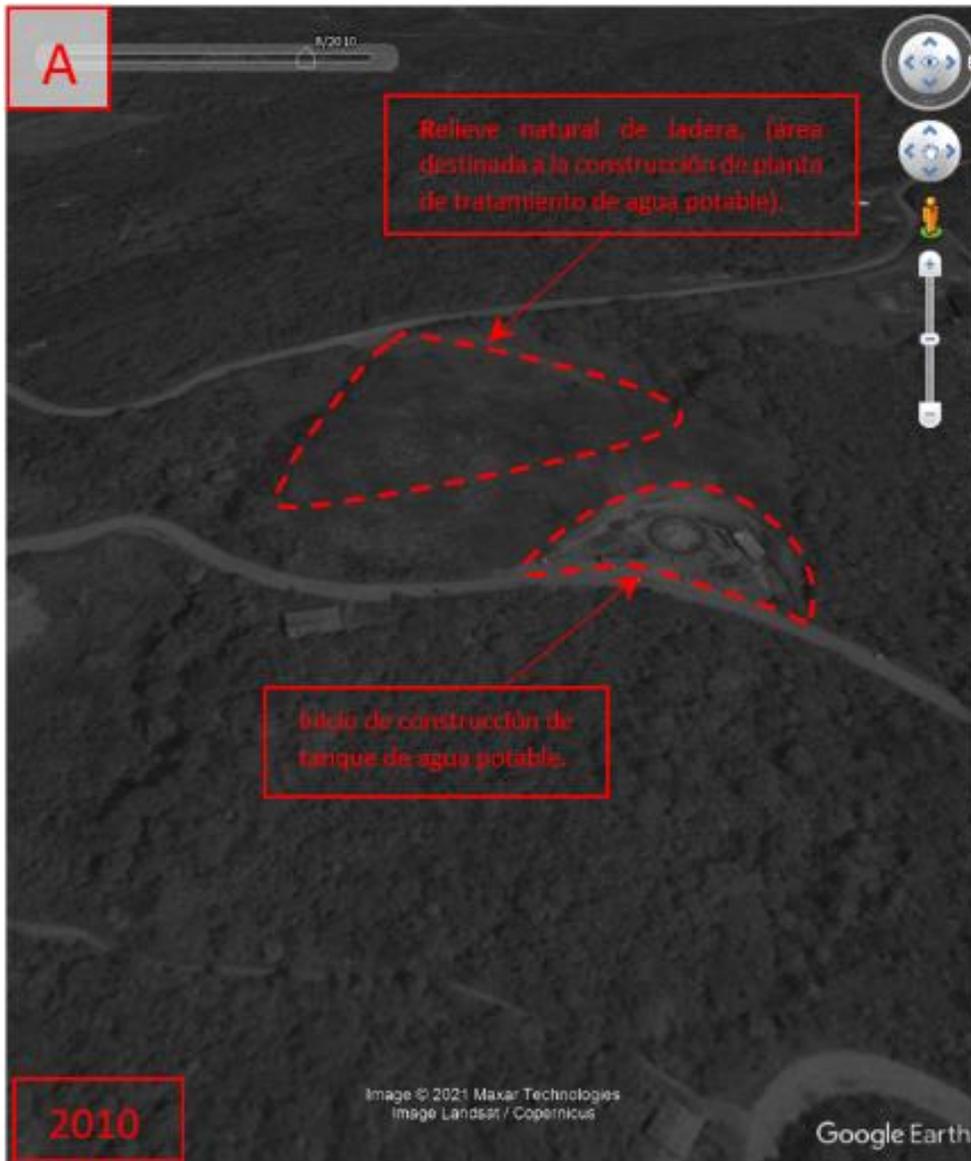


**Figura 10.** Tubería orientada hacia el terreno con proceso de deslizamiento.

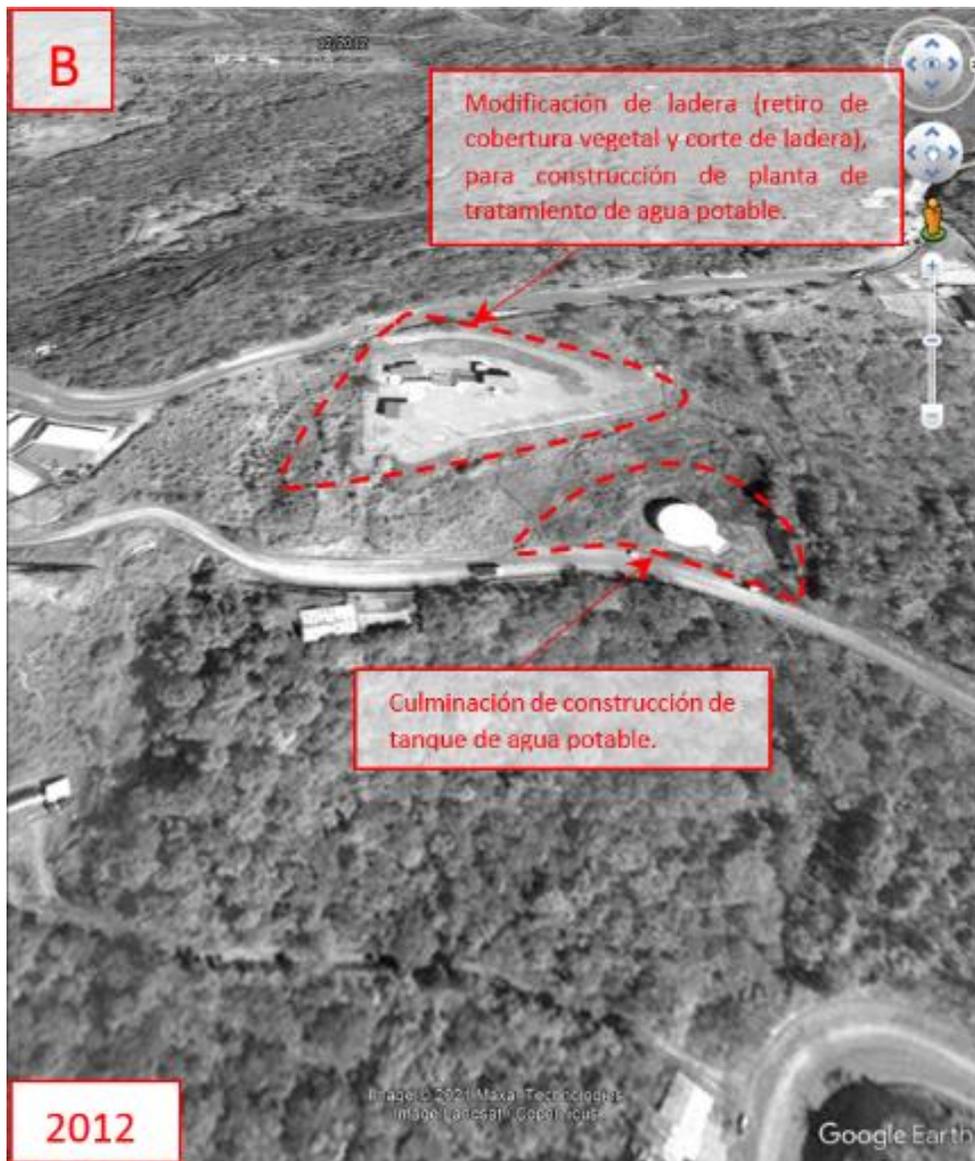


**Figura 11.** Se observa árboles inclinados, indicadores del movimiento del terreno.

A continuación, presentamos una secuencia de imágenes del 2010, 2012 y 2014, que muestra que en el 2010 se contaba con la instalación de tanque y planta de tratamiento de agua, esta obra está proyectada al borde de la carretera San Ignacio – Namballe. En el 2012 se inician los cortes de talud para la construcción de la planta de tratamiento de agua potable. En el año 2014, en la zona intervenida, se generan procesos de deforestación de ladera pronunciados; como también se generan corte de talud con el fin de construcción de viviendas. Se incrementa la filtración y saturación de los terrenos, con ello se inicia el proceso de deslizamiento en la zona evaluada. (figuras 12, 13, 14 y 15).



**Figura 12.** Se observa la modificación de la ladera para construcción del reservorio de agua potable, se puede apreciar que en el lugar donde se ubica la planta de tratamiento de agua potable aún no ha sido habilitada, la ladera aún sigue sin alterar.



**Figura 13.** Se aprecia la culminación de la construcción del tanque de almacenamiento de agua y la ladera modificada, acondicionada para la construcción de la planta de tratamiento de agua potable.



**Figura 14.** Se observa los suelos denudados en los sectores afectados, lo que permite su rápida infiltración y saturación, originando el deslizamiento.



**Figura 15.** Se observa el corte de la ladera, con fines de acondicionamiento del terreno para la construcción de la planta de tratamiento de agua potable.

#### **Factores condicionantes:**

- a. Litología predominante de limolitas muy meteorizadas
- b. Depósitos coluvio – deluviales conformados por gravas angulosas, en una matriz fina limo-arcillosa, lo que favorece la saturación del terreno y la erosión del talud de corte ubicado sobre el reservorio. (fotografía 2).
- c. Escasa cobertura vegetal, permite la filtración directa del agua proveniente de las precipitaciones pluviales, saturando el terreno.
- d. Laderas con pendientes del terreno que promedian de  $15^{\circ}$  a  $25^{\circ}$ , que permite que la masa inestable de la ladera se desplace cuesta abajo.
- e. Aumento de peso de la masa inestable de la ladera por la infiltración de agua proveniente de la lluvia.



**Fotografía 2.** Corte de ladera, con fines constructivos, se puede apreciar las limoarcillas muy meteorizadas, se erosionan fácilmente con el agua de escorrentía.



**Fotografía 3.** El anegamiento es consecuencia de la ausencia de un sistema de drenaje, incrementado la saturación del terreno.



**Fotografía 4.** En toda la planta de tratamiento de agua y alrededores no existe un drenaje adecuado.

**Factores desencadenantes:**

- a) Lluvias intensas.
- b) Sismos.

**Factores antrópicos:**

- a) El sector donde se ha construido la planta de tratamiento no cuenta con un sistema de drenaje pluvial, que permita evacuar las aguas de escorrentía (fotografía 3 y 4).
- b) Deforestación de la zona del proyecto, que permite la infiltración de agua, con ello conlleva a la saturación del terreno.

**4.1. Daños por peligros geológicos**

En la zona de evaluación se han producido los siguientes daños:

**4.1.1. Planta de tratamiento de agua potable**

El desplazamiento del terreno, afectó la infraestructura de la planta de tratamiento de agua potable, evidenciándose principalmente, grietas en paredes de la infraestructura (figura 16, 17, fotografía 5), también se identificaron grietas en el área libre (adecuados para la construcción de la infraestructura) (figura 18).

Agrietamiento y hundimiento en la plataforma de la carretera San Ignacio - Namballe, en el tramo de 100 m ubicados sobre (dirección este) de la planta de tratamiento (figura 19).



**Figura 16.** Se aprecia grietas en las paredes de la planta de tratamiento con longitudes entre uno y dos metros.



**Figura 17.** Las grietas se presentan en los dos niveles del edificio.



**Fotografía 5.** Grietas en las paredes del ambiente de ducha al interior de la planta de tratamiento de agua.



**Figura 18.** Grietas en el terreno, longitud 5 m.



**Figura 19.** Grietas y hundimiento en la plataforma de la carretera San Ignacio-Namballe, en un tramo de 100 m.

## CONCLUSIONES

- a. La planta de tratamiento agua potable en el sector San Juan, se encuentra afectada por un deslizamiento en formación, que cubre un área aproximada de dos hectáreas. Si este proceso continúa puede alcanzar al tanque de almacenamiento de agua situado en la parte baja.
- b. Se tienen afloramientos de limolitas muy meteorizadas y depósito coluvio – deluvial conformados por gravas angulosas, en una matriz de suelos finos limo-arcillosos de color rojizo, se consideran muy susceptibles a la generación de movimientos en masa.
- c. Sobre la subunidad geomorfológica de colina modeladas en roca volcánica (RME-rv), con laderas de pendiente que varía entre 5° a 25°, condicionan la ocurrencia de los procesos gravitacionales (deslizamientos)
- d. La deforestación originada por el corte de la ladera para la construcción de la planta de tratamiento y el reservorio, favorece la infiltración de agua de escorrentía y erosión superficial del terreno; en temporada de lluvias.
- e. EL sector San Juan (planta de tratamiento de agua potable), se ubica en la parte superior de un deslizamiento antiguo, por lo que se considera como zona crítica de **Peligro Alto** a la ocurrencia de deslizamiento, detonados por lluvias prolongadas e intensas y movimientos sísmicos.

## RECOMENDACIONES

- a. A fin de proteger y mitigar los daños en la planta de tratamiento de agua potable y alrededores; se recomienda construir un sistema de drenaje para disminuir la infiltración de agua, evacuándolas fuera del sector afectado.
- b. Reubicar el edificio afectado (con paredes y pisos agrietados), a una zona donde no haya procesos de movimientos en masa.
- c. Se recomienda perfilar el talud superior, sobre el tanque de almacenamiento de agua potable y realizar estudios técnicos para evaluar si es posible la construcción de banquetas.
- d. Realizar el mantenimiento continuo de las cunetas en la carretera San Ignacio Namballe en el tramo ubicado entre las coordenadas UTM-WGS 84: Este: 720446, Norte: 9431559 y Este: 72011, Norte: 9431678, para evitar su colmatación y que el agua de escorrentía vaya en dirección del sector afectado.
- e. Sellar mediante relleno y pisoneo las grietas, para evitar la infiltración de aguas provenientes de la precipitación y escorrentía superficial.
- f. Implementar un plan y sistema de monitoreo visual en el sector San Juan, que permita hacer el seguimiento y análisis de la evolución del proceso de deslizamiento reciente, si después de implementado el sistema de drenaje de continuar el movimiento, será necesario la reubicación de la planta de tratamiento de agua potable y el reservorio.

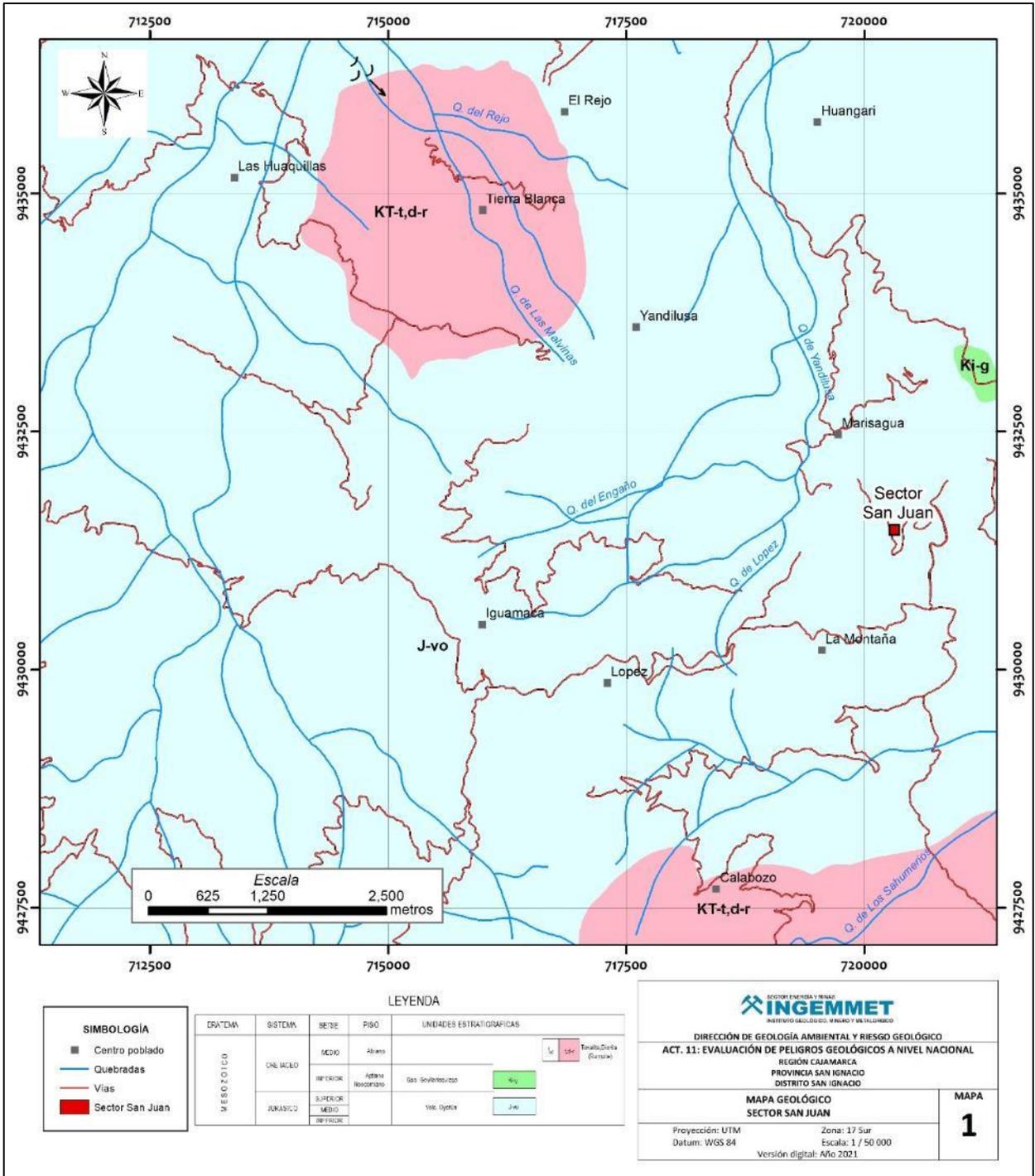
  
-----  
Ing. LIONEL V. FIDEL SMOLL  
Director  
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico  
INGEMMET

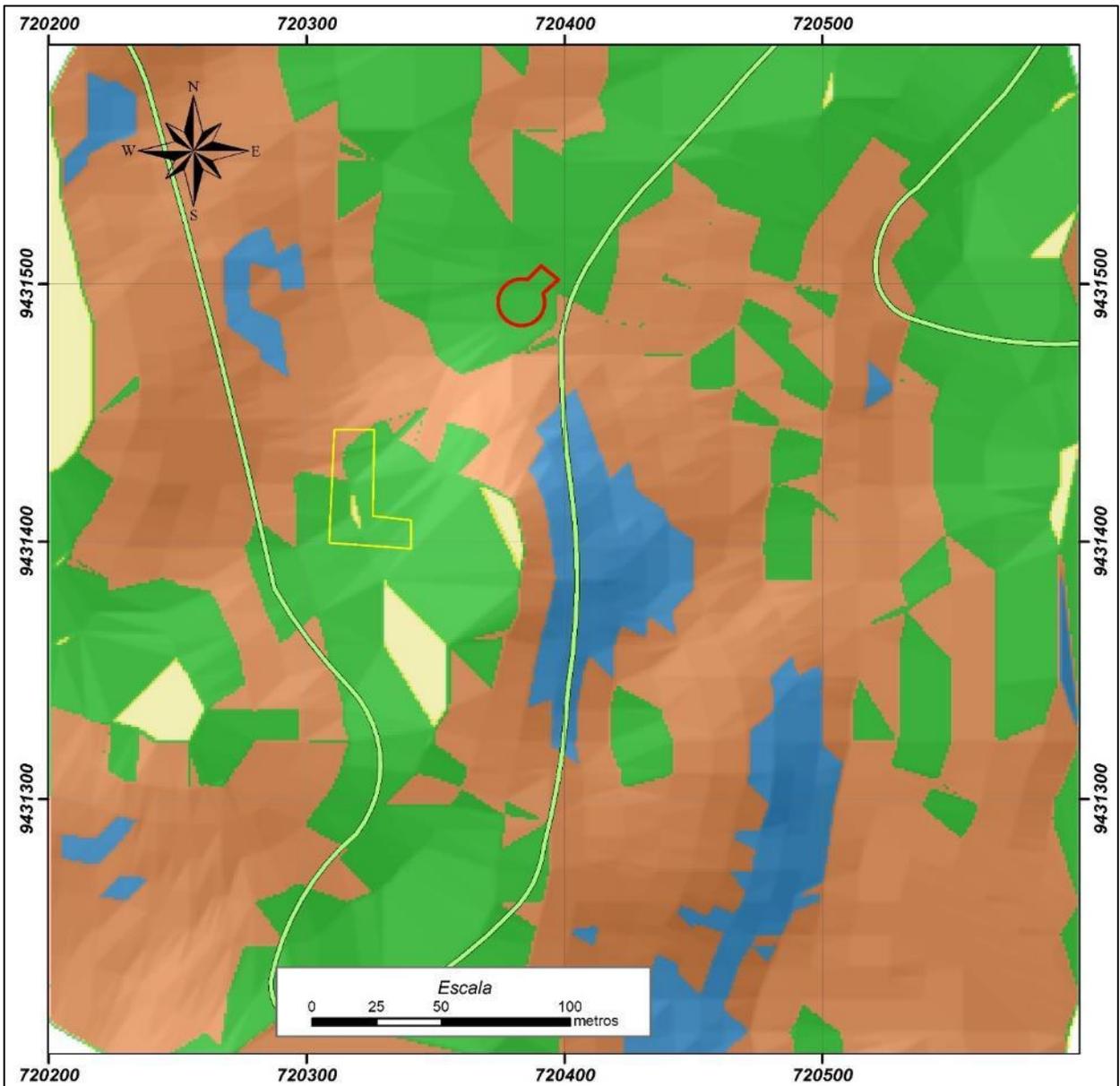
  
-----  
LUIS MIGUEL LEON ORDAZ  
Ingeniero Geólogo  
Reg.CIP. N° 215610

## BIBLIOGRAFÍA

- Cruden, D.M., Varnes, D.J. (1996). Landslide types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslides investigation and mitigation: Washington D. C, National Academy Press, Transportation Research Board Special Report 247.
- Wilson, J. (1984). Geología de los cuadrángulos de Jayanca (13-d), Incahuasi (13-e), Cutervo (13-f), Chiclayo (14-d), Chongoyape (14-e), Chota (14-f), Celendín (14-g), Pacasmayo (15-d), Chepén (15-e), Boletín N° 38 – Serie A. Carta Geológica Nacional, 121 p, 9 mapas.
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. (2007) Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Santiago: Servicio Nacional de Geología y Minería, 432 p., Publicación Geológica Multinacional.  
<https://hdl.handle.net/20.500.12544/2830>.
- Vílchez, M. Ochoa, M.& (2019) - Peligro geológico en la región Ica. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 67, 218 p, 9 mapas.
- Villota, H. (2005). Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. España: Instituto Geográfico Agustín Codazzi-IGAC (Departamento Nacional de Estadística).
- Osterkamp, W. R.. (2008). Annotated Definitions of Selected Geomorphic Terms and Related Terms of Hydrology, Sedimentology, soil Science and Ecology. USGS Open File Report 2008-1217. Reston, VA: U.S. Geological Survey.
- Zavala, B. & Rosado, M. (2010). Riesgo geológico en la región Cajamarca. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica.

# ANEXO 1: MAPAS

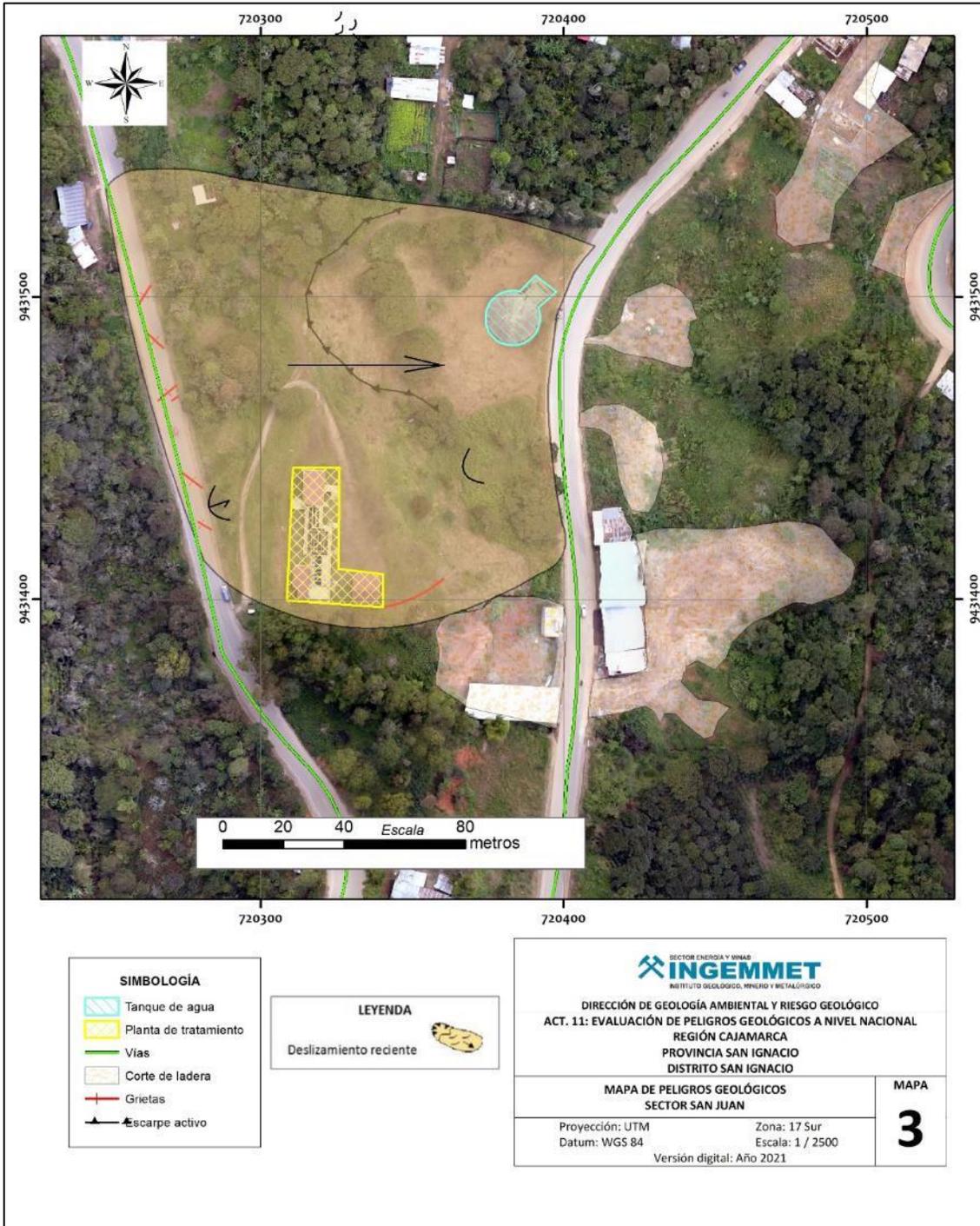




LEYENDA	
<b>Pendientes</b>	
	>1° Llana
	1° - 5° Savemente inclinada
	5° - 15° Moderada.
	15° - 25° Fuerte
	25° - 45° Muy fuerte

SIMBOLOGÍA	
	Vías
	Planta de tratamiento
	Tanque de agua

 SECTOR ENERGÍA Y MINAS <b>INGEMMET</b> INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO	
DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO <b>ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL</b> REGIÓN CAJAMARCA PROVINCIA SAN IGNACIO DISTRITO SAN IGNACIO	
<b>MAPA DE PENDIENTES</b> <b>SECTOR SAN JUAN</b>	
Proyección: UTM Datum: WGS 84	Zona: 17 Sur Escala: 1 / 2000 Versión digital: Año 2021
MAPA <span style="font-size: 2em; font-weight: bold;">2</span>	



**SIMBOLOGÍA**

	Tanque de agua
	Planta de tratamiento
	Vías
	Corte de ladera
	Grietas
	Escarpe activo

**LEYENDA**

	Deslizamiento reciente
--	------------------------

  
 SECTOR ENERGÍA Y MINAS  
**INGEMMET**  
 INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO  
**ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL**  
 REGIÓN CAJAMARCA  
 PROVINCIA SAN IGNACIO  
 DISTRITO SAN IGNACIO

<b>MAPA DE PELIGROS GEOLÓGICOS</b> <b>SECTOR SAN JUAN</b>		<b>MAPA</b>  <b>3</b>
Proyección: UTM Datum: WGS 84	Zona: 17 Sur Escala: 1 / 2500 Versión digital: Año 2021	

## **ANEXO 2: GLOSARIO**

En el presente Glosario se describe según los términos establecidos en el Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007) - Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas.:

**AGRIETAMIENTO (cracking)** Formación de grietas causada por esfuerzos de tensión o de compresión sobre masas de suelo o roca, o por desecación de materiales arcillosos.

**DESLIZAMIENTO (slide)** Son movimientos de masas de roca, residuos o tierra, hacia abajo de un talud” (Cruden, 1991), son uno de los procesos geológicos más destructivos que afectan a los humanos, causando miles de muertes y daños en las propiedades, por valor de decenas de billones de dólares cada año (Brabb y Harrod, 1989). Los deslizamientos producen cambios en la morfología del terreno, diversos daños ambientales, daños en las obras de infraestructura, destrucción de viviendas, puentes, bloqueo de ríos, etc.

**ESCARPE (scarp)** sin.: escarpa. 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.

**METEORIZACIÓN (weathering)** 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.

## ANEXO 3: MEDIDAS CORRECTIVAS

### A3.1. Banquetas

En la parte inferior de un talud de corte sobre el reservorio, la descarga y velocidad del agua superficial aumentan, causando el incremento de las fuerzas de socavación. En este caso, la velocidad de la corriente puede reducirse al proporcionar una banqueta casi horizontal a la mitad del talud, o la concentración de agua superficial en la parte inferior del talud puede prevenirse al construir una zanja en la banqueta para drenar el agua hacia afuera del talud. La banqueta también puede usarse como acera para inspección o como andamio para reparación.

Por lo tanto, las banquetas deben diseñarse tomando en cuenta la dificultad de inspeccionar y reparar, la pendiente del talud, la altura de corte, los suelos del talud, los costos y otras condiciones (figura 20).

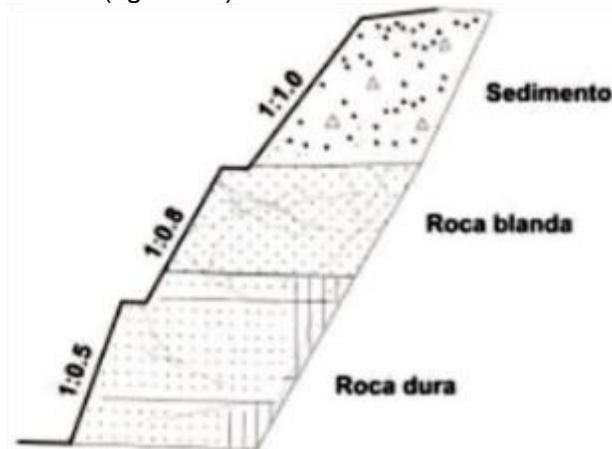


Figura 20. Condiciones de terreno y forma de taludes (JICA, 2004).

### A3.2. Uso de vegetación

El efecto de la vegetación sobre la estabilidad de los taludes es muy debatido; el estado del uso actual deja muchas dudas e inquietudes y la cuantificación de los efectos de estabilización de las plantas sobre el suelo, no ha tenido una explicación universalmente aceptada. Sin embargo, la experiencia ha demostrado el efecto positivo de la vegetación, para evitar problemas de erosión, reptación y fallas subsuperficiales (J. Suárez Díaz, 1998). Para poder analizar los fenómenos del efecto de la vegetación sobre el suelo se requiere investigar las características específicas de la vegetación en el ambiente natural que se esté estudiando. Entre los factores se sugiere analizar los siguientes:

- Volumen y densidad de follaje, tamaño, ángulo de inclinación y aspereza de las hojas, altura total de la cobertura vegetal, presencia de varias capas diferentes de cobertura vegetal, tipo, forma, profundidad, diámetro, densidad, cubrimiento y resistencia del sistema de raíces.

- El tipo de vegetación, tanto en el talud como en el área arriba del talud es un parámetro importante para su estabilidad. La vegetación cumple dos funciones principales: En primer lugar, tiende a determinar el contenido de agua en la superficie y, además, da consistencia por el entramado mecánico de sus raíces.

- Como controlador de infiltraciones tiene un efecto directo sobre el régimen de aguas subterráneas y actúa posteriormente como secador del suelo al tomar el agua que requiere para vivir.

- J. Suárez Díaz, (1998) menciona que, los factores que aumentan la estabilidad del talud: