



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Instituto  
Geofísico del Perú

Subdirección de  
Ciencias de la Tierra  
Sólida - SCTS



## **EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y GEODINÁMICA DEL CENTRO POBLADO CHAGAVARA, PROVINCIA DE SANTIAGO DE CHUCO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD**

**Unidad de Geodinámica**

**Lima - Perú**

**2015**

**EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y GEODINÁMICA DEL  
CENTRO POBLADO CHAGAVARA, PROVINCIA DE SANTIAGO  
DE CHUCO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD**

**Unidad de Geodinámica**

**POR:  
ING. CRISTHIAN CHIROQUE HERRERA  
BACH. ROY JACK ARONE  
ING. JUAN CARLOS GÓMEZ AVALOS**

**Lima - Perú  
2015**

**Tabla de contenido**

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>9</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>10</b>
<b>3. ANTECEDENTES</b> .....	<b>10</b>
<b>4. BASE TOPOGRÁFICA</b> .....	<b>10</b>
<b>5. METODOLOGÍA</b> .....	<b>11</b>
<b>6. ASPECTOS GENERALES</b> .....	<b>12</b>
<b>6.1 Ubicación y Accesibilidad</b> .....	<b>12</b>
<b>6.2 Clima</b> .....	<b>14</b>
<b>6.3 Hidrografía</b> .....	<b>15</b>
<b>7. GEOMORFOLOGÍA</b> .....	<b>16</b>
<b>7.1 Modelo Digital del Terreno (MDT)</b> .....	<b>16</b>
<b>7.2 Mapa de Pendientes</b> .....	<b>17</b>
<b>7.3 Unidades Geomorfológicas</b> .....	<b>17</b>
<b>7.3.1 Origen Tectónico Estructural</b> .....	<b>18</b>
<b>7.3.1.1 Montañas</b> .....	<b>18</b>
<b>7.3.2 Origen Fluvial</b> .....	<b>19</b>
<b>7.3.2.1 Lecho Fluvial</b> .....	<b>20</b>
<b>7.3.3 Origen Depositacional</b> .....	<b>21</b>
<b>7.3.3.1 Abanico aluvial</b> .....	<b>21</b>
<b>8. ASPECTOS GEODINÁMICOS</b> .....	<b>23</b>
<b>8.1 GEODINÁMICA INTERNA</b> .....	<b>23</b>
<b>8.2 GEODINÁMICA EXTERNA</b> .....	<b>23</b>
<b>8.2.1 Movimientos en masa (MM)</b> .....	<b>24</b>
<b>8.2.1.1 Reptación de Suelos</b> .....	<b>24</b>
<b>8.2.2 Procesos fluviales</b> .....	<b>28</b>
<b>9. GEOLOGÍA</b> .....	<b>30</b>
<b>9.1 GEOLOGÍA REGIONAL</b> .....	<b>30</b>
<b>9.2 GEOLOGÍA LOCAL</b> .....	<b>31</b>
<b>9.2.1 Formación Chicama (Js-Ch)</b> .....	<b>31</b>
<b>9.2.2 Depósitos Cuaternarios</b> .....	<b>33</b>
<b>9.2.2.1 Depósitos aluviales (Qh-al)</b> .....	<b>33</b>
<b>9.2.2.2 Depósito coluvio-aluvial (Qh-co/al)</b> .....	<b>34</b>



9.2.2.3	Depósitos fluvio-aluvial (Qh-fl)	35
10.	ASPECTOS GEOTÉCNICOS	37
10.1	Exploraciones a cielo abierto (Calicatas, Norma ASTM D420)	37
10.1.1	Principio	37
10.1.2	Instrumentos	37
10.1.3	Procedimiento	38
10.1.4	Descripción de calicatas	38
10.2	Ensayo de penetración dinámica ligera (DPL, Norma DIN4094)	39
10.2.1	Principio	39
10.2.2	Equipos y materiales	40
10.2.3	Procedimiento	41
10.3	Ensayo de corte directo (Norma ASTM D3080)	42
10.4	Capacidad de carga admisible	43
10.5	Tipos de Suelos en el centro poblado de Chagavara	45
11.	ESTIMACIÓN DE LA PELIGROSIDAD A FENÓMENOS NATURALES EN EL CENTRO POBLADO CHAGAVARA	46
11.1	Reptación de Suelos	46
11.1.1	Parámetros de evaluación de la reptación de suelos	47
11.1.2	Estimación de la susceptibilidad a reptación de suelos	48
11.1.3	Estimación de la peligrosidad por reptación de suelos	52
11.2	Caída de Rocas	54
11.2.1	Parámetros de evaluación de caída de rocas	54
11.2.2	Estimación de la susceptibilidad a caída de rocas	55
11.2.3	Estimación de la peligrosidad por caída de rocas	60
11.3	Deslizamientos	63
11.3.1	Parámetros de evaluación de deslizamientos	63
11.3.2	Estimación de la susceptibilidad a deslizamientos	64
11.3.3	Estimación de la peligrosidad a deslizamientos	68
12.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	70
13.	BIBLIOGRAFÍA	70



## PLANOS

- P-01 Ubicación y Accesibilidad
- P-02 Modelo Digital de Elevaciones
- P-03 Pendientes
- P-04 Geomorfológico
- P-05 Geodinámica Externa
- P-06 Geológico
- P-07 Ubicación de Ensayos Geotécnicos
- P-08 Capacidad de Carga Admisible
- P-09 Tipo de suelos (SUCS)

3

## RELACIÓN DE FOTOS

- *Foto 01: Vista panorámica del centro poblado de Chagavara, tomada desde el cerro del mismo nombre. Las viviendas se encuentran asentadas sobre la ladera adyacente a la quebrada.*
- *Foto 02: La quebrada Chagavara aumentó su cauce en el mes de marzo en un evento que movilizó gran cantidad de materiales.*
- *Foto 03: Los cerros Ventanas y Banderas ubicados al Este del C.P. de Chagavara, forman un valle estrecho desde donde desciende la quebrada Chagavara, mientras que el cerro Cebollitas se presentan eventos por reptación de suelos.*
- *Foto 04. Vista desde el cerro Cebollitas hacia el C.P. de Chagavara obsérvese el cambio de pendiente, la zona urbana se encuentra asentada sobre un gran depósito aluvial.*
- *Foto 05: La quebrada Chagavara, desciende desde el cerro Ventanas con una fuerte pendiente incrementando su poder erosivo, afectando la carretera Chagavara - Sitabamba.*





- *Foto 06: El aluvión se desplazó de Sur a Norte pendiente abajo en la ladera Norte del Cerro Cebollita, en la margen izquierda de la quebrada Chagavara.*
- *Foto 07: En la ladera baja del cerro Cebollitas se aprecian clastos y bloques de gran tamaño que descendieron de la parte alta de dicho cerro.*
- *Foto 08: En las laderas se han encontrado zonas donde el suelo está reptando afectando principalmente terrenos de cultivo.*
- *Foto 09: Parte baja de la ladera sobre la que se asienta el CP Chagavara.*
- *Foto 10: El cerro Cebollita presenta pendientes sub verticales, clastos y bloques distribuidos en las laderas se movilizan principalmente debido al agua de escorrentía.*
- *Foto 11: Se han cartografiado zonas donde se concentran acumulaciones de clastos angulosos muy inestables.*
- *Foto 12: El evento más reciente afecto la carretera Chagavara – Sitabamba, además afecta aproximadamente el 10% de la zona representado principalmente por terrenos de cultivo.*
- *Foto 13. Vista de la carretea afectada por deslizamientos.*
- *Foto 14: El caudal de la quebrada Chagavara se incrementa afectando el cauce de la misma, en el mes de enero del presente año ocasiono la pérdida de una parte de la carretera.*
- *Foto 15: La formación de escarpas y agrietamientos ha afectado zonas de cultivo, accesos, puentes artesanales y caminos de herradura.*
- *Foto 16: Lutitas características de la Formación Chicama, se presentan muy intemperizadas.*
- *Foto 17: Arenisca intensamente diaclasada en la parte alta del cerro Cebollita, en algunos casos presenta clastos y bloques que se desprenden pendiente abajo.*
- *Foto 18: Los aluviones han formado superficies onduladas donde se desarrollan actividades agrícolas, el riego de los cultivos sobresatura los suelos afectando la estabilidad de estos.*
- *Foto 19: En la parte alta del cerro Cebollita, existen afloramientos de agua, que sobresaturan los sedimentos causando inestabilidad en la ladera.*



- *Foto 20: La escorrentía superficial ha erosionado fuertemente la superficie, el suelo empieza a reptar, la escasa cobertura vegetal en algunas zonas incrementa la ocurrencia de estos eventos.*
- *Foto 21: Los clastos y bloques se entremezclan con una matriz arenolimososa, tienen escasa cobertura vegetal lo que facilita su erosión y la formación de cárcavas incipientes.*
- *Foto 22: La quebrada Chagavara donde se puede observar areniscas provenientes de deslizamientos recientes aguas arriba, estos materiales le dan al cauce un aspecto blanquecino al cauce y a las llanuras de inundación adyacentes a este.*
- *Foto 23: Aguas debajo de la quebrada Chagavara, la ladera de encuentra fuertemente erosionada, esto ha incrementado el proceso de reptación de suelos.*

## RELACIÓN DE FIGURAS

- *Figura 01. Ubicación y accesibilidad de la zona de estudio.*
- *Figura 02: Columna litroestratigráfica de las unidades que afloran en la zona de estudio.*
- *Figura 03. Equipos y accesorios que conforman el DPL.*
- *Figura 04: Esquema para la determinación de la peligrosidad según CENEPRED, 2013.*

## RELACIÓN DE CUADROS

- *Cuadro 01: Ubicación de calicatas.*
- *Cuadro 02: Datos de ubicación y profundidad de los ensayos de penetración dinámica ligera.*
- *Cuadro 03: Valores obtenidos del ensayo de corte directo. Fuente GECONSAC, 2015.*
- *Cuadro 04: Capacidad portante de las tres (03) muestras extraídas en la zona urbana de Chagavara, Fuente GECONSAC, 2015.*





- Cuadro 05: Rango establecido para determinar el nivel de susceptibilidad, elaborada en base a los niveles de peligrosidad establecidos por CENEPRED, 2013.
- Cuadro 06: La descripción del peligro se divide en cuatro niveles: bajo, medio, alto, muy alto. El área de estudio presenta peligro alto a muy alto. Fuente CENEPRED.
- Cuadro 07: Rango establecido para determinar el nivel de susceptibilidad, elaborada en base a los niveles de peligrosidad establecidos por CENEPRED, 2013.
- Cuadro 08: La estratificación del peligro se divide en cuatro niveles: bajo, medio, alto y muy alto. El área de estudio presenta peligro alto (0.134 – 0.260). Fuente: CENEPRED.
- Cuadro 09: Rango establecido para determinar el nivel de susceptibilidad, elaborada en base a los niveles de peligrosidad establecidos por CENEPRED, 2013.
- Cuadro 10: La estratificación del peligro se divide en cuatro niveles: bajo, medio, alto y muy alto. El área de estudio presenta peligro alto (0.134 – 0.260). Fuente: CENEPRED.

## RELACIÓN DE TABLAS

- Tabla 01: Rango de capacidad Portante.
- Tabla 02: Textura del suelo, Fuente: CENEPRED.
- Tabla 03: Pendiente, Fuente: CENEPRED.
- Tabla 04: Erosión, Fuente: CENEPRED.
- Tabla 05: Velocidad del desplazamiento, Fuente: CENEPRED.
- Tabla 06: Evaluación del evento de reptación, Fuente: CENEPRED.
- Tabla 07: Relieve del Terreno, Fuente: CENEPRED.
- Tabla 08: Tipos de suelos, Fuente: CENEPRED.
- Tabla 09: Cobertura Vegetal, Fuente: CENEPRED.
- Tabla 10: Uso actual de suelos, Fuente: CENEPRED.
- Tabla 11: Valor resultante de la evaluación de los factores condicionantes, Fuente: CENEPRED.





- *Tabla 12: Hidrometeorológicos, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 13: Geológicos, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 14: Inducidos por la acción del hombre, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 15: Valor resultante de la evaluación de los factores detonantes, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 16: Susceptibilidad estimada en las inmediaciones del área de estudio, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 17: Estimación de la peligrosidad por eventos geodinámicos de reptación, CENEPRED.*
- *Tabla 18: Textura del suelo, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 19: Pendiente, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 20: Erosión, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 21: Velocidad del desplazamiento, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 22: Evaluación del evento de caída de rocas, Fuente; CENEPRED.*
- *Tabla 23: Relieve del Terreno, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 24: Tipos de suelos, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 25: Cobertura Vegetal, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 26: Uso actual de suelos, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 27: Valor resultante de la evaluación de los factores condicionantes, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 28: Hidrometeorológicos, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 29: Geológicos, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 30: Inducidos por la acción del hombre, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 31: Valor resultante de la evaluación de los factores detonantes, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 32: Susceptibilidad estimada en las inmediaciones del área de estudio, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 33: Estimación de la peligrosidad por eventos geodinámicos de Caída de rocas, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 34: Textura del suelo, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 35: Pendiente, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 36: Erosión, Fuente: CENEPRED.*





- *Tabla 37: Velocidad del desplazamiento, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 38: Evaluación del deslizamiento, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 39: Relieve del Terreno, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 40: Tipos de suelos, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 41: Cobertura Vegetal, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 42: Uso actual de suelos, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 43: Valor resultante de la evaluación de los factores condicionantes, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 44: Hidrometeorológicos, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 45: Geológicos, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 46: Inducidos por la acción del hombre, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 47: Valor resultante de la evaluación de los factores detonantes, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 48: Susceptibilidad estimada en las inmediaciones del área de estudio, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 49: Estimación de la peligrosidad por deslizamiento, Fuente: CENEPRED.*





## 1. INTRODUCCIÓN

En atención al Oficio N° 595-2015-GRLL-GGR/ORDN del Gobierno Regional de La Libertad, el Instituto Geofísico del Perú (IGP) a través de la Unidad de Geodinámica Superficial ha elaborado el presente documento.

El trabajo de campo se realizó en 03 días del 06 al 09 de Agosto, consistió en la identificación de las geoformas, los afloramientos rocosos y tipos de depósitos recientes así como, los principales eventos de geodinámica superficial que afectan la seguridad física del centro poblado (C.P.) Chagavara. De forma complementaria se realizó el estudio de suelos con la ejecución de calicatas, los ensayos fueron distribuidos en la zona urbana y alrededores del poblado en mención.

El cartografiado geológico, geomorfológico y geodinámico junto con los resultados del estudio geotécnico de suelos ha brindado un mejor conocimiento de los peligros geológicos que afectan al centro poblado de Chagavara.

Dentro de los peligros geológicos se puede nombrar los movimientos en masa (MM), tales como: reptación de suelos, flujo de detritos (huaycos), deslizamientos, derrumbes y caída de rocas, entre otros, cuya ocurrencia está ligada a dos factores: condicionantes y detonantes. Dentro de los primeros se encuentran la litología, pendiente, geomorfología, topografía, entre otros; mientras que, son tres los factores detonantes más comunes: sismos, precipitaciones pluviales y la acción del hombre, o la combinación de estos.

Cabe resaltar que, este informe se ha realizado utilizando los parámetros considerados en el Manual para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales, publicado por el Centro Nacional de Estimación,





Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED, 2013); para estimar la peligrosidad de los movimientos en masa ocurridos en el centro poblado Chagavara y determinar áreas susceptibles a estos eventos.

## 2. OBJETIVOS

- Realizar el cartografiado geológico, geomorfológico y geodinámico de la zona de estudio.
- Estimar la peligrosidad a movimientos en masa, aplicando el protocolo propuesto por CENEPRED, identificando las zonas susceptibles a este tipo de eventos y que afecten la seguridad física de la población.
- Elaborar el mapa de geodinámica superficial en base al inventario de eventos y las áreas susceptibles a la ocurrencia de movimientos en masa (MM).

## 3. ANTECEDENTES

Como único antecedente se tiene: “Inspección Técnica y Estimación de Riesgo en el centro poblado de Chagavara, distrito de Sitabamba”, el cual fue elaborado por INDECI en el mes de marzo del presente año, según la documentación entregada por la Municipalidad de Sitabamba se hace constar dicho centro poblado tiene nivel de RIESGO ALTO frente a los eventos de geodinámica superficial ocurridos en la zona.

## 4. BASE TOPOGRÁFICA

Para el desarrollo de este estudio se utilizó la topografía digital obtenida a través de un Modelo Digital de Terreno (MDT) con resolución de 30 m descargado del servidor ASTERGDEM y error vertical de +- 20 a 25 m, la misma que ha sido corregida con la información disponible del radar de la NASA Shuttle Topográfico Mission (SRTM), los datos SRTM están disponibles con resolución de 90 m. Sin embargo, el error vertical del DEM es de -16 m, mejorando la precisión vertical en comparación con ASTERGDEM.

Ambas bases fueron georeferenciadas en un Sistema de Información Geográfica (SIG) y se trabajó en el sistema de coordenadas Universal



Transversal de Mercator (UTM) con datum WGS 84 (Sistema Geodésico Mundial 1984), Zona 18S.

Con la toma de puntos GPS, la base topográfica digital del Instituto Geográfico Nacional (IGN), se ha interpolado curvas de nivel de hasta 5 m. Las coberturas temáticas del área de estudio se presentan a escala gráfica 1:2,000 con resolución de curvas hasta 5 m adoptando está a escala para plasmar a detalle los trabajos realizados en campo, además, se han configurado el formato de impresión en hoja A3 (42.0 x 29.7 cm).

## 5. METODOLOGÍA

Los trabajos se han desarrollado en tres etapas:

### Gabinete I

En esta etapa se recopiló la información geológica a escala regional y local existente. A partir de la base topográfica se elaboró mediante un Sistema de Información Geográfica (SIG) las coberturas temáticas preliminares de Modelo Digital del Terreno (MDT), pendientes, geomorfología, geología y geodinámica a escala 1:10 000.

### Campo

En esta etapa se ejecutó el reconocimiento del área de estudio, así como el cartografiado geológico de las unidades litológicas que afloran en Chagavara, además del inventario de eventos geodinámicos.

Simultáneamente se ejecutó el estudio geotécnico con el objetivo de determinar las características físicas de los suelos sobre los que se asientan en el área urbana de Chagavara.

### Gabinete II

En esta etapa se sistematizó, procesó e interpretó la información recolectada en las fases de Gabinete I y Campo. Para luego proceder a la redacción del informe final.



## 6. ASPECTOS GENERALES

En el siguiente ítem se describe la ubicación, así como, la hidrografía y el clima de la zona de estudio, los datos que se describen a continuación se recopilaron en las etapas de campo y gabinete, considerando fuentes como el Instituto Geográfico Nacional (IGN) y el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI).

12

### 6.1 Ubicación y Accesibilidad

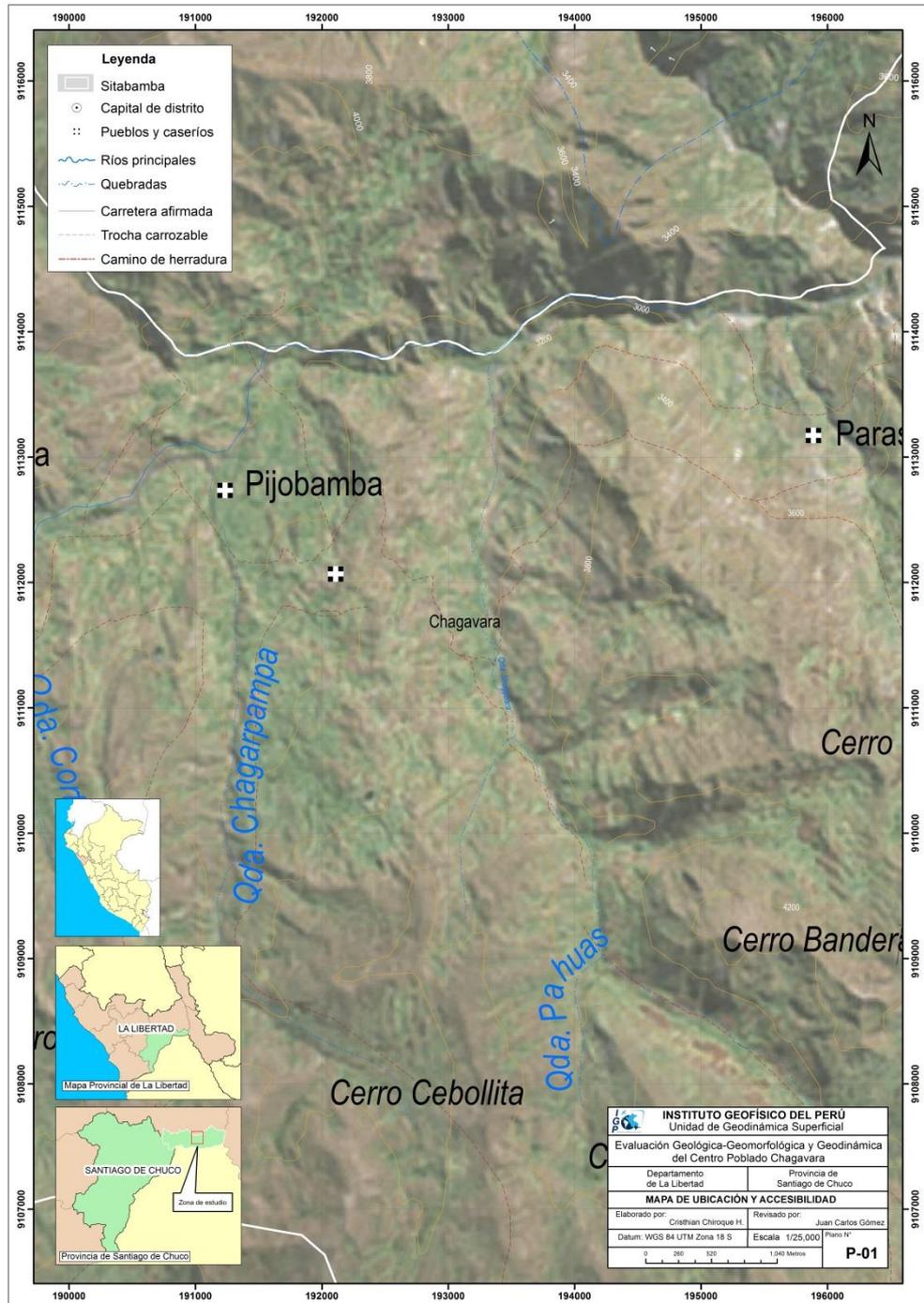
El área de estudio se localiza en el centro poblado de Chagavara, perteneciente al distrito de Sitabamba, Provincia de Santiago de Chuco, Región La Libertad. La zona urbana de Chagavara se encuentra asentada en la ladera norte del cerro del mismo nombre y es bordeada por la quebrada Chagavara, Foto 01.

El acceso desde la ciudad de Lima se realiza por vía terrestre a través de la carretera Panamericana Norte con un recorrido de 560 km aproximadamente (autopista en buen estado) hasta la ciudad de Trujillo, luego se dirige hasta Huamachuco por un lapso de 3 horas por carretera en regular estado (192 km). Finalmente, llegamos hasta Chagavara a través de trocha carrozable en mal estado de conservación pasando por el centro poblado (C.P.) Pijobamba (104 km), **Plano P-01**.





**Foto 01: Vista panorámica del centro poblado Chagavara, tomada desde el cerro del mismo nombre. Las viviendas se encuentran asentadas sobre la ladera adyacente a la margen izquierda de la quebrada Chagavara.**



**Figura 01. Ubicación y accesibilidad de la zona de estudio.**

## 6.2 Clima

La zona de estudio se encuentra entre 3,680 y 3,600 m.s.n.m., por encima de los 3,500 m de altitud, el clima es frío y sub húmedo, la temperatura mínima en invierno oscila entre 4°C y 26°C en promedio anual, mientras que, las temperaturas máximas alcanzan los 25°C.

Las precipitaciones son el factor más resaltante, estas oscilan entre 900 y 1,000 mm al año.

En presencia de eventos tipo El “Niño”, se incrementan las precipitaciones hasta 1,200 mm anuales, afectando las principales estructuras viales tales como puentes, carreteras, etc.

### 6.3 Hidrografía

La quebrada Chagavara tiene régimen pluvial, pues se activa con las lluvias estacionales que se producen anualmente durante el verano, esta se encarga de recolectar las aguas de varios afluentes desde las zonas más altas de la cuenca, en la trayectoria la pendiente cambia bruscamente, esto se atribuye a que pasa de una fase de valle estrecho a bordear un abanico aluvial en donde los materiales son fácilmente erosionados.

La quebrada Chagavara pasa a 100 m del centro poblado Chagavara, afectando terrenos de cultivo y la carretera Chagavara - Sitabamba.



**Foto 02: La quebrada Chagavara aumentó su cauce en el mes de marzo en un evento que movilizó gran cantidad de materiales.**



## 7. GEOMORFOLOGÍA

El relieve de la superficie terrestre es el resultado de la interacción de fuerzas endógenas y exógenas. Las primeras actúan como creadoras de las grandes elevaciones y depresiones producidas fundamentalmente por movimientos de componente vertical y las segundas, como desencadenantes de una continua denudación que tiende a rebajar el relieve originado, estos últimos llamados procesos de geodinámica externa se agrupan en la cadena meteorización-erosión, transporte y sedimentación (Gutiérrez, 2008).

El estudio de los procesos que modelan constantemente la superficie, ocurre en un sistema de proceso-respuesta, siendo el proceso el agente creador tales como el viento, el agua (lluvias o escorrentía) y la respuesta es la geoforma resultante: terrazas, cono aluvial, colinas, etc.

En este ítem se describen las características de las geoformas presentes en el centro poblado Chagavara en relación al origen y procesos que modifican el paisaje actual.

En base a la topografía adquirida y mediante herramientas computacionales (SIG y CAD) se han elaborado: El Modelo Digital del Terreno (MDT) y el mapa de pendientes, con el fin de delimitar las características topográficas del terreno, estas fueron verificadas y validadas durante el trabajo de campo a fin de cartografiar las unidades geomorfológicas que se describen a continuación, **Plano P-04**:

### 7.1 Modelo Digital del Terreno (MDT)

Es la representación digital de la superficie terrestre en tres dimensiones, permite reconocer geoformas presentes en el área de estudio; se obtuvo a partir de la base topográfica digital a escala 1: 30,000, obtenida del servidor ASTERGDEM, mejorado con la información del radar de la NASA Shuttle Topográfico Mission (SRTM), los datos SRTM tienen un error vertical del DEM de menos de 16m, mejorando la calidad en comparación con ASTERGDEM, se



ha trabajado con coordenadas geográficas lat/long, resolución espacial de 5 m con referencia al geode WGS 84/EGM96.

El MDT elaborado se presenta a escala gráfica 1:2,000, se utilizó esta escala para presentar a detalle el área evaluada que abarca aproximadamente 7 has y se presenta en formato de impresión A3, **Plano P-02.**

En el MDT elaborado se observa que las viviendas se encuentran asentadas sobre altitudes que comprenden los 3,620 a 3,700 m.s.n.m; la quebrada Chagavara presenta hasta 50 m de desnivel topográfico con respecto al C.P. afectado lo cual es un factor importante para la erosión de laderas.

## 7.2 Mapa de Pendientes

Mapa temático que mediante un sistema gráfico digital representa los diferentes grados de desnivel (inclinación de una superficie respecto a la horizontal de un territorio).

Consiste en representar mediante una gama de colores zonas del terreno con pendiente semejante, por lo tanto el objetivo de este mapa es reconocer las geoformas presentes en el terreno en base a la inclinación de las distintas unidades geomorfológicas. Se obtiene en base a la aplicación de la rutina SPATIAL ANALYST del software Arcgis, usando como archivo fuente el MDT generado anteriormente.

Las viviendas e infraestructuras del centro poblado Chagavara se encuentran asentados sobre terrenos cuyas pendientes oscilan entre 15° a 25°, **Plano P-03.**

## 7.3 Unidades Geomorfológicas

Para identificar las geoformas se ha considerado los factores como: pendiente del terreno y el agente geológico que ha intervenido en el

modelamiento de la superficie, de esta forma se han identificado 3 unidades geomorfológicas en la zona de estudio, **Plano P-04:**

### 7.3.1 Origen Tectónico Estructural

La zona de estudio se encuentra ubicada en Los Andes Centrales, específicamente en la Cordillera Oriental, la misma que ha erosionada durante millones de años por un conjunto de fuerzas externas e internas, cuya acción ha dado como resultado un territorio fuertemente accidentado caracterizado por valles transversales y longitudinales que han sido erosionados por los ríos.

Al producirse los últimos grandes levantamientos durante el Terciario, las aguas fluviales iniciaron el proceso de drenar las zonas más altas, lo que originó la erosión de los valles y de sus cuencas hidrográficas, así como el modelamiento de las Cordilleras.

#### 7.3.1.1 Montañas

Son unidades geomorfológicas que alcanzan altitudes de hasta 3,800 m.s.n.m, estas montañas son la evidencia del levantamiento andino.

Están representadas por los cerros Banderas, Ventanas y Cerro Cebollita, los cuales se encuentran rodeando el C.P. Chagavara. Esta unidad presenta gran actividad geodinámica debido a que en sus laderas se desarrollan aluviones, deslizamiento y caída de rocas, Fotos 03 y 04.



**Foto 03: Los cerros Ventanas y Banderas ubicados al Este del C.P., forman un valle estrecho desde donde desciende la quebrada Chagavara, mientras que, en el cerro Cebollitas se presentan eventos por reptación de suelos.**



**Foto 04. Vista desde el cerro Cebollitas hacia el C.P. Chagavara obsérvese el cambio de pendiente, la zona urbana se encuentra asentada sobre un gran depósito aluvial.**

### 7.3.2 Origen Fluvial

El más importante de todos los procesos geológicos que actúan sobre la superficie terrestre es el agua de escorrentía (Morisawa, 1968). Crea una gran parte del relieve, modela constantemente las geoformas donde se construyen muchas de las ciudades.



Los ríos son esencialmente agentes de erosión que implican el movimiento y transporte de los materiales.

En la zona de estudio, este tipo de modelado está conformado por agentes externos tales como los cursos de aguas principalmente regulares, la escorrentía superficial y las redes de drenaje originadas por períodos de lluvias intensas que en la zona alcanzan máximo de 1,200 mm anuales en presencia de eventos tipo “El Niño”. Las formas resultantes de estos agentes son:

20

### 7.3.2.1 Lecho Fluvial

Es el canal o cauce originado por la acción erosiva del agua y de los materiales en conjunto, este proceso se lleva a cabo durante el desarrollo de las quebradas y ríos de la zona, el proceso ha dejado evidencia de antiguos cauces y en general de las formas del drenaje fluvial, Foto 05.



**Foto 05: La quebrada Chagavara, desciende desde el cerro Ventanas con una fuerte pendiente incrementando su poder erosivo, afectando la carretera Chagavara - Sitabamba.**

### 7.3.3 Origen Depositacional

El mecanismo de transporte es principalmente el agua proveniente de intensas precipitaciones (>1,000 mm anuales) que originan flujos superficiales (escorrentía), la gradiente p pendiente de la ladera es un factor que incrementó la ocurrencia de antiguos aluviones que formaron los abanicos aluviales sobre los que se asienta el C.P. Chagavara.

Una vez ocurrido los eventos aluvionales, viene el proceso depositacional, en la zona de estudio los materiales encontrados en las calicatas están conformados por gravas, clastos y bloques angulosos.

#### 7.3.3.1 Abanico aluvial

Se formó de antiguos aluviones que descendieron de la parte alta del cerro Cebollita, posteriormente se acumularon los sedimentos en la ladera norte, que finalmente formaron un gran abanico sobre el cual se asienta el centro poblado Chagavara, Foto 06.

Los materiales están conformados por clastos y bloques angulosos de 20 a 70 cm de diámetro lo que evidencia su corto recorrido, se encuentran distribuidos y dispersos en la parte media y baja del cerro Cebollita, Foto 07.



22

**Foto 06: El aluvión se desplazó de Sur a Norte pendiente abajo en la ladera Norte del Cerro Cebollita, en la margen izquierda de la quebrada Chagavara.**



**Foto 07: En la ladera baja del cerro Cebollitas se aprecian clastos y bloques de gran tamaño que descendieron de la parte alta del cerro en mención.**

## 8. ASPECTOS GEODINÁMICOS

La geodinámica abarca el estudio de los procesos y cambios físicos que ocurren constantemente sobre la superficie de la Tierra, estas transformaciones son posibles debido a la intervención de agentes internos y externos que crean, forman, degradan y modelan la superficie terrestre. Esta rama de la geología se subdivide en:

### 8.1 GEODINÁMICA INTERNA

El territorio peruano está sometido a una constante actividad sísmica, debido a la interacción de la Placa Sudamericana y la Placa de Nazca considerada como la primera fuente sismogénica en el Perú, produciendo los eventos de mayor magnitud conocidos hasta el presente. La segunda fuente, la constituye la zona continental, cuya deformación ha dado origen a la formación de fallas de diversas longitudes con la consecuente ocurrencia de sismos de magnitudes menores (Modificado de Cahill et al, 1992; Tavera et al, 2001).

### 8.2 GEODINÁMICA EXTERNA

La geodinámica externa estudia la acción de los procesos exógenos sobre la superficie de la Tierra, donde intervienen diversos factores como las lluvias, el viento, entre otros; éstos originan la destrucción y el modelamiento del relieve.

Entre ellas, las precipitaciones pluviales son consideradas uno de los agentes con mayor incidencia en la geodinámica del territorio, pues constituyen el principal factor detonante de los movimientos en masa (MM) tales como: Reptación, deslizamientos, derrumbes y caídas de rocas; los cuales a su vez afectan la seguridad física de los centros poblados donde ocurren este tipo de eventos.

Además, la presencia de “El Niño”, ocasiona el incremento de la temperatura en la superficie del mar, provocando lluvias torrenciales con valores que sobrepasan los índices normales de precipitaciones.



A continuación se detallan y describen los eventos de geodinámica en el centro poblado Chagavara, **Plano P-05**:

### 8.2.1 Movimientos en masa (MM)

Son todos aquellos movimientos ladera abajo de una masa de roca, detritos o tierras por efectos de la gravedad (Cruden, 1991).

En la zona de estudio se han identificado tres tipos de eventos: Reptación de suelos, deslizamientos y las caídas de rocas. A continuación se describen los eventos:

#### 8.2.1.1 Reptación de Suelos

La reptación es un movimiento extremadamente lento e imperceptible, excepto para largos períodos de tiempo (Sharpe, 1938). Es el desplazamiento descendente causado por efecto de la gravedad, generalmente ocurre en laderas con presencia de material arcilloso y suelto.

Las zonas afectadas por estos eventos obedecen a factores condicionantes como son la pendiente y la geología, entre los principales, además, se ven influenciados por factores detonantes como son los períodos de lluvia, generando mecanismos de expansión y contracción alternantes en materiales arcillosos, producto de la humedad estacional en el suelo, aumentando el peso del mismo.

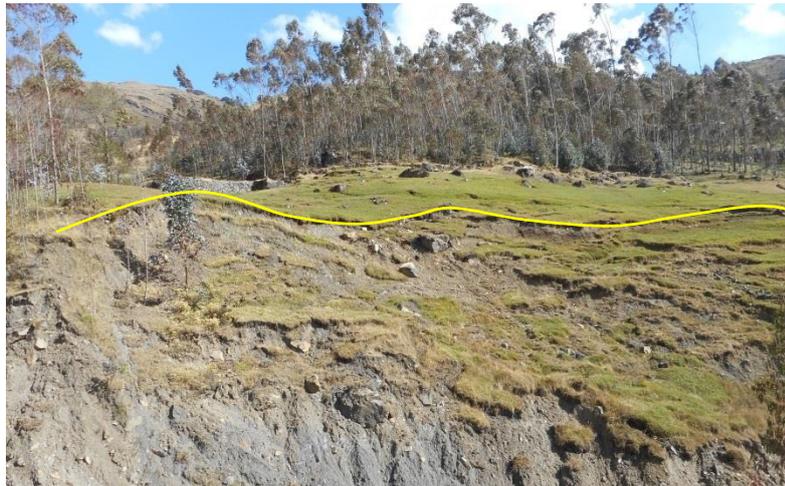
La reptación de suelos se manifiesta en las laderas con la formación de pequeñas ondulaciones a manera de terrazas o escalones, Foto 08.



Este tipo de proceso se desarrolla en la parte alta y baja de la ladera del cerro Cebollita, se han delimitado zonas de reptación y extensos agrietamientos, Foto 09.



**Foto 08: En las laderas se han encontrado zonas donde el suelo está reptando afectando principalmente terrenos de cultivo.**



**Foto 09: Parte baja de la ladera sobre la que se asienta el CP Chagavara.**

### 8.2.1.2 Caídas de rocas

Son eventos que involucran el desprendimiento de clastos y bloques de rocas que caen por efectos de la gravedad, movimientos sísmicos, entre otros. En el proceso de caída pueden aumentar o disminuir de

velocidad, los volúmenes y dimensiones de los materiales dependerá de la pendiente, el grado de intemperismo y diaclasamiento de las rocas.

Estos movimientos en masa, se observan en la ladera Norte del cerro Cebollita donde se presentan pendientes mayor a  $40^\circ$ , representan el 20% de los eventos ocurridos en el CP Chagavara, Fotos 10 y 11.



**Foto 10: El cerro Cebollita presenta pendientes sub verticales, clastos y bloques distribuidos en las laderas se movilizan principalmente debido al agua de escorrentía.**



**Foto 11: Se han cartografiado zonas donde se concentran acumulaciones de clastos angulosos muy inestables.**



### 8.2.1.3 Deslizamientos

Los deslizamientos son movimientos en masa (MM), en las que volúmenes de materiales se desprenden y se desplazan cuesta abajo, sobre un plano inclinado o sobre una superficie cóncava, la que se le considera la superficie de falla del evento.

Las superficies de fallas encontradas son cóncavas, por tanto se ha determinado que el deslizamiento es del tipo rotacional, Fotos 12 y 13.

27



**Foto 12: El evento más reciente afecto la carretera Chagavara – Sitabamba, además afecta aproximadamente el 10% de la zona representado principalmente por terrenos de cultivo.**



**Foto 13. Vista de la carretera afectada por deslizamientos.**



En la zona de estudio existen otros eventos que no se encuentran dentro de la clasificación de los movimientos en masa, sin embargo, son parte de la geodinámica superficial, así tenemos:

## 8.2.2 Procesos fluviales

Son originados por el agua que discurre por las quebradas y ríos, que se incrementa en la temporada de lluvias (800 a 1,000 mm anuales) y especialmente en presencia de eventos tipo “El Niño” (> 1,200 mm anuales).

28

### 8.2.2.1 Erosión

Es el desgaste continuo ocasionado por el flujo de agua sobre la superficie, el grado de erosión depende de lo torrentoso que sea el flujo, esta condición está ligada a fuertes lluvias, su acción es destructiva y modeladora. La erosión en el pie de la ladera permite la ocurrencia de eventos tales como la reptación de suelos y deslizamientos.

La dinámica de la erosión fluvial es cíclica dependiendo de los periodos de lluvia, afectando la carretera Chagavara – Sitabamba y zonas cultivo, Fotos 14 y 15. Así mismo se recalca que, en la zona de estudio no existen obras de mitigación tales como enrocados o muros de contención que disminuyan la acción erosiva en las laderas,.





**Foto 14: El caudal de la quebrada Chagavara se incrementa afectando el cauce de la misma, en el mes de enero del presente año ocasiono la pérdida de una parte de la carretera.**



**Foto 15: La formación de escarpas y agrietamientos ha afectado zonas de cultivo, accesos, puentes artesanales y caminos de herradura.**

## 9. GEOLOGÍA

Para la descripción de este capítulo se realizó la recopilación de la geología regional realizada por el INGEMMET (a escala regional 1:100,000) y se detalló en la geología local en base al cartografiado realizado en campo.

Se realizó un trabajo a detalle con la finalidad de describir las principales unidades litológicas aflorantes y sus características más resaltantes; datos importantes para este estudio.

### 9.1 GEOLOGÍA REGIONAL

Geológicamente gran parte de la zona estudiada está conformada por rocas principalmente sedimentarias cuyas edades comprenden desde el Jurásico Superior, Cretáceo Inferior hasta el Cuaternario Reciente.

Las formaciones sedimentarias tienen origen marino continental, es decir fueron antiguos fondos oceánicos que luego emergieron con el inicio del desarrollo andino, esta orogenia se inició en el Paleozoico Superior hace 290 millones de años.

Al final del Jurásico los Andes peruanos estuvieron caracterizados por la presencia de un alineamiento volcánico que originó una sedimentación continental. Este conjunto volcánico sedimentario fue bruscamente reemplazado por una cuenca marina subsidente, la que se le denomina Cuenca Chicama, conformada por lutitas con intercalaciones de areniscas, las cuales abarcan gran parte del área estudiada. Mientras que, en ambientes continentales marinos se formaron las rocas presentes en la Formación Chimú que regionalmente afloran cerca al centro poblado Chagavara, éstas están conformadas por areniscas con presencia de mantos de carbón antracita.

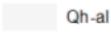
Wilson J. y otros en el año 1967, estudiaron la geología de la parte NW del cuadrángulo de Pallasca, el CP Chagavara se encuentra al extremo norte de este cuadrángulo, en el año 1995 INGEMMET

realizó la actualización por medio de la Dirección de Carta Geológica Nacional, en base a ambos estudio se citan las unidades litológicas que afloran en las inmediaciones de Chagavara.

Para describir las principales unidades geológicas, se tomó como base la información descrita por INGEMMET a escala regional 1:100,000, del Cuadrángulo de Pallasca (17h).

## 9.2 GEOLOGÍA LOCAL

En la etapa de campo, se realizó el reconocimiento y delimitación de las unidades aflorantes en el CP Chagavara, los cuales se presentan en el **Plano P-06**, además de adjuntar una sección geológica (Sección A-A'), que se presenta como parte de los anexos.

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS
CENOZOICA	CUATERNARIO	HOLOCENA	Depósitos Aluviales  Qh-al
			Depósitos Coluvio-Aluviales  Qh-co/al
			Depósitos Fluvio-Aluviales  Qh-fl/al
	NEOGENO		
	PALEOGENO		
MESOZOICA	CRETACEO	Superior	
		Inferior	Formación Chimú  Ki-chi
	JURÁSICO	Superior	Formación Chicama  Js-ch

**Figura 02: Columna crono estratigráfica de las unidades que afloran en la zona de estudio.**

### 9.2.1 Formación Chicama (Js-Ch)

Esta unidad está conformada por estratos de lutitas con intercalaciones de areniscas, contienen abundantes nódulos ferruginosos de color negro y amarillento rojizo debido a las oxidaciones presentes, Foto 16.



Las rocas que conforman la Formación Chicama son fácilmente erosionadas, así, debido a la cantidad de material limo-arcilloso favorece la ocurrencia de eventos geodinámicos como reptación de suelos, Foto 17.

Sobre esta Formación se asienta la parte urbana del centro poblado de Chagavara.



32

**Foto 16: Afloramiento de Lutitas características de la Formación Chicama, se presentan muy intemperizadas.**



**Foto 17: Estratos de arenisca intensamente diaclasada en la parte alta del cerro Cebollita pertenecientes a la Fm. Chicama, en algunos casos los clastos y bloques se desprenden pendiente abajo.**



## 9.2.2 Depósitos Cuaternarios

Son materiales de cobertura constituidos por depósitos de diferente origen, principalmente sedimentario, coluvial y aluvial.

Los depósitos están conformados por materiales provenientes de la erosión de laderas debido al agua de escorrentía, de antiguos eventos de geodinámica detonados por sismos o por intensas precipitaciones (>1,000 mm anuales). Las características de estos materiales se describen a continuación:

33

### 9.2.2.1 Depósitos aluviales (Qh-al)

Se denominan así a los materiales heterogéneos que han sido transportados y depositados por acción de los flujos de agua superficial provenientes de las partes altas de los cerros Cebollita, Bandera y Ventanas, los materiales que conforman este tipo de depósitos son gravas angulosas con intercalaciones de arenas de grano medio a grueso con limos y arcillas, Fotos 18 y 19. Estos depósitos cubren el 70% del área de estudio, además sobre estos materiales se han desarrollado diversas actividades agrícolas, Foto 20.



**Foto 18: Los aluviones han formado superficies onduladas donde se desarrollan actividades agrícolas, el riego de los cultivos sobresaatura los suelos afectando la estabilidad de estos.**





34

**Foto 19:** En la parte alta del cerro Cebollita, existen afloramientos de agua, que sobresaturan los sedimentos causando inestabilidad en la ladera.



**Foto 20:** La escorrentía superficial ha erosionado fuertemente la superficie, el suelo empieza a reptar, la escasa cobertura vegetal en algunas zonas incrementa la ocurrencia de estos eventos.

#### 9.2.2.2 Depósito coluvio-aluvial (Qh-co/al)

Está conformado por materiales angulosos a subredondeados debido a su corto recorrido, son originados por la meteorización de las rocas, la acción de la gravedad y por flujos de agua superficial



(escorrentía). El origen de este tipo de materiales se da cuando bloques y fragmentos rocosos son transportados por flujos (aluvión) depositándose en las partes bajas de las laderas de los cerros, Foto 21.



**Foto 21: Los clastos y bloques se entremezclan con una matriz arenolimososa, tienen escasa cobertura vegetal lo que facilita su erosión y la formación de cárcavas incipientes.**

### 9.2.2.3 Depósitos fluvio-aluvial (Qh-fl)

Estos materiales son transportados y depositados por la quebrada Chagavara, por lo que se encuentran distribuidos principalmente a lo largo del cauce de la misma.

Hacia el centro del cauce se pueden observar clastos y bloques de areniscas y cuarcitas blancas grisáceas provenientes del cerro Ventanas, en menor proporción se han encontrado gravas subredondeadas a redondeadas, Foto 22.

Cabe destacar que, debido a las lluvias del mes de Enero la quebrada Chagavara incrementó su caudal transportando gran cantidad gravas y clastos, uno de

estos eventos cubrió por completo la loza deportiva del C.P., ubicada en la margen derecha del cauce.

La fuerza erosiva del agua, desestabilizó la ladera del cerro Ventanas, ocasionando deslizamientos que se depositaron en el cauce, Foto 23.



36

**Foto 22: La quebrada Chagavara donde se puede observar areniscas provenientes de deslizamientos recientes aguas arriba, estos materiales le dan al cauce un aspecto blanquecino al cauce y a las llanuras de inundación adyacentes a este.**



**Foto 23: Aguas debajo de la quebrada Chagavara, la ladera de encuentra fuertemente erosionada, esto ha incrementado el proceso de reptación de suelos.**

## 10. ASPECTOS GEOTÉCNICOS

La geotecnia es la rama de la geología aplicada que se encarga del estudio de las propiedades físicas, así como el comportamiento de los suelos y rocas, mediante la aplicación de técnicas de exploración e investigación geotécnica, entre las cuales se tiene: calicatas, perforaciones, ensayos de mecánica de suelos, etc.

Los estudios de geotecnia se realizan con la finalidad de elaborar el diseño de cimentaciones para estructuras tales como: viviendas, edificios, puentes, carreteras, taludes, presas, etc. También permite identificar y solucionar problemas en suelos como: asentamientos, licuefacción, expansividad y agresividad, entre otros.

Se hace mención que, en el C.P. Chagavara se llevó a cabo el estudio geotécnico que consistió en la elaboración de calicatas y ensayos de penetración ligera (DPL). Asimismo, de las calicatas se extrajeron muestras de suelo con el fin de realizar ensayos geotécnicos como: granulometría, plasticidad, corte directo y el cálculo de la capacidad portante de los suelos, a continuación se detallan los mismos:

### 10.1 Exploraciones a cielo abierto (Calicatas, Norma ASTM D420)

Es una de las técnicas de prospección empleadas para facilitar el reconocimiento geotécnico de un suelo. Son excavaciones de profundidad superficial (hasta 3 m aproximadamente), realizadas con maquinaria (retroexcavadora). En la zona urbana de Chagavara se ejecutaron un total de 03 calicatas.

#### 10.1.1 Principio

Las calicatas son empleadas en los trabajos de ingeniería geotécnica y otros campos afines, permiten la inspección directa del subsuelo que se desea estudiar.

#### 10.1.2 Instrumentos

- 01 Pala



- 01 flexómetro o wincha
- 01 GPS portátil
- 01 cámara digital
- Bolsas de muestreo

### 10.1.3 Procedimiento

El procedimiento de campo incluyó las siguientes actividades:

- Reconocimiento de la zona de estudio: Se realizó un análisis visual de las características del terreno, evaluando la accesibilidad y lugares apropiados donde ubicar los ensayos prospectados.
- Excavaciones: Estas tuvieron las siguientes dimensiones: 1.5 x 1.5 m y aproximadamente 3 m de profundidad.
- Logeo: Proceso de extracción de la muestra del subsuelo y la descripción de las características físicas que presenta el corte estratigráfico.

### 10.1.4 Descripción de calicatas

Una vez terminada la excavación de la calicata, se procede a logear y describir el perfil litológico del subsuelo, para ello se han elaborado 03 fichas de descripción de calicatas, las mismas que se adjuntan en el Anexo de geotecnia. Las excavaciones se localizan en las siguientes coordenadas UTM, Cuadro 01, **Plano P-07**.

CALICATA	UTM ESTE (m)	UTM NORTE (m)	ELEVACIÓN (m.s.n.m)	PROFUNDIDAD (m)
CCHA-01	193070	9111401	3650	1.50
CCHA-02	193301	9111323	3646	1.10
CCHA-03	193281	9111481	3618	1.00

**Cuadro 01: Ubicación de calicatas.**

Cabe destacar que, las profundidades promedio están entre 1.00 y 1.50, no fue posible profundizar debido a la presencia de clastos y bloques de hasta 8" y materiales arcillosos muy compactos (en estado seco).

## 10.2 Ensayo de penetración dinámica ligera (DPL, Norma DIN4094)

Es un equipo de campo de registro continuo (se contabiliza el número de golpes para penetrar un tramo de varillaje a lo largo de todo el ensayo), permite estimar la resistencia del material (suelo) al hincado del cono dinámico. La ventaja del equipo es que es un equipo muy práctico y se puede transportar fácilmente. Se hace mención que, esta exploración solo es aplicable en terrenos arenosos, arcillosos y limos arenosos, siendo más bien de ninguna forma utilizables en gravas, fragmentos gruesos, conglomerados y terrenos rocosos.

39

### 10.2.1 Principio

Consiste en introducir al suelo una varilla de acero en la que se encuentra un cono metálico de penetración de 60° de punta, mediante la aplicación de golpes de un martillo de 10 kg, este se deja caer desde una altura de 50 cm. Como medida de la resistencia a la penetración se registra el número N° (número de golpes por cada 10 cm de penetración), ha sido correlacionado con algunas propiedades relativas al suelo, particularmente con sus parámetros de resistencia al corte, capacidad portante, densidad relativa, etc. A través de fórmulas empíricas donde se introduce el "N" y se obtiene el ángulo de fricción interna de los distintos materiales.

Los ensayos de DPL han sido ubicados al costado de las calicatas con la finalidad de conocer la resistencia de los distintos estratos al corte.



### 10.2.2 Equipos y materiales

El equipo de DPL cuenta con los siguientes accesorios, Figura 03:

- Cono Dinámico: Pieza metálica cilíndrica de dimensiones estandarizadas, está en contacto directo con el suelo y se utiliza para medir la resistencia del suelo.
- Martillo o Martinete: Pieza cilíndrica utilizada para generar la energía mecánica requerida para la hincada del cono.
- Cabeza de golpeo o Yunque: Pieza que recibe el impacto del martillo cuando es utilizado y cuyo objetivo es transmitir la energía producida hacia la punta del cono dinámico.
- Varillaje: Barras metálicas las cuales transmiten la energía producida por el martillo hacia el cono. Las barras se conectan desde el yunque hacia el cono cilíndrico, poseen una longitud de un metro y líneas de referencia cada diez centímetros. Esto con el objeto de facilitar el registro de datos.
- Placa base: Placa metálica que permite dar soporte a los componentes del equipo. Esto permite que los componentes se encuentren de manera vertical. La placa base permite la extracción de las barras de traspaso de carga luego de finalizado el sondaje.
- Barra guía: Pieza unida al yunque que permite dar la altura de caída requerida por el martillo y a su vez guía en su caída libre hacia el yunque.

Adicionalmente se usó dos llaves francesas, guantes y tapones de seguridad.



**Figura 03. Equipos y accesorios que conforman el DPL.**

### 10.2.3 Procedimiento

El procedimiento de campo incluyó las siguientes actividades:

- Ubicación de ensayos: Se ubicaron al costado de las calcatas.
- Ensamble de equipo: Consiste en conectar los accesorios del equipo, la punta cónica va al final de la varilla de penetración, esta se une a la varilla que contiene el yunque, posteriormente se ajustan las uniones y finalmente se empieza a penetrar el suelo con la caída libre del martillo (acción de la gravedad).
- Proceso de toma de datos: Se debe registrar el número de golpes por cada 10 cm que la varilla penetra el suelo; se sigue este procedimiento hasta que el suelo ofrezca resistencia (no exceder los 45 golpes de acuerdo a norma técnica).
- En el Cuadro 02, se indica la ubicación de los ensayos de penetración ligera (DPL) realizados en las inmediaciones de la zona urbana de Chagavara y la profundidad alcanzada.

Las fichas de los ensayos se adjuntan en los anexos de geotecnia, Cuadro 02.

DPL	UBICACIÓN			PROFUNDIDAD (m)
	UTM Este (m)	UTM Norte (m)	ELEVACIÓN (m.n.s.m)	
DPL-01	193116	9111432	3640	2.60
DPL-02	193265	9111316	3640	3.84
DPL-03	193112	9111298	3670	2.73
DPL-04	193141	9111532	3615	0.92
DPL-05	192994	9111578	3645	3.33

**Cuadro 02: Datos de ubicación y profundidad de los ensayos de penetración dinámica ligera.**

Los ensayos de DPL han alcanzado una profundidad máxima de 3.84 m y mínima de 0.92 m, en la mayoría de los ensayos se han encontrado resistencia mínima a la penetración lo que confirma la existencia de suelos arcillosos y saturados, presentan ángulos de fricción promedio de 26° y 30°, característico de suelos blandos. Los datos obtenidos de los ensayos se presentan en fichas de DPL, las mismas que se adjuntan en los anexos de geotecnia.

### 10.3 Ensayo de corte directo (Norma ASTM D3080)

La finalidad de este ensayo es determinar la resistencia al esfuerzo corte de una muestra de suelo, sometida a fatigas y/o deformaciones (esfuerzos verticales y horizontales) que simulen la que existe o existiría en el terreno producto de la aplicación de una carga. Esta resistencia a la cortante en el suelo se debe a dos componentes: la cohesión (relacionado comportamiento plástico que presentan las partículas finas de una muestra) y el ángulo de fricción interna que hace se refiere al rozamiento que existe en las partículas granulares. Para conocer esta resistencia en laboratorio se usa el aparato de corte directo, siendo el más típico una caja de sección cuadrada o

circular dividida horizontalmente en dos mitades. Dentro de ella se coloca la muestra de suelo con piedras porosas en ambos extremos, se aplica una carga vertical de confinamiento ( $P_v$ ) y luego una carga horizontal ( $P_h$ ) creciente que origina el desplazamiento de la mitad móvil de la caja originando el corte de la muestra.

De las muestras extraídas de campo se enviaron al laboratorio de la UNALM las muestras de las 03 calicatas, cuyos resultados se adjuntan en el Cuadro 03.

MUESTRA	Ángulo de fricción interna del suelo (°)	Cohesión aparente del suelo ( $\text{Kg/cm}^2$ )	Densidad húmeda ( $\text{tn/m}^3$ )	Densidad seca ( $\text{tn/m}^3$ )	Humedad %
CCHA-01**	17 – 22.5	0 – 0.05	-	-	-
CCHA-02*	21.85	0.0232	1.78	1.26	41.43
CCHA-03**	17 – 22.5	0 – 0.05	-	-	-

**Cuadro 03: Valores obtenidos del ensayo de corte directo. Fuente GECONSAC, 2015.**

\* **Resultados obtenidos en laboratorio.**

\*\* **Valores estándares aproximados.**

Los resultados obtenidos muestran que los suelos de la zona urbana de Chagavara no presentan cohesión, mientras que los ángulos de fricción interna no superan los  $22^\circ$ , característico de suelos finos como las arcillas y los limos.

#### 10.4 Capacidad de carga admisible

De los ensayos de corte directo se usan los datos: ángulo de fricción y la cohesión, a los cuales se les calcula con la ayuda de fórmulas empíricas la capacidad de carga última de los suelos (mayor presión unitaria que el suelo puede resistir sin llegar al estado plástico). En base a esta última se obtiene la capacidad de carga admisible que resulta al ser multiplicado por un factor de seguridad, cuyo valor es de



1/3, de acuerdo a la norma técnica peruana para el diseño de cimentaciones.

Se hace mención que, los resultados de capacidad de carga de los 03 sitios analizados se presentan en el Cuadro 04.

Además, los suelos en el centro poblado Pijobamaba fueron calculados para una profundidad de cimentación de 1.20 m y ancho mínimo de cimentación de 1.00 m y que presentan valores de capacidad alta a muy alta a la resistencia al corte según la Tabla 01.

MUESTRA	Capacidad de carga última (Tn/m <sup>2</sup> )	Capacidad de carga admisible (Kg/cm <sup>2</sup> )
CCHA-01	33.12	1.22
CCHA-02	33.42	1.12
CCHA-03	33.02	1.11

**Cuadro 04: Capacidad portante de las tres (03) muestras extraídas en la zona urbana de Chagavara, Fuente GECONSAC, 2015.**

Capacidad de Carga Admisible Kg/cm <sup>2</sup>	DENOMINACIÓN
<1.0	Muy Baja
1.0 – 2.0	Baja
2.0 – 3.0	Media
>3.0	Alta

**Tabla 01: Rango de capacidad Portante.**

De los resultados obtenidos en el Cuadro 04 y tomando en cuenta la Tabla 01, se puede determinar que, gran parte del área urbana de Chagavara se asienta sobre suelos con capacidad portante baja (<1 Kg/cm<sup>2</sup>). Esta zonificación se muestra en el **Plano P-08**.

## 10.5 Tipos de suelos en el centro poblado de Chagavara

Este ítem se describe en base a la información geotécnica recopilada de las calicatas y posteos realizados en Chagavara. Los resultados obtenidos de los ensayos granulométricos han sido proporcionado por el laboratorio "GECONSAC" de la ciudad Trujillo y complementados con la inspección visual del terreno.

De esta manera se han identificado los siguientes tipos de suelos, los mismos que se han agrupado haciendo uso del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), **Plano P-08**:

45

### - Suelos tipo CL

Estos suelos están conformados por arcillas inorgánicas de plasticidad media, el contenido de humedad supera el 40% es decir son suelos que se encuentran altamente saturados, su permeabilidad es de media a baja, se les consideran como suelos blandos, la capacidad de carga admisible es menor a 1.00 Kg/cm<sup>2</sup>, los materiales finos sobrepasan el 70% en promedio, mientras que los granulares como las arenas no superan el 15%. Las arcillas ocupan el 70 % de los suelos del centro poblado Chagavara, han sido identificados en las 03 calicatas distribuidas en la zona urbana. Como dato adicional se puede destacar que: el límite líquido no sobrepasa el 35% mientras que, el límite plástico llega a 15% en promedio y el índice de plasticidad es de 25% aproximadamente.

### - Suelos tipo SM

Están conformados por arenas limosas con presencia de gravas y clastos angulosos de hasta 4" de diámetro, el contenido de humedad no supera el 20%, por lo que se consideran materiales con permeabilidad media, se presentan inconsolidados o sueltos.

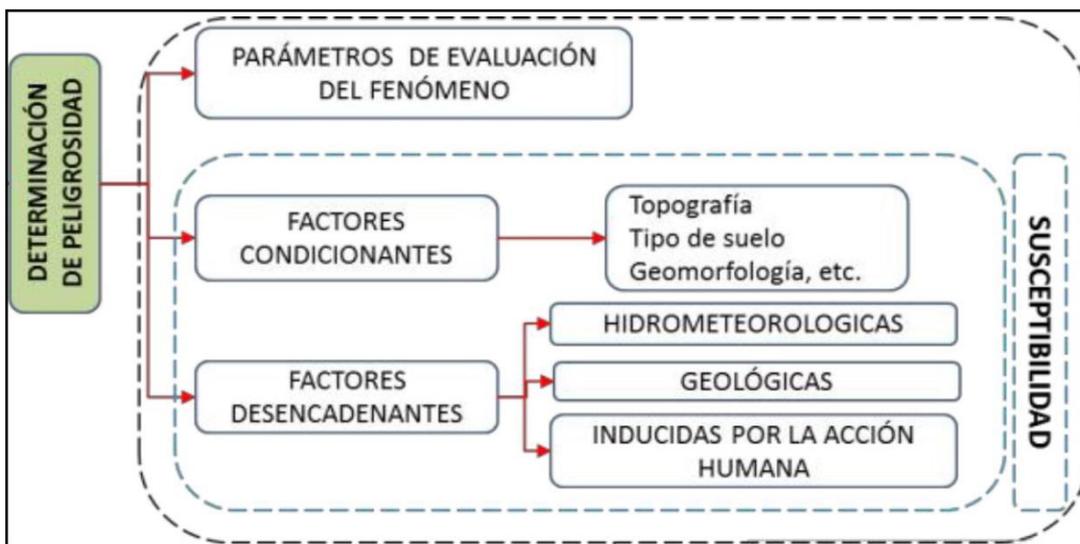


Mediante observación directa y medidas insitu están entre los 0.00 m y 0.40 m de profundidad.

## 11. ESTIMACIÓN DE LA PELIGROSIDAD A FENÓMENOS NATURALES EN EL CENTRO POBLADO CHAGAVARA

Esta se hace en función del inventario de eventos geodinámicos y el análisis de la susceptibilidad a la ocurrencia de éstos, en un área geográfica determinada, Figura 04.

El inventario de eventos (peligros) y la susceptibilidad del área se estiman de manera cuantitativa. Es así que en este ítem se realiza la estimación de la peligrosidad principalmente a reptación de suelos, caída de rocas y deslizamientos en el poblado de Chagavara.



**Figura 04. Esquema para la determinación de la peligrosidad.**

### 11.1 Reptación de suelos

Forma parte de los movimientos en masa, se caracterizan por ser lentos e imperceptibles para su evaluación se consideran factores como: textura del suelo, pendiente, erosión y velocidad de desplazamiento.



### 11.1.1 Parámetros de evaluación de la Reptación de Suelos

Se consideran los siguientes parámetros:

PARÁMETRO		TEXTURA DEL SUELO	PESO PONDERADO: 0.548	
DESCRIPTORES	TX1	Fina: suelos arcillosos (arcilloso, arenoso, arcilloso limoso, arcilloso).	PTX1	0.503
	TX2	Moderadamente Fina: suelos francos (franco arcilloso, franco limoso arcillosos y/o franco limoso arcilloso).	PTX2	0.260
	TX3	Mediana: suelos francos (franco, franco limoso y/o limoso).	PTX3	0.134
	TX4	Moderadamente Gruesa: suelos francos (franco arenoso).	PTX4	0.068
	TX5	Guersa: suelos (arenosos, franco arenoso).	PTX5	0.035

**Tabla 02: Textura del suelo, Fuente: CENEPRED.**

PARÁMETRO		PENDIENTE	PESO PONDERADO: 0.306	
DESCRIPTORES	PN1	30° a 45°	PPN1	0.503
	PN2	25° a 45°	PPN2	0.260
	PN3	20° a 30°	PPN3	0.134
	PN4	10° a 20°	PPN4	0.068
	PN5	Menor a 5°	PPN5	0.035

**Tabla 03: Pendiente, Fuente: CENEPRED.**

PARÁMETRO		EROSIÓN	PESO PONDERADO: 0.101	
DESCRIPTORES	E1	Zonas muy inestables. Laderas con zonas de falla, masas de rocas intensamente meteorizadas y/o alteradas; saturadas y muy fracturadas y depósitos superficiales consolidados y zonas con intensa erosión (cárcavas).	PE1	0.503
	E2	Zonas inestables, macizos rocosos con meteorización y/o alteración intensa a moderada, muy fracturadas; depósitos superficiales inconsolidados, materiales parcialmente a muy saturados, zonas de intensa erosión.	PE2	0.260
	E3	Zonas de estabilidad marginal, laderas con erosión intensa o materiales parcialmente saturados, moderadamente meteorizados.	PE3	0.134
	E4	Laderas con materiales poco fracturados, moderada a poca meteorización, parcialmente erosionadas, no saturados.	PE4	0.068
	E5	Laderas con substrato rocoso no meteorizado. Se pueden presentar inestabilidades en las laderas adyacentes a los ríos y quebradas, por socavamientos y erosión.	PE5	0.035

**Tabla 04: Erosión, Fuente: CENEPRED.**

PARÁMETRO		VELOCIDAD DEL DESPLAZAMIENTO	PESO PONDERADO: 0.045	
DESCRIPTORES	VD1	Extremadamente rápido ( $v = 5$ m/s).	PVD1	0.503
	VD2	Muy rápido ( $v = 0.5$ m/s).	PVD2	0.260
	VD3	Rápido ( $v = 0.0033$ m/s).	PVD3	0.134
	VD4	Moderada ( $v = 3.0093 \times 10^{-4}$ m/s).	PVD4	0.068
	VD5	Lenta a extremadamente lenta ( $v = 5.144 \times 10^{-8}$ m/año a $5.144 \times 10^{-10}$ m/año).	PVD5	0.035

**Tabla 05: Velocidad del desplazamiento, Fuente: CENEPRED.**

A continuación en el Tabla 06 se cita el resultado de la evaluación del evento por reptación de suelos, cuyo valor es de 0.132.

FENÓMENO: REPTACION DE SUELOS								
Textura del suelo		Pendiente		Erosión		Velocidad del desplazamiento		Valor
Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	
0.548	0.503	0.306	0.260	0.101	0.260	0.045	0.035	0.383

## Tabla 06: Evaluación del evento de reptación

### 11.1.2 Estimación de la susceptibilidad a reptación de suelos

La susceptibilidad está referida a la mayor o menor posibilidad de ocurrencia de un evento sobre determinada área, lo cual está ligado a los factores condicionantes.

Para ello se deben evaluar tanto los factores condicionantes y detonantes para caracterizar la susceptibilidad:

$$\sum_{i=1}^n \text{Factor}_i \times \text{Descriptor}_i = \text{Valor}$$

#### Factores Condicionantes

PARÁMETRO		RELIEVE	PESO PONDERADO: 0.145	
DESCRIPTORES	Y1	Abrupto y escarpado, rocoso; cubierto en grandes sectores por nieve y glaciares.	PY1	0.503
	Y2	El relieve de esta región es diverso conformado en su mayor parte por mesetas andinas y abundantes lagunas, alimentadas con los deshielos, en cuya amplitud se localizan numerosos lagos y lagunas.	PY2	0.260
	Y3	Relieve rocoso, escarpado y empinado. El ámbito geográfico se identifica sobre ambos flancos andinos.	PY3	0.134
	Y4	Relieve muy accidentado con valles estrechos y quebradas profundas, numerosas estribaciones andinas. Zona de huaycos. Generalmente montañoso y complejo.	PY4	0.068
	Y5	Generalmente plano y ondulado, con partes montañosas en la parte sur. Presenta pampas, dunas, tablazos, valles; zona eminentemente árida y desértica.	PY5	0.035

**Tabla 07: Relieve del Terreno, Fuente: CENEPRED.**

PARÁMETRO		TIPO DE SUELOS	PESO PONDERADO: 0.515	
DESCRIPTORES	Y6	Rellenos sanitarios.	PY6	0.503
	Y7	Arena Eólica y/o limo (con agua).	PY7	0.260
	Y8	Arena Eólica y/o limo (sin agua).	PY8	0.134
	Y9	Suelos granulares finos y suelos arcillosos sobre grava aluvial o	PY9	0.068
	Y10	Afloramientos rocosos y estratos de grava.	PY10	0.035

**Tabla 08: Tipos de suelos, Fuente: CENEPRED.**

PARÁMETRO		COBERTURA VEGETAL	PESO PONDERADO: 0.058	
DESCRIPTORES	Y11	70 - 100 %	PY11	0.503
	Y12	40 - 70 %	PY12	0.260
	Y13	20 - 40 %	PY13	0.134
	Y14	5 - 20 %	PY14	0.068
	Y15	0 - 5 %	PY15	0.035

**Tabla 09: Cobertura Vegetal, Fuente: CENEPRED.**

PARÁMETRO	USO ACTUAL DE SUELOS		PESO PONDERADO: 0.282	
DESCRIPTORES	Y16	Áreas urbanas, intercomunicadas mediante sistemas de redes que sirve para su normal funcionamiento.	PY16	0.503
	Y17	Terrenos cultivados permanentes como frutales, cultivos diversos como productos alimenticios, industriales, de exportación, etc. Zonas cultivables que se encuentran en descanso como los barbechos que se encuentran improductivas por periodos determinados.	PY17	0.260
	Y18	Plantaciones forestales, establecimientos de árboles que conforman una masa boscosa para cumplir objetivos como plantaciones productivas, fuente energética, protección de espejos de agua, corrección de problemas de erosión, etc.	PY18	0.134
	Y19	Pastos naturales, extensiones muy amplias que cubren laderas de los cerros, áreas utilizables para cierto tipo de ganado, su vigorosidad es dependiente del periodo del año y asociada a la presencia de lluvias.	PY19	0.068
	Y20	Sin uso/improductivos, no pueden ser aprovechadas para ningún tipo de actividad.	PY20	0.035

**Tabla 10: Uso actual de suelos, Fuente: CENEPRED.**

El valor de los factores condicionantes evaluados se cita en la Tabla 11.

FACTORES CONDICIONANTES								
Tipo de relieve		Tipo de suelo		Cobertura vegetal		Uso actual de suelos		Valor
Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	
0.145	0.134	0.515	0.068	0.058	0.260	0.282	0.134	0.107

**Tabla 11: Valor resultante de la evaluación de los factores condicionantes**

### Factores Detonantes

PARÁMETRO	HIDROMETEREOLÓGICOS		PESO PONDERADO: 0.106	
DESCRIPTORES	SH1	Lluvias.	PSH1	0.503
	SH2	Temperatura.	PSH2	0.260
	SH3	Viento.	PSH3	0.134
	SH4	Humedad del aire.	PSH4	0.068
	SH5	Brillo solar.	PSH5	0.035

**Tabla 12: Hidrometeorológicos, Fuente: CENEPRED.**

PARÁMETRO	GEOLÓGICO		PESO PONDERADO: 0.260	
DESCRIPTORES	SG1	Colisión de placas tectónicas.	PSG1	0.503
	SG2	Zona de actividad volcánica.	PSG2	0.260
	SG3	Fallas geológicas.	PSG3	0.134
	SG4	Movimiento de masas.	PSG4	0.068
	SG5	Desprendimiento de grandes bloques (rocas, hielo, etc.).	PSG5	0.035

**Tabla 13: Geológicos, Fuente: CENEPRED.**

PARÁMETRO	INDUCIDO POR LA ACCIÓN HUMANA		PESO PONDERADO: 0.633	
DESCRIPTORES	SI1	Actividades económicas.	PSI1	0.503
	SI2	Sobre explotación de recursos naturales.	PSI2	0.260
	SI3	Infraestructura.	PSI3	0.134
	SI4	Asentamientos humanos.	PSI4	0.068
	SI5	Crecimiento demográfico.	PSI5	0.035

**Tabla 14: Inducidos por la acción del hombre, Fuente: CENEPRED.**

El valor de los factores desencadenantes evaluados se cita en el siguiente cuadro.

FACTORES DESENCADENANTES O DETONANTES						
Hidrometeorológicos		Geológico		Inducidos por la acción humana		Valor
Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	
0.106	0.503	0.260	0.068	0.633	0.134	<b>0.156</b>

**Tabla 15: Valor resultante de la evaluación de los factores detonantes, Fuente: CENEPRED.**

La susceptibilidad estimada se cita en el siguiente cuadro.

SUSCEPTIBILIDAD				
FACT. CONDICIONANTES		FACT. DETONANTES		Valor
Valor	Peso	Valor	Peso	
0.107	0.50	0.156	0.50	<b>0.132</b>

**Tabla 16: Susceptibilidad estimada en las inmediaciones del área de estudio, Fuente: Propia.**

Este valor según el siguiente Cuadro 05, califica como SUSCEPTIBILIDAD MEDIA.

Nivel	Rango
<b>Alto</b>	0.260 – 0.503
<b>Medio</b>	0.068 – 0.260
<b>Bajo</b>	0.035 - 0.068

**Cuadro 05: Rango establecido para determinar el nivel de susceptibilidad, elaborada en base a los niveles de peligrosidad establecidos por CENEPRED, 2013.**



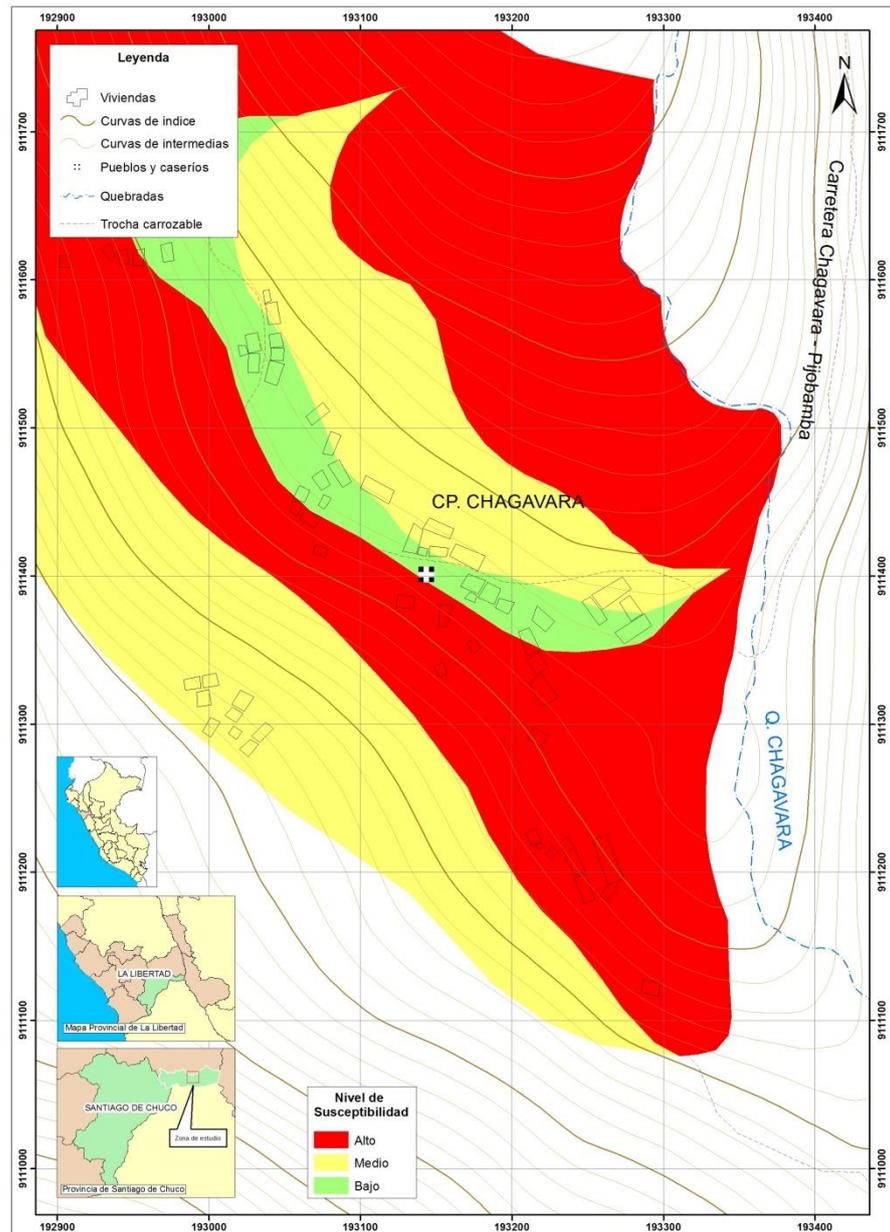
### 11.1.2.1 Zonificación de la susceptibilidad a reptación de suelos

Las zonas que se presentan Susceptibilidad Alta, abarcan el 40 % se localizan al Este del C.P. de Chagarava, así como, en la parte Oeste sobre las que se asienta el 30 % del área urbana.

El otro 40 % del área de estudio presenta Susceptibilidad Media, sobre estas se asienta el 25 % del área urbana.

Finalmente, las zonas de Susceptibilidad Baja, abarcan el 20 % y sobre las cuales se asienta el 45 % del área urbana, Figura 05.





**Figura 05: Zonas susceptibles a reptación de suelos.**

### 11.1.3 Estimación de la peligrosidad por reptación de suelos

Esta se realiza de la misma forma que los eventos anteriores, primero se evaluó el fenómeno y luego la susceptibilidad, sin embargo se debe tener en cuenta que, la susceptibilidad antes estimada es igual para todos los eventos. Por lo cual, se procedió a calcular la peligrosidad en la Tabla 17, **Plano P-09**.



ESTIMACIÓN DE LA PELIGROSIDAD				
EVENTO O FENÓMENO		SUSCEPTIBILIDAD		
Valor	Peso	Valor	Peso	Valor
0.383	0.50	0.132	0.50	0.257

**Tabla 17: Estimación de la peligrosidad por eventos geodinámicos de reptación.**

El valor estimado de peligrosidad por reptación es de 0.257, característico de sectores con peligro ALTO para mejor detalle se anexa en el Cuadro 06, donde se clasifica el grado de peligrosidad, de acuerdo al valor obtenido.

NIVEL	DESCRIPCIÓN	RANGO
<b>PELIGRO MUY ALTO</b>	Relieve abrupto y escarpado, rocoso; cubierto en grandes sectores por nieve y glaciares. Tipo de suelo de rellenos sanitarios. Falta de cobertura vegetal 70 - 100 %. Uso actual de suelo Áreas urbanas, intercomunicadas mediante sistemas de redes que sirve para su normal funcionamiento. Tsunami: Grado = 4, magnitud del sismo mayor a 7, Intensidad desastroso. Vulcanismo: piroclastos mayor o igual a 1,000,000,000 m <sup>3</sup> , alcance mayor a 1000m, IEV mayor a 4. Descenso de Temperatura: Menor a -6°C, altitud 4800 - 6746msnm, nubosidad N = 0. El cielo estará despejado. Inundación: precipitaciones anómalas positivas mayor a 300%, cercanía a la fuente de agua Menor a 20m, intensidad media en una hora (mm/h) Torrenciales: mayor a 60. Sequia: severa, precipitaciones anómalas negativas mayor a 300%. Sismo: Mayor a 8.0: Grandes terremotos, intensidad XI y XII. Pendiente 30° a 45°, Zonas muy inestables. Laderas con zonas de falla, masas de rocas intensamente meteorizadas y/o alteradas; saturadas y muy fracturadas y depósitos superficiales inconsolidados y zonas con intensa erosión (cárcavas).	0.260 ≤ R < 0.503
<b>PELIGRO ALTO</b>	El relieve de esta región es diverso conformado en su mayor parte por mesetas andinas y abundantes lagunas, alimentadas con los deshielos, en cuya amplitud se localizan numerosos lagos y lagunas. Tipo de suelo arena Eólica y/o limo (con y sin agua). Falta de cobertura vegetal 40 - 70 %. Uso actual de suelo. Terrenos cultivados permanentes como frutales, cultivos diversos como productos alimenticios, industriales, de exportación, etc. Zonas cultivables que se encuentran en descanso como los barbechos que se encuentran improductivas por periodos determinados. Tsunami: Grado = 3, magnitud del sismo 7, Intensidad muy grande. Vulcanismo: piroclastos 100,000,000 m <sup>3</sup> , alcance entre 500 a 1000m, IEV igual a 3. Descenso de Temperatura: - 6 y -3°C, altitud 4000 - 4800msnm, nubosidad N es mayor o igual que 1/8 y menor o igual que 3/8, el cielo estará poco nuboso. Inundación: precipitaciones anómalas positivas 100% a 300%, cercanía a la fuente de agua Entre 20 y 100m, intensidad media en una hora (mm/h) Muy fuertes: Mayor a 30 y Menor o igual a 60. Sequia: moderada, precipitaciones anómalas negativas 100% a 300%. Sismo: 6.0 a 7.9: sismo mayor, intensidad IX y X. Pendiente 25° a 45°. Zonas inestables, macizos rocosos con meteorización y/o alteración intensa a moderada, muy fracturadas; depósitos superficiales inconsolidados, materiales parcialmente a muy saturados, zonas de intensa erosión.	0.134 ≤ R < 0.260
<b>PELIGRO MEDIO</b>	Relieve rocoso, escarpado y empinado. El ámbito geográfico se identifica sobre ambos flancos andinos. Tipo de suelo granulares finos y suelos arcillosos sobre grava aluvial o coluvial. Falta de cobertura vegetal 20 - 40 %. Uso actual de suelo Plantaciones forestales, establecimientos de árboles que conforman una masa boscosa, para cumplir objetivos como plantaciones productivas, fuente energética, protección de espejos de agua, corrección de problemas de erosión, etc. Tsunami: Grado = 2, magnitud del sismo 6.5, Intensidad grandes. Vulcanismo: piroclastos 10,000,000 m <sup>3</sup> , alcance entre 100 a 500m, IEV igual a 2. Descenso de Temperatura: -3°C a 0°C, altitud 500 - 4000msnm, nubosidad N es mayor o igual que 4/8 y menor o igual que 5/8, el cielo estará nuboso. Inundación: precipitaciones anómalas positivas 50% a 100%, cercanía a la fuente de agua Entre 100 y 500m, intensidad media en una hora (mm/h) Fuertes: Mayor a 15 y Menor o igual a 30. Sequia: ligera, precipitaciones anómalas negativas 50% a 100%. Sismo: 4.5 a 5.9: Puede causar daños menores en la localidad, intensidad VI, VII y VIII. Pendiente 20° a 30°, Zonas de estabilidad marginal, laderas con erosión intensa o materiales parcialmente saturados, moderadamente meteorizados	0.068 ≤ R < 0.134
<b>PELIGRO BAJO</b>	Generalmente plano y ondulado, con partes montañosas en la parte sur. Presenta pampas, dunas, tablazos, valles; zona eminentemente árida y desértica. Tipo de suelo afloramientos rocosos y estratos de grava. Falta de cobertura vegetal 0 - 20 %. Uso actual de suelo Pastos naturales, extensiones muy amplias que cubren laderas de los cerros, áreas utilizables para cierto tipo de ganado, su vigorosidad es dependiente del	0.035 ≤ R < 0.068

**Cuadro 06: La descripción del peligro se divide en cuatro niveles: bajo, medio, alto, muy alto. El área de estudio presenta peligro alto a muy alto. Fuente CENEPRED.**



Una vez conocidos los valores de la peligrosidad se ha podido determinar que, el centro poblado Chagavara presenta peligrosidad por reptación de suelos alta, **Plano P-09**.

### 11.1.3.1 Zonificación de la peligrosidad por reptación de suelos

El área evaluado abarca 38 has, de las cuales se encuentran en **Peligro Alto** el 32 % del área de estudio, en estas se asienta el 10% de las zona urbana del centro poblado de Chagavara.

Las zonas que presentan **Peligro Medio**, abarcan 47 has y sobre las cuales se asienta el 80% del área urbana.

Finalmente, el 21 % del área en estudio, presentan **Peligro Bajo**, en estas se asienta el 10 % de la zona urbana del centro poblado en mención.

## 11.2 Caída de rocas

Son eventos que involucran el desprendimiento de clastos y bloques de rocas que caen por efectos de la gravedad, movimientos sísmicos, entre otros.

### 11.2.1 Parámetros de evaluación de caída de rocas

Se consideran los siguientes parámetros:

PARÁMETRO	TEXTURA DEL SUELO	PESO PONDERADO: 0.548
DESCRIPTORES	TX1 Fina: suelos arcillosos (arcilloso, arenoso, arcilloso limoso, arcilloso).	PTX1 0.503
	TX2 Moderadamente Fina: suelos francos (franco arcilloso, franco limoso arcillosos y/o franco limoso arcilloso).	PTX2 0.260
	TX3 Mediana: suelos francos (franco, franco limoso y/o limoso).	PTX3 0.134
	TX4 Moderadamente Gruesa: suelos francos (franco arenoso).	PTX4 0.068
	TX5 Guersa: suelos (arenosos, franco arenoso).	PTX5 0.035

**Tabla 18: Textura del suelo, Fuente: CENEPRED.**



PARÁMETRO		PENDIENTE		PESO PONDERADO: 0.306	
DESCRIPTORES	PN1	30° a 45°		PPN1	0.503
	PN2	25° a 45°		PPN2	0.260
	PN3	20° a 30°		PPN3	0.134
	PN4	10° a 20°		PPN4	0.068
	PN5	Menor a 5°		PPN5	0.035

**Tabla 19: Pendiente, Fuente: CENEPRED.**

PARÁMETRO		EROSIÓN		PESO PONDERADO: 0.101	
DESCRIPTORES	E1	Zonas muy inestables. Laderas con zonas de falla, masas de rocas intensamente meteorizadas y/o alteradas; saturadas y muy fracturadas y depósitos superficiales consolidados y zonas con intensa erosión (cárcavas).		PE1	0.503
	E2	Zonas inestables, macizos rocosos con meteorización y/o alteración intensa a moderada, muy fracturadas; depósitos superficiales inconsolidados, materiales parcialmente a muy saturados, zonas de intensa erosión.		PE2	0.260
	E3	Zonas de estabilidad marginal, laderas con erosión intensa o materiales parcialmente saturados, moderadamente meteorizados.		PE3	0.134
	E4	Laderas con materiales poco fracturados, moderada a poca meteorización, parcialmente erosionadas, no saturados.		PE4	0.068
	E5	Laderas con substrato rocoso no meteorizado. Se pueden presentar inestabilidades en las laderas adyacentes a los ríos y quebradas, por socavamientos y erosión.		PE5	0.035

**Tabla 20: Erosión, Fuente: CENEPRED.**

PARÁMETRO		VELOCIDAD DEL DESPLAZAMIENTO		PESO PONDERADO: 0.045	
DESCRIPTORES	VD1	Extremadamente rápido ( $v = 5$ m/s).		PVD1	0.503
	VD2	Muy rápido ( $v = 0.5$ m/s).		PVD2	0.260
	VD3	Rápido ( $v = 0.0033$ m/s).		PVD3	0.134
	VD4	Moderada ( $v = 3.0093 \times 10^{-4}$ m/s).		PVD4	0.068
	VD5	Lenta a extremadamente lenta ( $v = 5.144 \times 10^{-8}$ m/año a $5.144 \times 10^{-10}$ m/año).		PVD5	0.035

**Tabla 21: Velocidad del desplazamiento, Fuente: CENEPRED.**

A continuación en la Tabla 22 se cita el resultado de la evaluación del evento por reptación de suelos, cuyo valor es de 0.260.

FENÓMENO: CAÍDA DE ROCAS								
Textura del suelo		Pendiente		Erosión		Velocidad del desplazamiento		Valor
Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	
0.548	0.260	0.306	0.503	0.101	0.260	0.045	0.503	0.345

**Tabla 22: Evaluación del evento de caída de rocas.**

### 11.2.2 Estimación de la susceptibilidad a caída de rocas

La susceptibilidad está referida a la mayor o menor posibilidad de ocurrencia de eventos como caída de rocas sobre una determinada área, lo cual está ligado a los factores condicionantes.

Para ello se deben evaluar tanto los factores condicionantes y detonantes para caracterizar la susceptibilidad:

$$\sum_{i=1}^n \text{Factor}_i \times \text{Descriptor}_i = \text{Valor}$$

### Factores Condicionantes

PARÁMETRO	RELIEVE	PESO PONDERADO: 0.145		
DESCRIPTORES	Y1	Abrupto y escarpado, rocoso; cubierto en grandes sectores por nieve y glaciares.	PY1	0.503
	Y2	El relieve de esta región es diverso conformado en su mayor parte por mesetas andinas y abundantes lagunas, alimentadas con los deshielos, en cuya amplitud se localizan numerosos lagos y	PY2	0.260
	Y3	Relieve rocoso, escarpado y empinado. El ámbito geográfico se identifica sobre ambos flancos andinos.	PY3	0.134
	Y4	Relieve muy accidentado con valles estrechos y quebradas profundas, numerosas estribaciones andinas. Zona de huaycos. Generalmente montañoso y complejo.	PY4	0.068
	Y5	Generalmente plano y ondulado, con partes montañosas en la parte sur. Presenta pampas, dunas, tablazos, valles; zona eminentemente árida y desértica.	PY5	0.035

**Tabla 23: Relieve del Terreno, Fuente: CENEPRED.**

PARÁMETRO	TIPO DE SUELOS	PESO PONDERADO: 0.515		
DESCRIPTORES	Y6	Rellenos sanitarios.	PY6	0.503
	Y7	Arena Eólica y/o limo (con agua).	PY7	0.260
	Y8	Arena Eólica y/o limo (sin agua).	PY8	0.134
	Y9	Suelos granulares finos y suelos arcillosos sobre grava aluvial o coluvial.	PY9	0.068
	Y10	Afloramientos rocosos y estratos de grava.	PY10	0.035

**Tabla 24: Tipos de suelos, Fuente: CENEPRED.**

PARÁMETRO	COBERTURA VEGETAL	PESO PONDERADO: 0.058		
DESCRIPTORES	Y11	70 - 100 %	PY11	0.503
	Y12	40 - 70 %	PY12	0.260
	Y13	20 - 40 %	PY13	0.134
	Y14	5 - 20 %	PY14	0.068
	Y15	0 - 5 %	PY15	0.035

**Tabla 25: Cobertura Vegetal, Fuente: CENEPRED.**

PARÁMETRO	USO ACTUAL DE SUELOS		PESO PONDERADO: 0.282	
DESCRIPTORES	Y16	Áreas urbanas, intercomunicadas mediante sistemas de redes que sirve para su normal funcionamiento.	PY16	0.503
	Y17	Terrenos cultivados permanentes como frutales, cultivos diversos como productos alimenticios, industriales, de exportación, etc. Zonas cultivables que se encuentran en descanso como los barbechos que se encuentran improductivas por períodos determinados.	PY17	0.260
	Y18	Plantaciones forestales, establecimientos de árboles que conforman una masa boscosa para cumplir objetivos como plantaciones productivas, fuente energética, protección de espejos de agua, corrección de problemas de erosión, etc.	PY18	0.134
	Y19	Pastos naturales, extensiones muy amplias que cubren laderas de los cerros, áreas utilizables para cierto tipo de ganado, su vigorosidad es dependiente del periodo del año y asociada a la presencia de lluvias.	PY19	0.068
	Y20	Sin uso/improductivos, no pueden ser aprovechadas para ningún tipo de actividad.	PY20	0.035

**Tabla 26: Uso actual de suelos, Fuente: CENEPRED.**

El valor de los factores condicionantes evaluados se cita en la Tabla 27.

FACTORES CONDICIONANTES								
Tipo de relieve		Tipo de suelo		Cobertura vegetal		Uso actual de suelos		Valor
Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	
0.145	0.134	0.515	0.068	0.058	0.134	0.282	0.068	0.081

**Tabla 27: Valor resultante de la evaluación de los factores condicionantes.**

### Factores Detonantes

PARÁMETRO	HIDROMETEREOLÓGICOS		PESO PONDERADO: 0.106	
DESCRIPTORES	SH1	Lluvias.	PSH1	0.503
	SH2	Temperatura.	PSH2	0.260
	SH3	Viento.	PSH3	0.134
	SH4	Humedad del aire.	PSH4	0.068
	SH5	Brillo solar.	PSH5	0.035

**Tabla 28: Hidrometereológicos, Fuente: CENEPRED.**

PARÁMETRO	GEOLÓGICO		PESO PONDERADO: 0.260	
DESCRIPTORES	SG1	Colisión de placas tectónicas.	PSG1	0.503
	SG2	Zona de actividad volcánica.	PSG2	0.260
	SG3	Fallas geológicas.	PSG3	0.134
	SG4	Movimiento de masas.	PSG4	0.068
	SG5	Desprendimiento de grandes bloques (rocas, hielo, etc.).	PSG5	0.035

**Tabla 29: Geológicos, Fuente: CENEPRED.**

PARÁMETRO	INDUCIDO POR LA ACCIÓN HUMANA		PESO PONDERADO: 0.633	
DESCRIPTORES	SI1	Actividades económicas.	PSI1	0.503
	SI2	Sobre explotación de recursos naturales.	PSI2	0.260
	SI3	Infraestructura.	PSI3	<b>0.134</b>
	SI4	Asentamientos humanos.	PSI4	0.068
	SI5	Crecimiento demográfico.	PSI5	0.035

**Tabla 30: Inducidos por la acción del hombre, Fuente: CENEPRED.**

El valor de los factores desencadenantes evaluados se cita en la siguiente Tabla:

FACTORES DESENCADENANTES O DETONANTES						
Hidrometeorológicos		Geológico		Inducidos por la acción humana		Valor
Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	
0.106	0.503	0.260	0.068	0.633	0.134	<b>0.156</b>

**Tabla 31: Valor resultante de la evaluación de los factores detonantes, Fuente: CENEPRED.**

La susceptibilidad estimada se cita en la siguiente Tabla.

SUSCEPTIBILIDAD				
FACT. CONDICIONANTES		FACT. DETONANTES		Valor
Valor	Peso	Valor	Peso	
0.081	0.50	0.156	0.50	<b>0.119</b>

**Tabla 32: Susceptibilidad estimada en las inmediaciones del área de estudio, Fuente: Propia.**

Este valor según el siguiente Cuadro 07, califica como SUSCEPTIBILIDAD MEDIA.

Nivel	Rango
<b>Alto</b>	0.260 – 0.503
<b>Medio</b>	0.068 – 0.260
<b>Bajo</b>	0.035 - 0.068

**Cuadro 07: Rango establecido para determinar el nivel de susceptibilidad, elaborada en base a los niveles de peligrosidad establecidos por CENEPRED, 2013.**



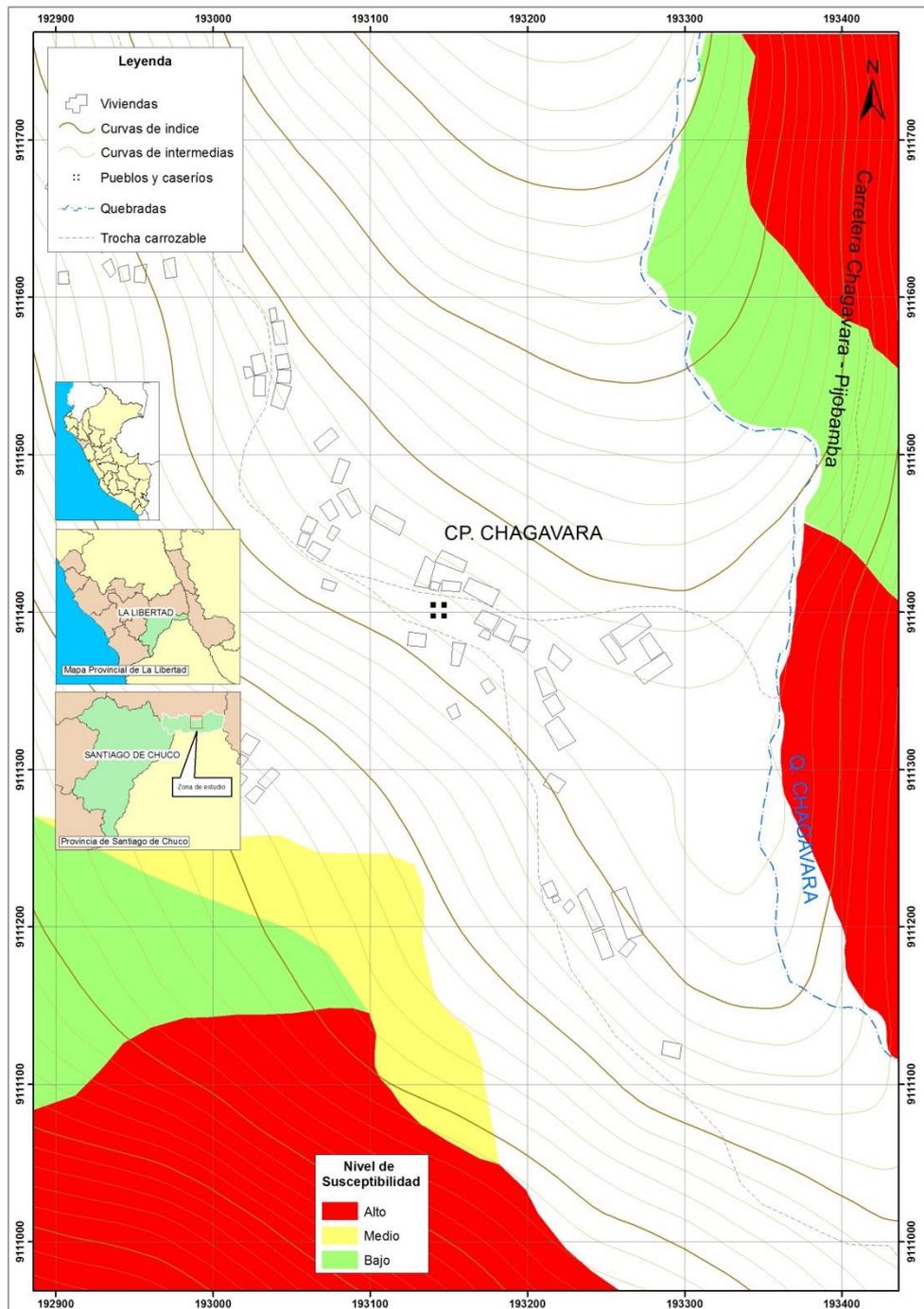
### 11.2.1.1 Zonificación de la susceptibilidad a caída de rocas

Las zonas que se presentan Susceptibilidad Alta, abarcan el 65 % se localizan al Este y al Suroeste del C.P. de Chagavara.

El 15 % del área de estudio presenta Susceptibilidad Media, éstas se localizan a 50 m. al Suroeste del C.P. en mención.

Finalmente, las zonas de Susceptibilidad Baja, abarcan el 20 %, se localizan a 100 m. al Suroeste y 160 m. al Noreste del centro poblado en mención, Figura 06.





**Figura 06: Zonas susceptibles a caída de rocas.**

### 11.2.3 Estimación de la peligrosidad por caída de rocas

Esta se realiza de la misma forma que los eventos anteriores, primero se evaluó el fenómeno y luego la susceptibilidad, sin embargo se debe tener en cuenta que, la susceptibilidad antes estimada es igual para todos los eventos, donde se evalúa los

factores condicionantes y detonantes para cada tipo de evento evaluado. Por lo cual, se procedió a calcular la peligrosidad en la Tabla 33.

ESTIMACIÓN DE LA PELIGROSIDAD				
EVENTO O FENÓMENO		SUSCEPTIBILIDAD		
Valor	Peso	Valor	Peso	Valor
0.345	0.50	0.119	0.50	0.232

**Tabla 33: Estimación de la peligrosidad por eventos geodinámicos de caída de rocas.**

El valor estimado de peligrosidad por caída de rocas es de 0.232, característico de sectores con peligro alto para mejor detalle se anexa en el Cuadro 08, donde se clasifica el grado de peligrosidad, de acuerdo al valor obtenido, **Plano P-10**.

#### 11.2.3.1 Zonificación de la peligrosidad a caída de rocas

El área evaluado abarca 44 has, de las cuales se encuentran en **Peligro Alto** el 28 % del área de estudio, se localizan a 200 m al Norte del centro poblado en mención.

Las zonas que presentan **Peligro Medio**, abarcan 24 has, representa el 53 % del área evaluada y sobre las cuales se asienta el 10% del casco urbana.

Finalmente, el 19 % del área en estudio, presentan **Peligro Bajo** y se localizan a 100 m. al Sureste del centro poblado en mención.

NIVEL	DESCRIPCIÓN	RANGO
<b>PELIGRO MUY ALTO</b>	Relieve abrupto y escarpado, rocoso; cubierto en grandes sectores por nieve y glaciares. Tipo de suelo de rellenos sanitarios. Falta de cobertura vegetal 70 - 100 %. Uso actual de suelo Áreas urbanas, intercomunicadas mediante sistemas de redes que sirve para su normal funcionamiento. Tsunami: Grado = 4, magnitud del sismo mayor a 7, Intensidad desastroso. Vulcanismo: piroclastos mayor o igual a 1,000,000,000 m <sup>3</sup> , alcance mayor a 1000m, IEV mayor a 4. Descenso de Temperatura: Menor a -6°C, altitud 4800 - 6746msnm, nubosidad N = 0. El cielo estará despejado. Inundación: precipitaciones anómalas positivas mayor a 300%, cercanía a la fuente de agua Menor a 20m, intensidad media en una hora (mm/h) Torrenciales: mayor a 60. Sequia: severa, precipitaciones anómalas negativas mayor a 300%. Sismo: Mayor a 8.0: Grandes terremotos, intensidad XI y XII. Pendiente 30° a 45°, Zonas muy inestables. Laderas con zonas de falla, masas de rocas intensamente meteorizadas y/o alteradas; saturadas y muy fracturadas y depósitos superficiales inconsolidados y zonas con intensa erosión (cárcavas).	0.260 ≤ R < 0.503
<b>PELIGRO ALTO</b>	El relieve de esta región es diverso conformado en su mayor parte por mesetas andinas y abundantes lagunas, alimentadas con los deshielos, en cuya amplitud se localizan numerosos lagos y lagunas. Tipo de suelo arena Eólica y/o limo (con y sin agua). Falta de cobertura vegetal 40 - 70 %. Uso actual de suelo. Terrenos cultivados permanentes como frutales, cultivos diversos como productos alimenticios, industriales, de exportación, etc. Zonas cultivables que se encuentran en descanso como los barbechos que se encuentran improductivas por periodos determinados. Tsunami: Grado = 3, magnitud del sismo 7, Intensidad muy grande. Vulcanismo: piroclastos 100,000,000 m <sup>3</sup> , alcance entre 500 a 1000m, IEV igual a 3. Descenso de Temperatura: -6 y -3°C, altitud 4000 - 4800msnm, nubosidad N es mayor o igual que 1/8 y menor o igual que 3/8, el cielo estará poco nuboso. Inundación: precipitaciones anómalas positivas 100% a 300%, cercanía a la fuente de agua Entre 20 y 100m, intensidad media en una hora (mm/h) Muy fuertes: Mayor a 30 y Menor o igual a 60. Sequia: moderada, precipitaciones anómalas negativas 100% a 300%. Sismo: 6.0 a 7.9: sismo mayor, intensidad IX y X. Pendiente 25° a 45°. Zonas inestables, macizos rocosos con meteorización y/o alteración intensa a moderada, muy fracturadas; depósitos superficiales inconsolidados, materiales parcialmente a muy saturados, zonas de intensa erosión.	0.134 ≤ R < 0.260
<b>PELIGRO MEDIO</b>	Relieve rocoso, escarpado y empinado. El ámbito geográfico se identifica sobre ambos flancos andinos. Tipo de suelo granulares finos y suelos arcillosos sobre grava aluvial o coluvial. Falta de cobertura vegetal 20 - 40 %. Uso actual de suelo Plantaciones forestales, establecimientos de árboles que conforman una masa boscosa, para cumplir objetivos como plantaciones productivas, fuente energética, protección de espejos de agua, corrección de problemas de erosión, etc. Tsunami: Grado = 2, magnitud del sismo 6.5, Intensidad grandes. Vulcanismo: piroclastos 10,000,000 m <sup>3</sup> , alcance entre 100 a 500m, IEV igual a 2. Descenso de Temperatura: -3°C a 0°C, altitud 500 - 4000msnm, nubosidad N es mayor o igual que 4/8 y menor o igual que 5/8, el cielo estará nuboso. Inundación: precipitaciones anómalas positivas 50% a 100%, cercanía a la fuente de agua Entre 100 y 500m, intensidad media en una hora (mm/h) Fuertes: Mayor a 15 y Menor o igual a 30. Sequia: ligera, precipitaciones anómalas negativas 50% a 100%. Sismo: 4.5 a 5.9: Puede causar daños menores en la localidad, intensidad VI, VII y VIII. Pendiente 20° a 30°, Zonas de estabilidad marginal, laderas con erosión intensa o materiales parcialmente saturados, moderadamente meteorizados	0.068 ≤ R < 0.134
<b>PELIGRO BAJO</b>	Generalmente plano y ondulado, con partes montañosas en la parte sur. Presenta pampas, dunas, tablazos, valles; zona eminentemente árida y desértica. Tipo de suelo afloramientos rocosos y estratos de grava. Falta de cobertura vegetal 0 - 20 %. Uso actual de suelo Pastos naturales, extensiones muy amplias que cubren laderas de los cerros, áreas utilizables para cierto tipo de ganado, su vigorosidad es dependiente del	0.035 ≤ R < 0.068

**Cuadro 08: La estratificación del peligro se divide en cuatro niveles: bajo, medio, alto y muy alto. El área de estudio presenta peligro alto (0.134 – 0.260). Fuente: CENEPRED.**

Una vez conocidos los valores de la peligrosidad se ha podido determinar que, el centro poblado Chagavara presenta peligrosidad alta, **Plano P-10**.

## 11.3 Deslizamientos

Los deslizamientos son MM, en las que volúmenes de material intemperizado, bloques y masas de roca se desprenden y se desplazan cuesta abajo, sobre un plano inclinado o sobre una superficie cóncava, la que se le considera la superficie de falla del evento.

### 11.3.1 Parámetros de evaluación de deslizamientos

Se consideran los siguientes parámetros:

PARÁMETRO	TEXTURA DEL SUELO		PESO PONDERADO: 0.548	
DESCRIPTORES	TX1	Fina: suelos arcillosos (arcilloso, arenoso, arcilloso limoso, arcilloso).	PTX1	0.503
	TX2	Moderadamente Fina: suelos francos (franco arcilloso, franco limoso arcillosos y/o franco limoso arcilloso).	PTX2	0.260
	TX3	Mediana: suelos francos (franco, franco limoso y/o limoso).	PTX3	0.134
	TX4	Moderadamente Gruesa: suelos francos (franco arenoso).	PTX4	0.068
	TX5	Guersa: suelos (arenosos, franco arenoso).	PTX5	0.035

**Tabla 34: Textura del suelo, Fuente: CENEPRED.**

PARÁMETRO	PENDIENTE		PESO PONDERADO: 0.306	
DESCRIPTORES	PN1	30° a 45°	PPN1	0.503
	PN2	25° a 45°	PPN2	0.260
	PN3	20° a 30°	PPN3	0.134
	PN4	10° a 20°	PPN4	0.068
	PN5	Menor a 5°	PPN5	0.035

**Tabla 35: Pendiente, Fuente: CENEPRED.**

PARÁMETRO	EROSIÓN		PESO PONDERADO: 0.101	
DESCRIPTORES	E1	Zonas muy inestables. Laderas con zonas de falla, masas de rocas intensamente meteorizadas y/o alteradas; saturadas y muy fracturadas y depósitos superficiales consolidados y zonas con intensa erosión (cárcavas).	PE1	0.503
	E2	Zonas inestables, macizos rocosos con meteorización y/o alteración intensa a moderada, muy fracturadas; depósitos superficiales inconsolidados, materiales parcialmente a muy saturados, zonas de intensa erosión.	PE2	0.260
	E3	Zonas de estabilidad marginal, laderas con erosión intensa o materiales parcialmente saturados, moderadamente meteorizados.	PE3	0.134
	E4	Laderas con materiales poco fracturados, moderada a poca meteorización, parcialmente erosionadas, no saturados.	PE4	0.068
	E5	Laderas con substrato rocoso no meteorizado. Se pueden presentar inestabilidades en las laderas adyacentes a los ríos y quebradas, por socavamientos y erosión.	PE5	0.035

**Tabla 36: Erosión, Fuente: CENEPRED.**

PARÁMETRO		VELOCIDAD DEL DESPLAZAMIENTO	PESO PONDERADO: 0.045	
DESCRIPTORES	VD1	Extremadamente rápido (v = 5 m/s).	PVD1	0.503
	VD2	Muy rápido (v = 0.5 m/s).	PVD2	0.260
	VD3	Rápido (v = 0.0033 m/s).	PVD3	0.134
	VD4	Moderada (v = 3.0093 x 10-4 m/s).	PVD4	0.068
	VD5	Lenta a extremadamente lenta (v = 5.144x10-8 m/año a 5.144x10-10	PVD5	0.035

**Tabla 37: Velocidad del desplazamiento, Fuente: CENEPRED.**

A continuación en la Tabla 38 se cita el resultado de la evaluación del evento por reptación de suelos, cuyo valor es de 0.468.

FENÓMENO: DESLIZAMIENTOS								
Textura del suelo		Pendiente		Erosión		Velocidad del desplazamiento		
Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Valor
0.548	0.503	0.306	0.503	0.101	0.260	0.045	0.260	0.468

**Tabla 38: Evaluación del deslizamiento.**

### 11.3.2 Estimación de la susceptibilidad a deslizamientos

La susceptibilidad está referida a la mayor o menor posibilidad de ocurrencia de eventos como caída de rocas sobre una determinada área, lo cual está ligado a los factores condicionantes.

Para ello se deben evaluar tanto los factores condicionantes y detonantes para caracterizar la susceptibilidad:

$$\sum_{i=1}^n \text{Factor}_i \times \text{Descriptor}_i = \text{Valor}$$

### Factores Condicionantes

PARÁMETRO		RELIEVE	PESO PONDERADO: 0.145	
DESCRIPTORES	Y1	Abrupto y escarpado, rocoso; cubierto en grandes sectores por nieve y glaciares.	PY1	0.503
	Y2	El relieve de esta región es diverso conformado en su mayor parte por mesetas andinas y abundantes lagunas, alimentadas con los deshielos, en cuya amplitud se localizan numerosos lagos y lagunas.	PY2	0.260
	Y3	Relieve rocoso, escarpado y empinado. El ámbito geográfico se identifica sobre ambos flancos andinos.	PY3	0.134
	Y4	Relieve muy accidentado con valles estrechos y quebradas profundas, numerosas estribaciones andinas. Zona de huaycos. Generalmente montañoso y complejo.	PY4	0.068
	Y5	Generalmente plano y ondulado, con partes montañosas en la parte sur. Presenta pampas, dunas, tablazos, valles; zona eminentemente árida y desértica.	PY5	0.035

**Tabla 39: Relieve del Terreno, Fuente: CENEPRED.**

PARÁMETRO	TIPO DE SUELOS		PESO PONDERADO: 0.515	
DESCRIPTORES	Y6	Rellenos sanitarios.	PY6	0.503
	Y7	Arena Eólica y/o limo (con agua).	PY7	0.260
	Y8	Arena Eólica y/o limo (sin agua).	PY8	0.134
	Y9	Suelos granulares finos y suelos arcillosos sobre grava aluvial o	PY9	0.068
	Y10	Afloramientos rocosos y estratos de grava.	PY10	0.035

**Tabla 40: Tipos de suelos, Fuente: CENEPRED.**

PARÁMETRO	COBERTURA VEGETAL		PESO PONDERADO: 0.058	
DESCRIPTORES	Y11	70 - 100 %	PY11	0.503
	Y12	40 - 70 %	PY12	0.260
	Y13	20 - 40 %	PY13	0.134
	Y14	5 - 20 %	PY14	0.068
	Y15	0 - 5 %	PY15	0.035

**Tabla 41: Cobertura Vegetal, Fuente: CENEPRED.**

PARÁMETRO	USO ACTUAL DE SUELOS		PESO PONDERADO: 0.282	
DESCRIPTORES	Y16	Áreas urbanas, intercomunicadas mediante sistemas de redes que sirve para su normal funcionamiento.	PY16	0.503
	Y17	Terrenos cultivados permanentes como frutales, cultivos diversos como productos alimenticios, industriales, de exportación, etc. Zonas cultivables que se encuentran en descanso como los barbechos que se encuentran improductivas por períodos determinados.	PY17	0.260
		Plantaciones forestales, establecimientos de árboles que conforman una masa boscosa para cumplir objetivos como plantaciones productivas, fuente energética, protección de espejos de agua, corrección de problemas de erosión, etc.		
	Y18	Pastos naturales, extensiones muy amplias que cubren laderas de los cerros, áreas utilizables para cierto tipo de ganado, su vigorosidad es dependiente del periodo del año y asociada a la presencia de lluvias.	PY18	0.134
	Y19	Sin uso/improductivos, no pueden ser aprovechadas para ningún tipo de actividad.	PY19	0.068
	Y20		PY20	0.035

**Tabla 42: Uso actual de suelos, Fuente: CENEPRED.**

El valor de los factores condicionantes evaluados se cita en la Tabla 43.

FACTORES CONDICIONANTES								
Tipo de relieve		Tipo de suelo		Cobertura vegetal		Uso actual de suelos		Valor
Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	
0.145	0.134	0.515	0.068	0.058	0.134	0.282	0.134	0.100

**Tabla 43: Valor resultante de la evaluación de los factores condicionantes.**

### Factores Detonantes

PARÁMETRO	HIDROMETEREOLÓGICOS		PESO PONDERADO: 0.106	
DESCRIPTORES	SH1	Lluvias.	PSH1	0.503
	SH2	Temperatura.	PSH2	0.260
	SH3	Viento.	PSH3	0.134
	SH4	Humedad del aire.	PSH4	0.068
	SH5	Brillo solar.	PSH5	0.035

**Tabla 44: Hidrometeorológicos, Fuente: CENEPRED.**

PARÁMETRO		GEOLÓGICO	PESO PONDERADO: 0.260	
DESCRIPTORES	SG1	Colisión de placas tectónicas.	PSG1	0.503
	SG2	Zona de actividad volcánica.	PSG2	0.260
	SG3	Fallas geológicas.	PSG3	0.134
	SG4	Movimiento de masas.	PSG4	0.068
	SG5	Desprendimiento de grandes bloques (rocas, hielo, etc.).	PSG5	0.035

**Tabla 45: Geológicos, Fuente: CENEPRED.**

PARÁMETRO		INDUCIDO POR LA ACCIÓN HUMANA	PESO PONDERADO: 0.633	
DESCRIPTORES	SI1	Actividades económicas.	PSI1	0.503
	SI2	Sobre explotación de recursos naturales.	PSI2	0.260
	SI3	Infraestructura.	PSI3	0.134
	SI4	Asentamientos humanos.	PSI4	0.068
	SI5	Crecimiento demográfico.	PSI5	0.035

**Tabla 46: Inducidos por la acción del hombre, Fuente: CENEPRED.**

El valor de los factores desencadenantes evaluados se cita en la siguiente Tabla.

FACTORES DESENCADENANTES O DETONANTES						
Hidrometeorológicos		Geológico		Inducidos por la acción humana		Valor
Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	
0.106	0.503	0.260	0.068	0.633	0.134	0.156

**Tabla 47: Valor resultante de la evaluación de los factores detonantes, Fuente: CENEPRED.**

La susceptibilidad estimada se cita en la siguiente Tabla.

SUSCEPTIBILIDAD				
FACT. CONDICIONANTE		FACT. DETONANTES		Valor
Valor	Peso	Valor	Peso	
0.100	0.50	0.156	0.50	0.128

**Tabla 48: Susceptibilidad estimada en las inmediaciones del área de estudio, Fuente: Propia.**

Este valor según el siguiente Cuadro 09, califica como SUSCEPTIBILIDAD MEDIA.

Nivel	Rango
Alto	0.260 – 0.503
Medio	0.068 – 0.260
Bajo	0.035 - 0.068

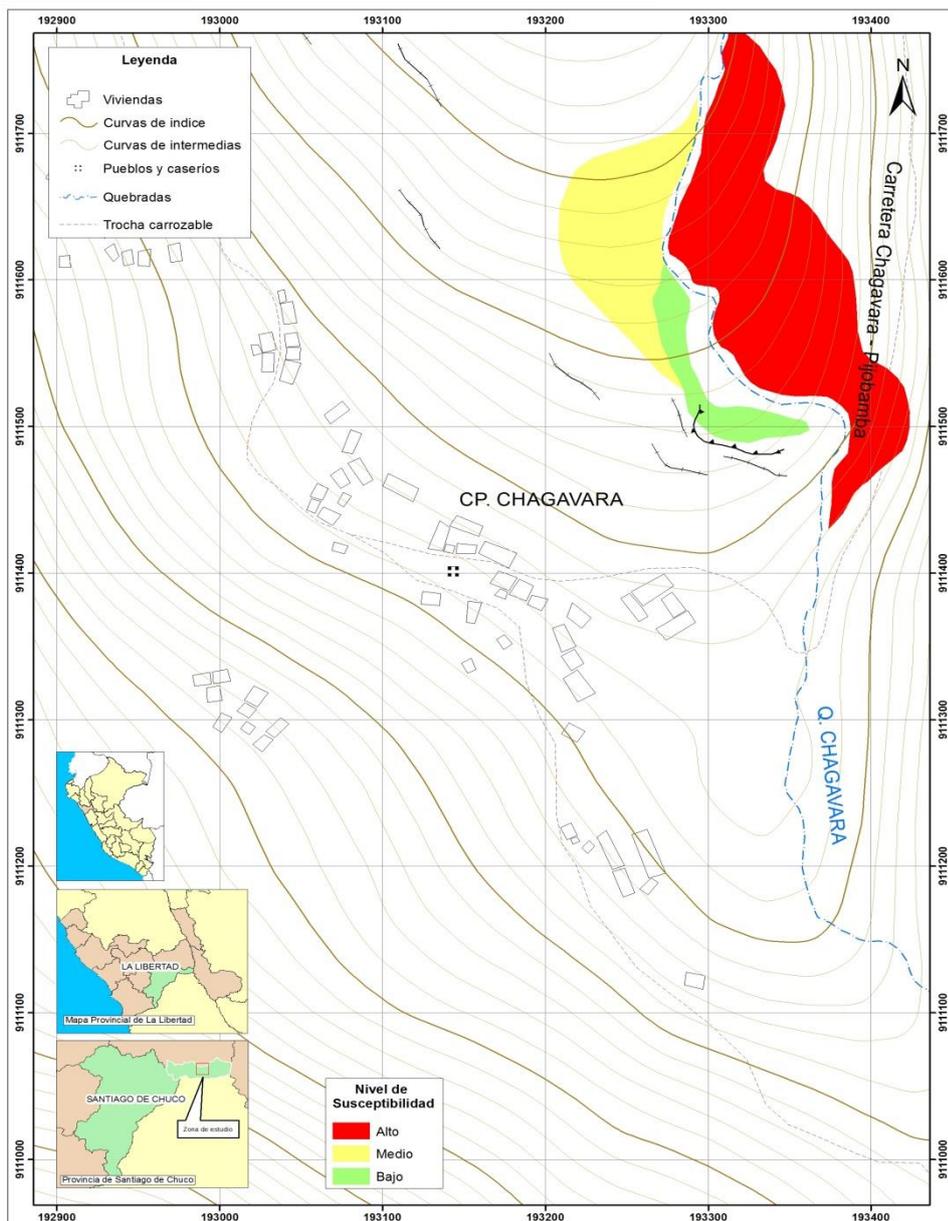
**Cuadro 09: Rango establecido para determinar el nivel de susceptibilidad, elaborada en base a los niveles de peligrosidad establecidos por CENEPRED, 2013.**

#### 11.3.2.1 Zonificación de la susceptibilidad a deslizamientos

Las zonas que se presentan Susceptibilidad Alta, abarcan el 65 % y se localizan al Noreste del C.P. de Chagavara.

El 25 % del área de estudio presenta Susceptibilidad Media y se localizan a 200 m. al Noreste del centro poblado en mención.

Finalmente, las zonas de Susceptibilidad Baja, abarcan el 10 % y estas se localizan a 200 m. al Noreste, Figura 07.



**Figura 07: Zonas susceptibles a deslizamientos.**

### 11.3.3 Estimación de la peligrosidad a deslizamientos

Esta se realiza de la misma forma que los eventos anteriores, primero se evaluó el fenómeno y luego la susceptibilidad, sin embargo se debe tener en cuenta que, la susceptibilidad antes estimada es igual para todos los eventos. Por lo cual, se procedió a calcular la peligrosidad en la Tabla 48.



ESTIMACIÓN DE LA PELIGROSIDAD				
EVENTO O FENÓMENO		SUSCEPTIBILIDAD		
Valor	Peso	Valor	Peso	Valor
0.468	0.50	0.128	0.50	0.298

**Tabla 48: Estimación de la peligrosidad por deslizamiento.**

El valor estimado de peligrosidad por deslizamientos es de 0.298, característico de sectores con peligro muy alto para mejor detalle se anexa la Tabla 18, donde se clasifica el grado de peligrosidad, de acuerdo al valor obtenido.

NIVEL	DESCRIPCIÓN	RANGO
<b>PELIGRO MUY ALTO</b>	Relieve abrupto y escarpado, rocoso; cubierto en grandes sectores por nieve y glaciares. Tipo de suelo de rellenos sanitarios. Falta de cobertura vegetal 70 - 100 %. Uso actual de suelo Áreas urbanas, intercomunicadas mediante sistemas de redes que sirve para su normal funcionamiento. Tsunami: Grado = 4, magnitud del sismo mayor a 7, Intensidad desastroso. Vulcanismo: piroclastos mayor o igual a 1,000,000,000 m3, alcance mayor a 1000m, IEV mayor a 4. Descenso de Temperatura: Menor a -6°C, altitud 4800 - 6746msnm, nubosidad N = 0. El cielo estará despejado. Inundación: precipitaciones anómalas positivas mayor a 300%, cercanía a la fuente de agua Menor a 20m, intensidad media en una hora (mm/h) Torrenciales: mayor a 60. Sequía: severa, precipitaciones anómalas negativas mayor a 300%. Sismo: Mayor a 8.0: Grandes terremotos, intensidad XI y XII. Pendiente 30° a 45°, Zonas muy inestables. Laderas con zonas de falla, masas de rocas intensamente meteorizadas y/o alteradas; saturadas y muy fracturadas y depósitos superficiales inconsolidados y zonas con intensa erosión (cárcavas).	0.260 ≤ R < 0.503
<b>PELIGRO ALTO</b>	El relieve de esta región es diverso conformado en su mayor parte por mesetas andinas y abundantes lagunas, alimentadas con los deshielos, en cuya amplitud se localizan numerosos lagos y lagunas. Tipo de suelo arena Eólica y/o limo (con y sin agua). Falta de cobertura vegetal 40 - 70 %. Uso actual de suelo. Terrenos cultivados permanentes como frutales, cultivos diversos como productos alimenticios, industriales, de exportación, etc. Zonas cultivables que se encuentran en descanso como los barbechos que se encuentran improductivas por periodos determinados. Tsunami: Grado = 3, magnitud del sismo 7, Intensidad muy grande. Vulcanismo: piroclastos 100,000,000 m3, alcance entre 500 a 1000m, IEV igual a 3. Descenso de Temperatura: - 6 y -3°C, altitud 4000 - 4800msnm, nubosidad N es mayor o igual que 1/8 y menor o igual que 3/8, el cielo estará poco nuboso. Inundación: precipitaciones anómalas positivas 100% a 300%, cercanía a la fuente de agua Entre 20 y 100m, intensidad media en una hora (mm/h) Muy fuertes: Mayor a 30 y Menor o igual a 60. Sequía: moderada, precipitaciones anómalas negativas 100% a 300%. Sismo: 6.0 a 7.9: sismo mayor, intensidad IX y X. Pendiente 25° a 45°. Zonas inestables, macizos rocosos con meteorización y/o alteración intensa a moderada, muy fracturadas; depósitos superficiales inconsolidados, materiales parcialmente a muy saturados, zonas de intensa erosión.	0.134 ≤ R < 0.260
<b>PELIGRO MEDIO</b>	Relieve rocoso, escarpado y empinado. El ámbito geográfico se identifica sobre ambos flancos andinos. Tipo de suelo granulares finos y suelos arcillosos sobre grava aluvial o coluvial. Falta de cobertura vegetal 20 - 40 %. Uso actual de suelo Plantaciones forestales, establecimientos de árboles que conforman una masa boscosa, para cumplir objetivos como plantaciones productivas, fuente energética, protección de espejos de agua, corrección de problemas de erosión, etc. Tsunami: Grado = 2, magnitud del sismo 6.5, Intensidad grandes. Vulcanismo: piroclastos 10,000,000 m3, alcance entre 100 a 500m, IEV igual a 2. Descenso de Temperatura: -3°C a 0°C, altitud 500 - 4000msnm, nubosidad N es mayor o igual que 4/8 y menor o igual que 5/8, el cielo estará nuboso. Inundación: precipitaciones anómalas positivas 50% a 100%, cercanía a la fuente de agua Entre 100 y 500m, intensidad media en una hora (mm/h) Fuertes: Mayor a 15 y Menor o igual a 30. Sequía: ligera, precipitaciones anómalas negativas 50% a 100%. Sismo: 4.5 a 5.9: Puede causar daños menores en la localidad, intensidad VI, VII y VIII. Pendiente 20° a 30°, Zonas de estabilidad marginal, laderas con erosión intensa o materiales parcialmente saturados, moderadamente meteorizados	0.068 ≤ R < 0.134
<b>PELIGRO BAJO</b>	Generalmente plano y ondulado, con partes montañosas en la parte sur. Presenta pampas, dunas, tablazos, valles; zona eminentemente árida y desértica. Tipo de suelo afloramientos rocosos y estratos de grava. Falta de cobertura vegetal 0 - 20 %. Uso actual de suelo Pastos naturales, extensiones muy amplias que cubren laderas de los cerros, áreas utilizables para cierto tipo de ganado, su vigorosidad es dependiente del	0.035 ≤ R < 0.068

**Cuadro 10: La estratificación del peligro se divide en cuatro niveles: bajo, medio, alto y muy alto. El área de estudio presenta peligro alto (0.134 – 0.260). Fuente: CENEPRED.**

Una vez conocidos los valores de la peligrosidad se ha podido determinar que, el centro poblado Chagavara presenta peligro alto, **Plano P-11**.



### 11.3.3.1 Zonificación de la peligrosidad a deslizamientos

El área evaluado abarca 6 has, de las cuales se encuentran en **Peligro Muy Alto** el 33 % del área de estudio y se ubican a 200 m al Noreste del C.P. de Chagavara.

El 24 % de la zona evaluada presenta **Peligro Alto**, se localizan a 300 m. del C.P. en mención.

Las zonas que presentan **Peligro Medio**, abarcan 11/2 has, representan el 20 % y se ubican a 150 m al Noreste del área urbana.

Finalmente, el 23 % del área en estudio, presentan **Peligro Bajo** y se localizan a 120 m. al Noreste del área urbana.

## 12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La infraestructura y las viviendas del centro poblado Chagavara se encuentran asentadas sobre la ladera formada por la geodinámica de antiguos aluviones producto de procesos erosivos y deposicionales.
- La litología de la zona está constituida por rocas sedimentarias como areniscas y lutitas de la Formación Chicama que, al erosionarse se transforman en sedimentos arcillosos. Los tipos de rocas mencionados se presentan intensamente fracturados y meteorizados.
- Del cartografiado geológico y geotécnico se ha logrado identificar que los suelos predominantes están conformados por dos tipos de suelos como cobertura. Los primeros están conformados por arcillas inorgánicas de plasticidad media, el contenido de humedad supera el 40% es decir son suelos que se encuentran altamente saturados, los materiales finos sobrepasan el 70% en promedio, mientras que los granulares como las arenas no superan el 15%.



- El CP Chagavara se encuentra afectado por tres eventos geodinámicos como: reptación de suelos, caída de rocas y deslizamientos. Siendo la reptación de suelos y los deslizamientos los eventos de mayor incidencia en la zona.
- El nivel de peligrosidad evaluado a través de la metodología propuesta por CENEPRED, clasifica a la zona como **PELIGROSIDAD MUY ALTA**, para deslizamientos, debido a los materiales que conforman el suelo, estos son inconsolidados y permiten la sobresaturación del terreno, mientras que para el caso de reptación de suelos y caída de rocas esta zona presenta **PELIGROSIDAD ALTA**.
- Debido a la falta de obras de mitigación estructural en la quebrada Chagavara han ocurrido deslizamientos que han afectado la carretera Chagavara – Sitabamba vía de comunicación principal.
- Se recomienda, realizar un levantamiento topográfico de detalle a escala 1:1,000 de la zona de estudio, el cual permitirá determinar los volúmenes de los materiales desplazados.
- Se debe de realizar estudios geofísicos a través de Sondeos Eléctricos Verticales (SEV) con el objetivo de conocer a que profundidad se encuentra el basamento rocoso sobre el cual se emplazan los eventos evaluados. Conociendo la distribución vertical en profundidad de las resistividades aparentes bajo el punto sondeado a partir de medidas de la diferencial del potencial de la superficie, se conocerá la presencia del nivel freático. De esta manera también podremos establecer los límites de las capas horizontales del suelo estratificado.
- Se recomienda obra de protección estructural tales como defensas ribereñas, muros de contención y gaviones a lo largo de la quebrada Chagavara. Así como muros de mampostería para proteger el trazo de la carretera Chagavara – Sitabamba.

### 13. BIBLIOGRAFÍA

- Ayala, F.J.; Andreu, F.J.; Fe, M.; Ferrer, M.; de Simón, A.; Fernández, I.; Olalla, C.; Gómez, J.; Sanpedro, J. y Cienfuegos, F.J. 1987. "Manual de Taludes". Serie Geotecnia. IGME. Madrid. 456 pp.
- Cruden, D. M., (1991) A simple definition of a landslide. IAEG Bull., 43,27-29.
- Cobbing, J. y otros (1996), INGEMMET. Cuadrángulo de Huaraz, Recuay, La Unión, Chiquian y Yanahuanca (20-h, 20-i, 20-j, 21-i y 21-j), boletín 76.
- Cruden, D. M. y Varnes, D. J., (1996). Landslide types and Processes. In landslide-Investigation and Mitigation (pp.36-75).
- Corominas, J. y García Yagüe, A. (1997.) "Terminología de los movimientos de ladera". IV Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables. Granada. Vol.3: 1051-1072.
- [www.senamhi.gob.pe/include\\_mapas/dat\\_esta\\_tipo.php](http://www.senamhi.gob.pe/include_mapas/dat_esta_tipo.php).