



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Geológica

“ANÁLISIS DE LOS FACTORES DETONANTES PARA
CONTROLAR LA INESTABILIDAD DE TALUD EN EL
DISTRITO TUMBADÉN - CAJAMARCA, 2020”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Geólogo

Autores:

Bautista Burga, Alex Eli

Izquierdo Rubio, Erick Fernando

Asesor:

Ing. Ocas Boñón, Rafael Napoleón

Cajamarca - Perú

2020

DEDICATORIA

Esta tesis va dedicada a nuestros padres; por estar con cada uno de nosotros siempre, por enseñarnos a crecer y a que si muchas veces caemos debemos levantarnos con más fuerza, por apoyarnos y guiarnos siempre. A nuestros queridos maestros, quienes en todo este tiempo inculcaron sus saberes para ser unos buenos profesionales, ellos son quienes nos dieron grandes enseñanzas y son los principales protagonistas de este "sueño alcanzado".

AGRADECIMIENTO

Nuestra gratitud en primer lugar va dirigida a Dios por la vida, salud y todas las bendiciones. Gracias queridos padres, por estar siempre a nuestro lado, por todo su apoyo, por habernos brindado una educación y por habernos permitido ser unos profesionales. Esencialmente, a todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito, en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

Finalmente, a nuestro asesor, Ing. Rafael Napoleón, Ocas Boñón, por todo su tiempo brindado y por sus consejos.

Tabla de contenidos

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE FIGURAS	6
ÍNDICE DE TABLAS	7
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	9
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	20
2.1. Tipo de investigación	20
2.2. Unidad de estudio	20
2.3. Población	20
2.4. Muestra (muestreo o selección).....	20
2.5. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos.....	21
2.6. Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos	21
2.6.1. Procedimiento	23
2.1.1. <i>Etapas de pre campo o gabinete 1</i>	23
2.1.2. <i>Etapas de campo</i>	24
2.1.3. <i>Etapas post campo o gabinete 2</i>	24
CAPÍTULO III. RESULTADOS	25
3.1. Aspectos generales.....	25
3.1.1. <i>Ubicación Geográfica</i>	25
3.1.2. <i>Accesibilidad</i>	26
3.1.3. <i>Clima</i>	27
3.1.4. <i>Flora y Fauna</i>	31
3.1.5. <i>Hidrología e Hidrogeología</i>	32
3.2. Marco geológico.....	34
3.3. Reconocimiento morfológico del área de estudio	37
3.4. Materiales que componen el talud	41
3.4.1. <i>Ensayos de laboratorio</i>	41
3.4.2. <i>Clasificación de suelos</i>	42

3.5.	Diagnóstico de factores detonantes en la inestabilidad del talud	48
3.5.1.	<i>Precipitaciones.</i>	48
3.5.2.	<i>Aguas superficiales por intensidad de lluvias.</i>	52
3.5.3.	<i>Litología presente en el área de estudio</i>	53
3.6.	Evaluación y diseño de talud estable	54
3.6.1.	<i>Evaluación inicial, estudio y determinación final del talud.</i>	54
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....		58
4.1	Discusión.....	58
4.2	Conclusiones.....	62
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		64
ANEXOS		66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Criterios de selección	24
Figura 2: Ubicación del lugar dónde se realiza el estudio.....	25
Figura 3: Accesibilidad a la zona de estudio	26
Figura 4: Temperatura - Tumbaden - San Pablo.....	27
Figura 5: Temperatura, Tumbaden, San Pablo	28
Figura 6: Presencia de nubes, Tumbaden, San Pablo.....	29
Figura 7: Precipitaciones mensuales, Tumbaden San Pablo.....	30
Figura 8: Lluvias mensuales, Tumbaden, San Pablo	31
Figura 9: Vegetación típica de la zona, predominantemente la vegetación nativa que en su mayoría son ichus y Pinos	31
Figura 10: Sub cuenca, Tumbaden, San Pablo	33
Figura 11: Susceptibilidad y unidades	33
Figura 12: Dacitas altamente erosionadas por la presencia de agua	36
Figura 13: Plano geológico de la zona de estudio.....	36
Figura 14: Depósitos cuaternarios en la zona de estudio	38
Figura 15: Lomada formada al noroeste de la carretera. N: 9220484 E: 746608	39
Figura 16: Ladera formada al margen izquierdo de la carretera. N: 9220430 E: 746711	40
Figura 17: Escarpa formada al margen derecho de la carretera Cajamarca- San Pablo.....	40
Figura 18: Muestreo en la zona de estudio	42
Figura 19: Diagrama de fluidez, (C – 01 – M1)	43
Figura 20: Diagrama de fluidez, (C – 02 – M1)	44
Figura 21: Diagrama de fluidez, (C – 02 – M1)	44
Figura 22: Curva de análisis granulométrico, pasante vs abertura de tamiz, (C – 01 – M1)	46
Figura 23: Curva de análisis granulométrico, pasante vs abertura de tamiz, (C – 02 – M1)	46
Figura 24: Curva de análisis granulométrico, pasante vs abertura de tamiz, (C – 03 – M1)	47
Figura 25: Resumen estadístico de interpolación de precipitaciones.....	51
Figura 26: Litología encontrada en base a los estudios de laboratorios e in situ.	54
Figura 27: Mapa de acciones sísmicas.....	55
Figura 28: Situación inicial del talud – Tumbadén.....	56
Figura 29: Talud optimizado	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.....	39
Tabla 2.....	41
Tabla 3.....	43
Tabla 4.....	45
Tabla 5.....	47
Tabla 6.....	50
Tabla 7.....	50
Tabla 8.....	50
Tabla 9.....	55

RESUMEN

El presente estudio ha tenido como objetivo el analizar los factores que han intervenido en la inestabilidad del talud en el distrito de Tumbadén. Para ello se ha realizado el análisis de las precipitaciones en un lapso de 10 años a través de la data de la estación meteorológica AW, ubicada en la UNC – Cajamarca, el análisis de los factores geomorfológicos, el impacto de las aguas superficiales en tiempos de lluvia de la mano de la clasificación de materiales presentes en la zona de estudio como (límites de consistencia, humedad y análisis granulométrico).

Se han realizado diferentes estudios, con el fin de proponer el método más efectivo de estabilidad en esta zona; se realizó un muestreo de suelos probabilístico superficial, para luego continuar con el análisis de laboratorio, también se realizó la toma de datos geotécnicos del talud. Ha sido importante también conocer la topografía de la zona seleccionada del talud y su alrededor para que, de esta manera, poder controlar la inestabilidad generada por los diferentes factores.

El trabajo en mención se realizó en la carreta Kuntur Wasi del distrito de Tumbadén, provincia de San Pablo, Cajamarca.

Palabras clave: Factores detonantes, estabilidad de taludes, inestabilidad de taludes, factor de seguridad.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Hoy en día, durante el proceso en el cual se van realizando obras como: vías de comunicación, presas, yacimientos minerales, canteras, graveras, etc., se han ido evidenciando muchos y serios problemas de deslizamientos, deformaciones y roturas, los mismos que probablemente fueron causados por aspectos como: condiciones climáticas adversas, condiciones geológicas desfavorables, zonas de alta sismicidad, intervenciones antrópicas, etc. Todo esto es un aporte de fenómenos desfavorables para las obras en las que se trabaje (Bock, 1983).

Esto lo apreciamos en la zona de estudio en donde existe una gran cantidad de deslizamientos ya sea por agentes de sismicidad como también agentes geomorfológicos y climatológicos los cuales afectan a la población ya que restringe el pase y el abastecimiento de productos de primera necesidad, es por ello que por los constantes deslizamientos se ha querido solucionar dicho problema el cual lleva ya muchos años pero no se mejora, y para ello hemos tenido presente algunos tesisistas los cuales nos ayudaran como antecedentes para poder solucionar dicho problema.

Huamán (2017), en su tesis denominada *Geotecnia de inestabilidad de taludes, en el tramo de la carretera Huañimba - Cungunday, Cajamarca, Cajabamba*, y desarrollada en la Universidad Nacional de Cajamarca, tiene como objetivo, caracterizar la geotecnia de la inestabilidad del talud a través de los parámetros geomecánicos del macizo rocoso, el factor de seguridad y la elaboración de un mapa geotécnico. La población del estudio en mención comprende los km 41+400 – 52+200 de la carretera Cajamarca – Cajabamba; así mismo la muestra de estudio ha sido asignada a los taludes con evidencia de inestabilidad, y como unidad de análisis a los

parámetros geotécnicos (litología y factor de seguridad). La investigadora, a través de su proceso de estudio ha llegado a concluir que la zona estudiada presenta zona de inestabilidad, se observa que el comportamiento geomecánico es complejo debido a la litología presente (detritos que no están consolidados y erosionan constantemente), además de ello un factor importante es la pendiente muy pronunciada que tiene el talud, desestabilizando al FS y se suma a ello, las precipitaciones juegan un papel importante en las condiciones inestables de los taludes. Se pudo clasificar en tres zonas a los taludes altamente inestables a las estaciones N°05 y N° 10, zonas medianamente inestables a las estaciones N° 01, N° 02, N° 03, N° 04, N° 06 y como zonas moderadamente inestables a las estaciones N° 07, N° 08, N° 09. Este estudio ayudará en la investigación para poder comparar datos a calcular, así como en la interpretación de los mismos. Naturalmente este tipo de estudio se encuentra muy relacionado al nuestro, presenta factores que directamente influyen en la inestabilidad de un talud.

Siguiendo con los estudios previos realizado en función al tema de estudio, Fuentes (2017), desarrolló su tesis llamada *Análisis geodinámico de las zonas inestables en los alrededores del poblado de Jesús*, se llevó a cabo en las inmediaciones de la Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca y ha sido un sustento con propósitos pregrado. En la investigación se han planteado objetivos como el de analizar geodinámicamente las zonas que se encuentran inestables en los alrededores del centro poblado de Jesús, ello se obtendrá a través de un cartografiado estructural, el análisis de las condiciones climáticas, los parámetros sísmicos y finalmente la determinación de zonas geodinámicamente críticas, el trabajo se ha desarrollado a través de una metodología descriptiva, correlacional y explicativa, no experimental con una población estipulado en todos los alrededores del centro poblado

de Jesús, para las muestras, se han determinado 09 estaciones geodinámicas críticas y se ha hecho uso de los deslizamientos como una unidad de estudio. Las técnicas de estudio han sido; el análisis documental y la observación dirigida, permitiendo así recopilar información adecuada para su análisis. La investigadora ha llegado a concluir que, geodinámicamente las zonas críticas y deslizamientos se han determinado a través de factores *detonantes o causantes* como la sismicidad presente, las precipitaciones que se dan en el lugar de estudio, además de las saturaciones que se han desarrollado lo largo de periodos, adicionalmente se determinó que, en base al cartografiado geológico-estructural los deslizamientos, geológicamente se encuentran por sobre los depósitos de tipo coluvio – aluviales, lo que posteriormente no afectará localmente las estructuras ni pliegues que se encuentran presentes, por otro lado, con respecto a la precipitaciones in situ, a partir del año 2011 han aumentado de manera significativa en unidades de mm, sobrepasando así el nivel referencial admisible que se tiene, indicando así que, las zonas críticas de deslizamientos tenderían a fallar, además de ello se han determinado la sismicidad con sus respectivos coeficientes de aceleración, tanto verticales como horizontales, teniendo 0.132 y 0.263 respectivamente Esta investigación, en lo mejor posible se relaciona con los factores causantes de inestabilidad en una terreno, talud natural o artificial, pudiendo así relacionar las variables estudiadas.

Un estudio relacionado a los factores de inestabilidad en taludes nos muestra que debe existir un correcto análisis para poder mitigar impactos, para ello, Arteaga (2017), en su tesis pregrado denominada *Análisis geológico - geotécnico en los taludes de la carretera Choropampa – Magdalena*, desarrollada en la Universidad Nacional de Cajamarca, hace mención de que el objetivo general de la investigación consiste en

analizar la conducta de los factores geológicos – geotécnicos los cuales, se encuentra implicados en la inestabilidad de taludes en el sector mencionado. Para ello, se ha hecho hincapié en realizar un cartografiado geológico, así como la descripción de las propiedades físicas y mecánicas en el material del talud; además de zonificar aquellos taludes que se encuentren propensos a deslizamientos y el cálculo del factor de seguridad con el software Slide 6.0. Para tal investigación, se ha empleado una metodología de uso no experimental, descriptiva, correlacional, explicativa y transversal; y con respecto a los métodos de la investigación que se ha utilizado son: la observación, métodos analíticos, deductivos y explicativos; para ello, se ha tenido en cuenta a una población correspondiente a los taludes que pertenecen al tramo (km 115 – 127), la muestra corresponde a todos los taludes inestables que se encuentran en el mismo tramo y por lo tanto, la unidad de análisis corresponde a una estación de muestreo por talud. En tanto, desarrollado el estudio, se ha llegado a concluir que los estudios geológicos-geotécnicos, junto con factores geométricos y topográficos del talud, han sido afectados por procesos geodinámicos externos e internos, que han modificado sus propiedades geomecánicas, influyendo en la inestabilidad de los taludes, así mismo, se han encontrado taludes con pendientes fuertes (15° - 25°) y escarpadas ($>45^{\circ}$), con respecto al factor de seguridad obtenido en el análisis, varía de acuerdo a las condiciones aplicadas (normales, de saturación y sismicidad), por lo que, los taludes se clasificaron en inestables absolutos, inestables relativos, estables relativos, estables temporales y estables permanentes. Para ello, detalladamente los taludes 01, 03, 04, 05, 06, 07, 11 y 13 presentan estabilidad relativa, su factor de seguridad varía entre 1.00 - 1.29. En condiciones de saturación, los taludes 01, 02, 03, 04, 05, 06, 07, 08 (tramo Km 115+500 - 118+500) y los taludes 11, 12 y 13, presentan

inestabilidad absoluta, su factor de seguridad varía entre 0.00 - 0.89, los taludes 10 y 14 son inestables relativos, su factor de seguridad está entre 0.90 - 0.99. En condiciones de sismicidad los taludes los taludes 01, 03, 04, 05, 06, 07, 11 y 13 se clasifican como inestables absolutos; y el talud 02 como inestable relativo; los taludes restantes son estables.

Siguiendo con los estudios previos realizado en función al tema de estudio, Fuentes (2003), desarrolló su tesis llamada *Análisis de Estabilidad de taludes se llevó a cabo en las inmediaciones de la Universidad Nacional de Colombia, Colombia* y ha sido un sustento con propósitos pregrado. En la investigación se ha planteado hablar de deslizamientos y la importancia que puede adquirir el estudio de la estabilidad de taludes en nuestro medio, pero ese es apenas uno de los aspectos que trata dicha rama de la geotecnia, puesto que también es pieza fundamental en otras actividades de la ingeniería tales como el diseño y construcción de presas de tierra y enrocado, diques, rellenos y terraplenes. Dichas estructuras de tierra, en conjunto con los cortes o excavaciones que se practican en los proyectos de ingeniería, forman lo que se ha denominado los taludes artificiales; estos se diferencian de las laderas y taludes naturales, por la naturaleza de los materiales involucrados en cada caso o por las circunstancias de formación del talud, su historia geológica, el clima al cual ha estado sometido y la influencia del hombre. Dentro de los taludes artificiales deben reconocerse las diferencias entre los cortes y los terraplenes, teniendo en cuenta que éstos, como en las presas, el grado de control que puede ejercer la ingeniería es mayor, dado que se seleccionan los materiales que los forman, los sistemas de colocación, compactación y drenaje. En las excavaciones de laderas habrá que trabajar con los materiales en su estado natural, con todas las variaciones que puedan presentarse de

un punto a otro en las condiciones hidrológicas y geológicas, las propiedades geotécnicas de suelos y rocas y el grado de meteorización. El investigador ha llegado a concluir que, se deberán considerarse a mediano y largo plazo factores tales como el cambio que introduce en el medio ambiente toda obra de ingeniería, la influencia del agua sobre la resistencia, la estabilidad y la respuesta de los materiales a las cargas aplicadas y las modificaciones que sufren los materiales con el tiempo (en especial por la meteorización intensa que puede ocurrir en nuestro medio tropical). Las técnicas de estudio han sido; el análisis documental, permitiendo así recopilar información adecuada para su análisis. Esta investigación, en lo mejor posible se relaciona con las características mecánicas de los suelos en estabilidad de taludes.

Por otra parte, Fuentes (2014), desarrolló su artículo llamado *Estudio de la estabilidad de taludes aplicando el método de equilibrio límite en el sector "Las Cruces"*, se llevó a cabo en las inmediaciones del sector Las cruces, México y ha sido un sustento con propósitos pregrado. En la investigación consiste en un estudio de la estabilidad de taludes aplicando el método de equilibrio limite en un sector "Las cruces" via Merida-Jaji, estado Mérida. Para ello, primero se evalúan las condiciones en las que se encuentra el terreno, a través del análisis fotogeológico y corroborando dicha información en campo, luego la recolección de muestra de suelo y roca para determinar propiedades físicas y mecánicas de los materiales a través de ensayos de laboratorio como: contenido de humedad, peso unitario, límites de consistencia, corte y análisis de difracción de rayos X . Se realiza la clasificación del suelo usando la codificación de SUCS y AASHTO. Luego son calculados los factores de seguridad en taludes de suelo a través del método de equilibrio limite, del cual se obtienen el comportamiento y la estabilidad del terreno. De esta forma, se recomienda diseñar

sistemas de soporte que permitan aumentar la estabilidad de los macizos y taludes, así como también realizar el diseño de sistemas de drenaje que capten las aguas de escorrentía provenientes de la carretera y de los taludes para disminuir la humedad del terreno. Las técnicas de estudio han sido; el análisis documental y la toma de muestras, permitiendo así recopilar información adecuada para su análisis. El investigador a llegado a concluir que, el contenido de humedad natural de cada muestra de suelo correspondiente a cada calicata en donde los porcentajes de humedad son superiores al 10 %, por lo cual es evidente en las condiciones del suelo su notable contenido de agua que puede controlar de alguna manera la consistencia de suelo, siendo esto unas de las causas que contribuya con la inestabilidad del terreno. También de acuerdo a la granulometría el suelo no contiene alto porcentaje de arcillas, siendo estos suelos mayoritariamente gravosos-Arenosos. Esta investigación, en lo mejor posible se relaciona con características mecánicas de los suelos en estabilidad de taludes.

Siguiendo con los estudios previos realizados en función al tema de estudio, Fuentes (2019), desarrollo su artículo *llamado Factores que influyen en la estabilidad de taludes y laderas en suelo*, Extracto de uno de los módulos del "Curso de Riesgos geológicos de taludes y laderas inestables", que se imparte en el centro de formación Ingeoexpert, de la mano de Juan José Pérez Santos. En la investigación se han planteado objetivos como el de analizar a las precipitaciones como factor desencadenante de movimientos superficiales de grandes masas de material. El trabajo se ha desarrollado a través de una metodología explicativa y descriptiva, no experimental. Las técnicas de estudio han sido; el análisis documental permitiendo así recopilar información adecuada para su análisis. El investigador ha llegado a concluir que, las precipitaciones pueden desencadenar movimientos superficiales como

deslizamientos y flujos de barro o derrubios, que afectan a materiales de alteración y a suelos, siendo frecuentes también las reactivaciones de antiguos deslizamientos. La rápida infiltración del agua de lluvia, saturando el terreno superficial e incrementando las presiones intersticiales, explica la generación de los movimientos. La falta de vegetación en las laderas, la presencia de materiales sueltos y la existencia previa de inestabilidades juegan un papel fundamental por la mayor capacidad de infiltración y movilización de los materiales. El riesgo debido a estos procesos está asociado principalmente a su ocurrencia repentina. El desencadenamiento de nuevos deslizamientos profundos o de gran magnitud no está relacionado con fenómenos meteorológicos estacionales, sino que obedece a condiciones climáticas a largo plazo, con regímenes de precipitación y condiciones de humedad suficientes para modificar de forma sustancial los niveles freáticos y el contenido en agua del terreno. El mecanismo principal que contribuye a la inestabilidad es la elevación del nivel freático por la infiltración neta de agua, desempeñando el aumento del peso específico del terreno un papel secundario. En general, cuanto menos permeables sean los materiales, menor será la influencia de las precipitaciones cortas y mayor la del régimen climático y las condiciones plurianuales, anuales o estacionales. Las inundaciones y avenidas magnifican el efecto desestabilizador de las lluvias en las laderas de los valles fluviales (sobre todo en meandros y tramos curvos o encajados de los cauces). El papel erosivo de la corriente de agua en la base de la ladera se une al de la lluvia saturando el terreno, generando flujos y deslizamientos o reactivando movimientos. Este artículo, en lo mejor posible se relaciona con precipitaciones como factor de inestabilidad en terreno, laderas o taludes.

Los problemas de inestabilidad de taludes se encuentran entre los fenómenos naturales más destructivos, lo cual representa una de las mayores amenazas para la vida y bienes materiales de la población. Cada año estos desastres ocasionan numerosas víctimas, heridos y damnificados, así como cuantiosas pérdidas económicas. El impacto que este tipo de peligros provoca es de mayor magnitud en países de escasos recursos debido a su alto grado de susceptibilidad, Perú es uno de estos países con mayor problema de inestabilidad de taludes, pese a que nuestro territorio presenta un 38% de laderas escarpadas concentradas la mayor parte en la región de la Sierra no se registra estudios que aborden este tema y al no registrar la susceptibilidad de los taludes ni cuantificar su factor de seguridad este problema causa deslizamiento de masa a gran escala causando grandes pérdidas.

En obras de ingeniería, el talud constituye la estructura más compleja de las vías terrestres; antes, durante y después de la construcción de carreteras. Y como tal se debe tener especial cuidado en las zonas donde se trabajará en cuanto a la estabilidad de taludes, pues ésta se mantiene principalmente por el balance entre la resistencia cortante del terreno y la fuerza deslizante de gravedad del talud. Sin embargo, la estabilidad de un talud está influenciada grandemente por (1) disminución en la resistencia del terreno por infiltración de agua en el terreno o lluvia fuerte, (2) cambios en el balance de gravedad debido a cortes artificiales y rellenos, (3) aumento en la presión de poros debido a lluvia fuerte o movimiento del agua freática o (4) aumento en la aceleración de la gravedad debido a sismos.

Cuando se habla de estabilidad de taludes es primordial mencionar que antes de emplear un sistema de estabilización a través de mallas metálicas u otros sistemas, se hace necesario e indispensable el empleo de métodos de análisis de estabilidad para el

cálculo del factor de seguridad y para calcular la forma en que ocurren los deslizamientos, y así poder prevenirlos.

En el Perú, cada año se da pérdidas cuantiosas en los meses que aumenta las precipitaciones, causando daños a viviendas, bloqueo de carreteras, daños agrícolas y en muchos casos se ven pérdidas humanas; García, (2019) en el diario el comercio, manifiesta que Lima ya no cuenta con suelo donde se asienten más personas, debido que las constantes lluvias y los desbordes de los ríos que afectaron la ciudad dejaron 1758 viviendas colapsadas 916 inhabitables y 10250 afectadas, y de igual manera en el interior del país.

1.2. Formulación del problema

¿Cómo influyen los factores detonantes en la inestabilidad de talud en el distrito Tumbadén – Cajamarca, durante el año 2020?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Analizar los factores detonantes que genera la inestabilidad de talud en el distrito Tumbadén durante el año 2020.

1.3.2. Objetivos específicos

Realizar el cartografiado Geológico del talud en el distrito Tumbadén durante el año 2020.

Reconocer las unidades Geomorfológicas del talud en el distrito Tumbadén durante el año 2020.

Conocer clasificación de los materiales que componen el talud del distrito Tumbadén durante el año 2020.

Proponer un diseño estable de talud del distrito Tumbadén durante el año
2020.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis General

Los factores detonantes influyen en la inestabilidad del talud del distrito
Tumbaden durante el año 2020.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación será Cuantitativa, ya que se en esta tesis usaremos la recolección de datos para probar hipótesis de que los factores detonantes si influyen en la inestabilidad del talud en el distrito Tumbaden.

El que nivel de investigación es descriptivo el cual describe fenómenos geológicos o clínicos en una circunstancia temporal y geográfica determinada. Su finalidad es describir y/o estimar parámetros. Se describen frecuencias y/o promedios; y se estiman parámetros con intervalos de confianza.

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014) señalan el diseño investigación no experimental de corte transversales aquella que se realiza sin alterar deliberadamente variables. Es decir, es una investigación donde no variamos intencionalmente las variables de estudio (p.152).

2.2. Unidad de estudio

Una estación de mapeo tomada del talud del distrito Tumbadén.

2.3. Población

El talud del distrito Tumbadén.

2.4. Muestra (muestreo o selección)

Tres estaciones tomadas del talud del distrito Tumbadén.

2.5. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos

Se ha hecho uso de la observación directa como técnica para la recolección de datos, esta que consiste básicamente en observar el objeto de estudio dentro de una situación particular, todo esto se hace sin necesidad de intervenir o alterar el ambiente en el que se desenvuelve el objeto. El instrumento que ha usado para la técnica mencionada consiste en un cuaderno de campo; a través del mismo se ha establecido un protocolo de observación en donde a simple vista se han de anotar todos los fenómenos presentes in situ (características físicas de los taludes, topografía, relieve, etc.) la ficha de observación geomecánica y el plano topográfico han sido otros instrumentos que ayudaron en el fin mencionado.

En segundo plano, se ha hecho uso de un análisis documental como técnica de recolección de datos, esta llevada a través de matrices de consistencia en donde se va clasificando la información de acuerdo a la importancia que pueda tener para el estudio; dentro de esta metodología se albergan tesis, artículos, revistas científicas, entre otras fuentes para complementar el estudio.

Adicionalmente, se ha hecho uso de un formato para uso exclusivo de datos obtenidos de laboratorio (ensayos de suelos), el procedimiento consiste en seleccionar las muestras, enumerarlas y llevarlas a laboratorio para su posterior análisis en donde los datos obtenidos serán plasmados en la fuente antes mencionada.

2.6. Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos

Para realizar el análisis de datos se ha hecho uso de laboratorio KAOLYN INGENIEROS SAC, a través de ello se ha determinado la clasificación de materiales que compone al talud. Para ello se ha establecido un formato de clasificación de suelos,

tal como se observa en el anexo 05. Adicionalmente, para encontrar las precipitaciones en el lugar de estudio se ha hecho uso de la Data que proporciona la estación meteorológica AW ubicada en la UNC, se ha usado la ecuación de Oswald para establecer la transformación las precipitaciones del lugar por medio de cotas. Finalmente se ha hecho uso de la estadística descriptiva para su análisis. Con respecto a las unidades morfológicas de la zona, se ha hecho estudio de la zona de estudio y la revisión documental como boletines y hojas geológicas del área de interés y, con respecto al diseño del talud se ha hecho un análisis inicial sin saturaciones y sin sismicidad para ver su evolución, posteriormente se ha de diseñar un talud con una caracterización que le permita permanecer estable.

Particularmente el análisis consiste básicamente en dar respuesta a los objetivos o hipótesis planteados a partir de las mediciones efectuadas y los datos resultantes. Para plantear el análisis es conveniente plantear un plan de análisis o lo que se conoce como un plan de explotación de datos. En él se suele detallar de manera flexible cómo vamos a proceder al enfrentarnos a los datos, cuáles serán las principales líneas de análisis, qué orden vamos a seguir, y qué tipo de pruebas o técnicas de análisis aplicaremos sobre los datos. La interpretación, a diferencia del análisis, tiene un componente más intelectual y una función explicativa. Su misión es buscar un significado al resultado del análisis mediante su relación con todo aquello que conocemos sobre el problema, de manera que aportamos una significación sociológica a los hallazgos encontrados en el análisis, confirmando, modificando o realizando nuevos aportes a la teoría previa sobre ese problema.

2.6.1. Procedimiento.

Para la elaboración de este proyecto, se ejecutaron 3 etapas básicas, las cuales están clasificadas en: etapa de pre campo o gabinete 1, etapa de campo y etapa de post campo o gabinete 2.

2.1.1. Etapa de pre campo o gabinete 1

En esta etapa se realizó la revisión, selección y recopilación de información, considerando otras tesis como antecedentes, teorías y revistas relacionadas a las palabras clave de la investigación. Se seleccionaron 16 documentos de las siguientes fuentes que se presentan en la tabla 1.

Tabla 1 Número de Artículos utilizados.

Fuente	Número de Artículos
Google Académico	10
Redalyc	3
Ebsco	3

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Los criterios de selección y depuración de bibliografía se hicieron de acuerdo al tiempo, no mayor a cinco años, palabras clave.

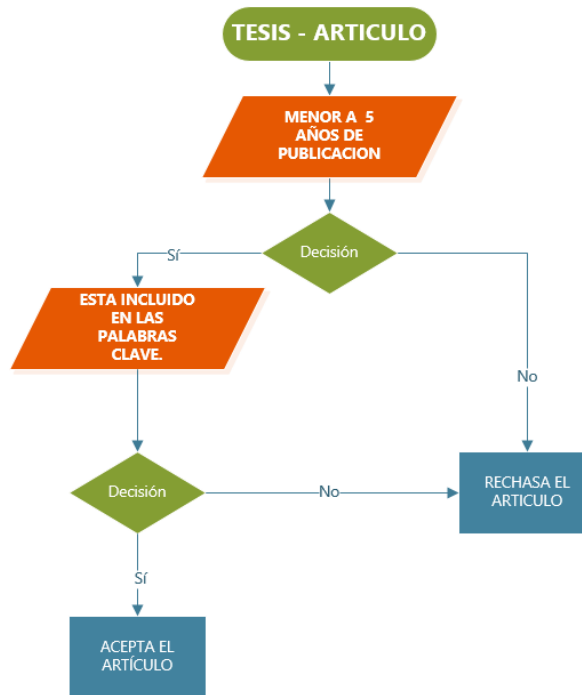


Figura 1. Criterios de selección.

2.1.2. Etapa de campo

En la etapa de campo se procedió a la toma de tres muestras de la zona de estudio las cuales tiene un material proveniente del volcánico San pablo y de depósitos cuaternarios. Así mismo se pudo saber que las tres muestras tomadas se ubicaron en lugares estratégicos y se realizado los estudios de granulometría, límites de consistencia y porcentaje de humedad. Todos estos ensayos ayudaran a definir la clasificación del suelo para poder determinar la estabilidad del talud.

2.1.3. Etapa post campo o gabinete 2

Terminadas las etapas antes mencionadas se procedió a realizar el trabajo de gabinete que consistió en hacer el procesamiento de los datos obtenidos; así mismo, se los clasifico, analizo e interpreto de tal manera que se de paso a la redacción del informe final.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Aspectos generales

3.1.1. Ubicación Geográfica

Geográficamente la zona de estudio se encuentra al NE de la ciudad de San Pablo, provincia que pertenece al departamento de Cajamarca en la zona norte del Perú.

Políticamente la zona de estudio se encuentra en el departamento de Cajamarca, Provincia de San Pablo, distrito de Tumbadén

Tabla 2 Coordenadas UTM de la zona de estudio

VÉRTICE	ESTE	NORTE
1	83000	9219400
2	84000	9219400
3	83000	9218600
4	84000	9218600

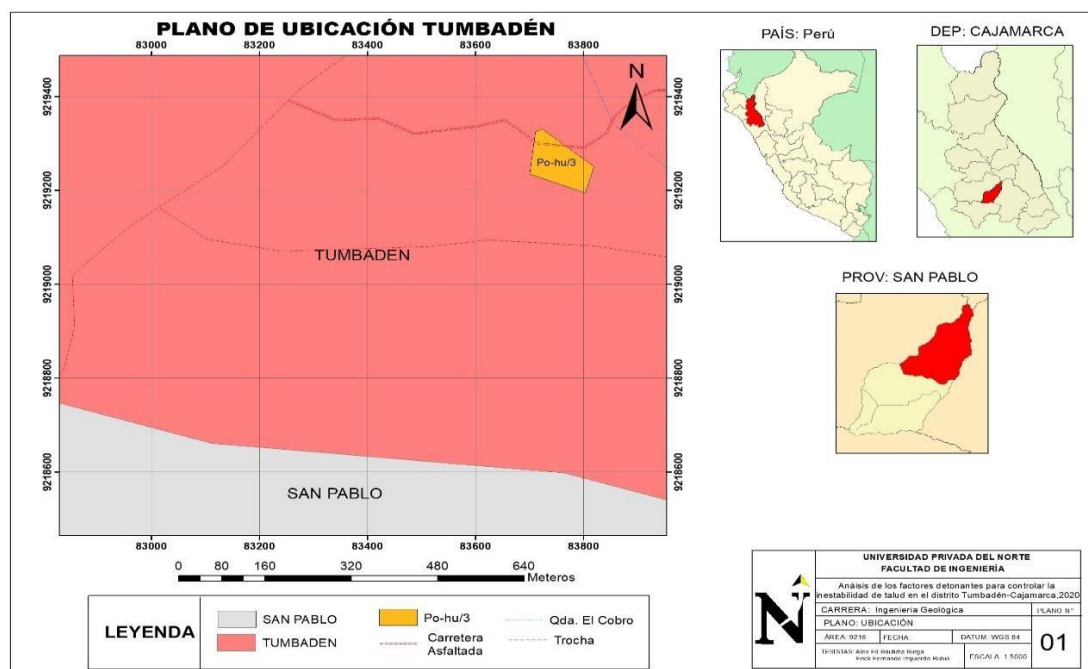


Figura 2: Ubicación del lugar dónde se realiza el estudio.
Fuente: Elaboración propia.

3.1.2. Accesibilidad

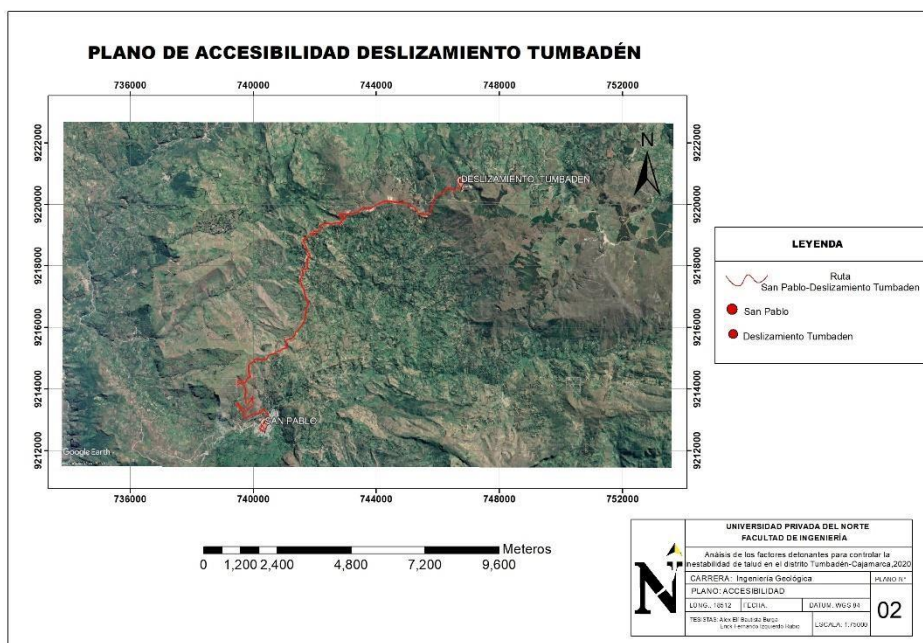


Figura 3: Accesibilidad a la zona de estudio.
Fuente: Elaboración propia.

Para que se pueda llegar a la zona, es muy sencillo y fácil. Se puede acceder desde Cajamarca, por la vía de Cajamarca – San Pablo, se ubicará rápidamente la zona ya que se encuentra en la misma pista que comunica dichas ciudades. Aproximadamente una hora es lo que se demora en llegar a través de vehículos motorizados.

Tabla 3 Accesos a la zona de investigación.

TRAMO	TIEMPO	TIPO
Cajamarca – Desvío a San pablo	45 min. Aprox	Asfaltada
Desvío a San Pablo – Tumbadén	1h min. Aprox	Asfaltada

3.1.3. Clima

Temperatura

En el distrito de Tumbadén, provincia de San Pablo, los veranos son cortos, muy caliente, húmedo y parcialmente nublados y los inviernos son caliente, opresivos, mojados y mayormente nublados. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 21 °C a 35 °C y rara vez baja a menos de 20 °C o sube a más de 37 °C.

Desde mediados de mayo hasta mediados de septiembre la zona de estudio hay un clima lluvioso intenso y la presencia de vegetación en casi su totalidad, presenta una altura máxima de 3400 m.s.n.m y una mínima de 3100 m.s.n.m.

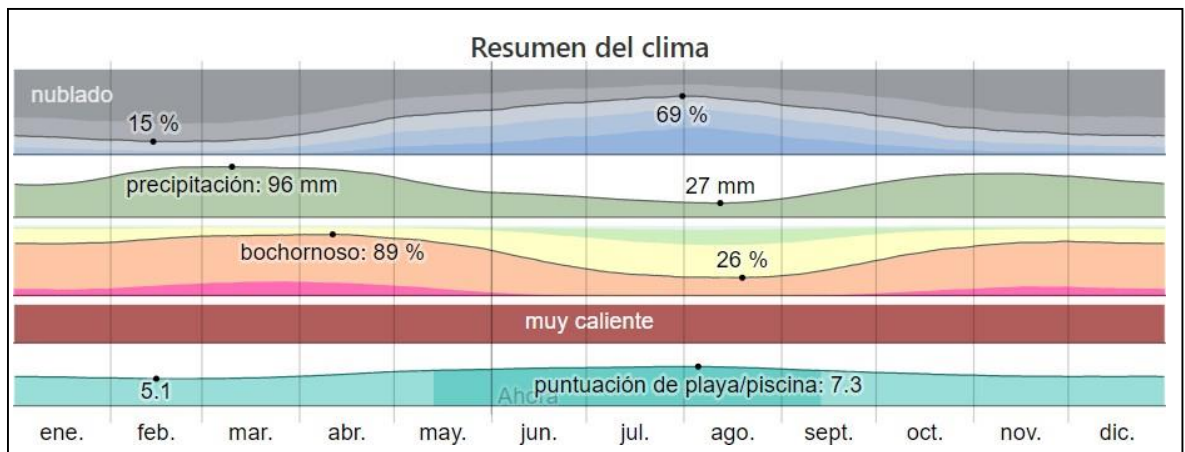


Figura 4: Temperatura - Tumbaden - San Pablo.
Fuente: SENAMHI, 2016.

La temporada calurosa dura 1,8 meses, del 15 de agosto al 9 de octubre, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 34 °C. El día más caluroso del año es el 6 de septiembre, con una temperatura máxima promedio de 35 °C y una temperatura mínima promedio de 23 °C.

La- temporada fresca dura 3,6 meses, del 19 de febrero al 7 de junio, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 32 °C. El día más frío del año es el 11 de julio, con una temperatura mínima promedio de 21 °C y máxima promedio de 32 °C.

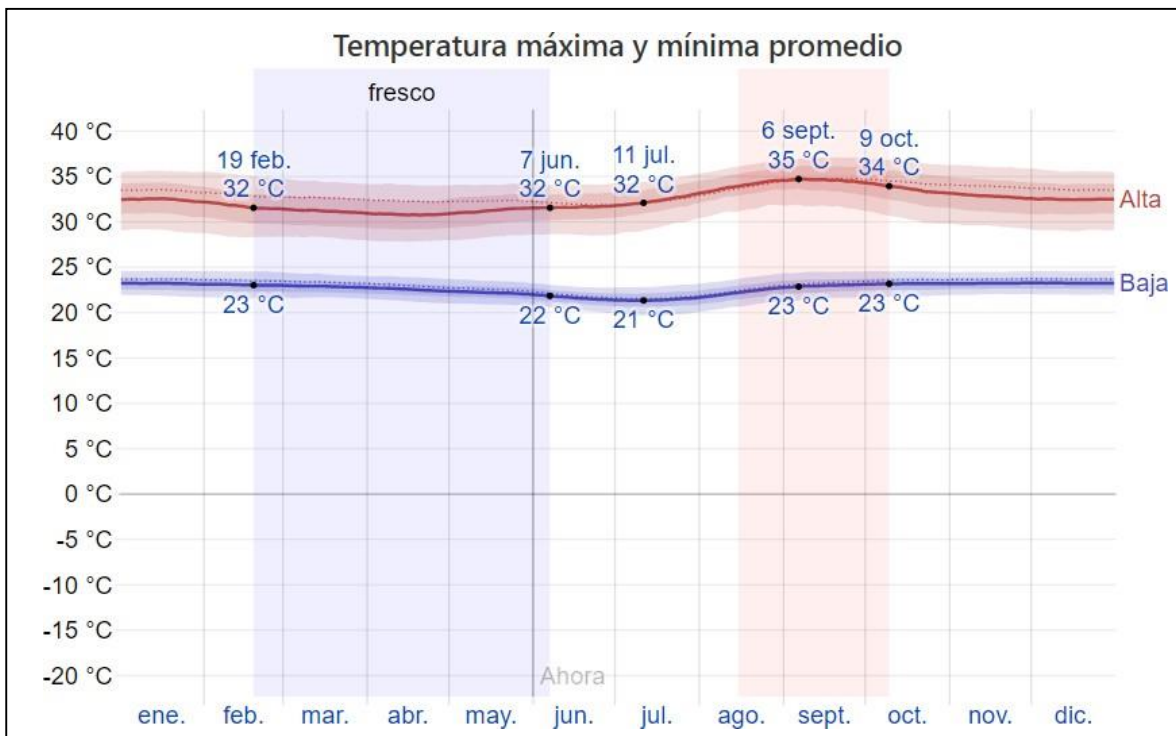


Figura 5: Temperatura, Tumbadén, San Pablo.
Fuente: SENAMHI, 2016.

Nubes

En San Pablo, el promedio del porcentaje del cielo cubierto con nubes varía extremadamente en el transcurso del año. La parte más despejada del año en San Pablo comienza aproximadamente el 28 de abril; dura 5,4 meses y se termina aproximadamente el 9 de octubre. El 31 de julio, el día más despejado del año, el cielo está despejado, mayormente despejado o parcialmente nublado el 69 % del tiempo y nublado o mayormente nublado el 31 % del tiempo. La parte más nublada del año comienza aproximadamente el 9 de octubre; dura

6,6 meses y se termina aproximadamente el 28 de abril. El 14 de febrero, el día más nublado del año, el cielo está nublado o mayormente nublado el 85 % del tiempo y despejado, mayormente despejado o parcialmente nublado el 15 % del tiempo.

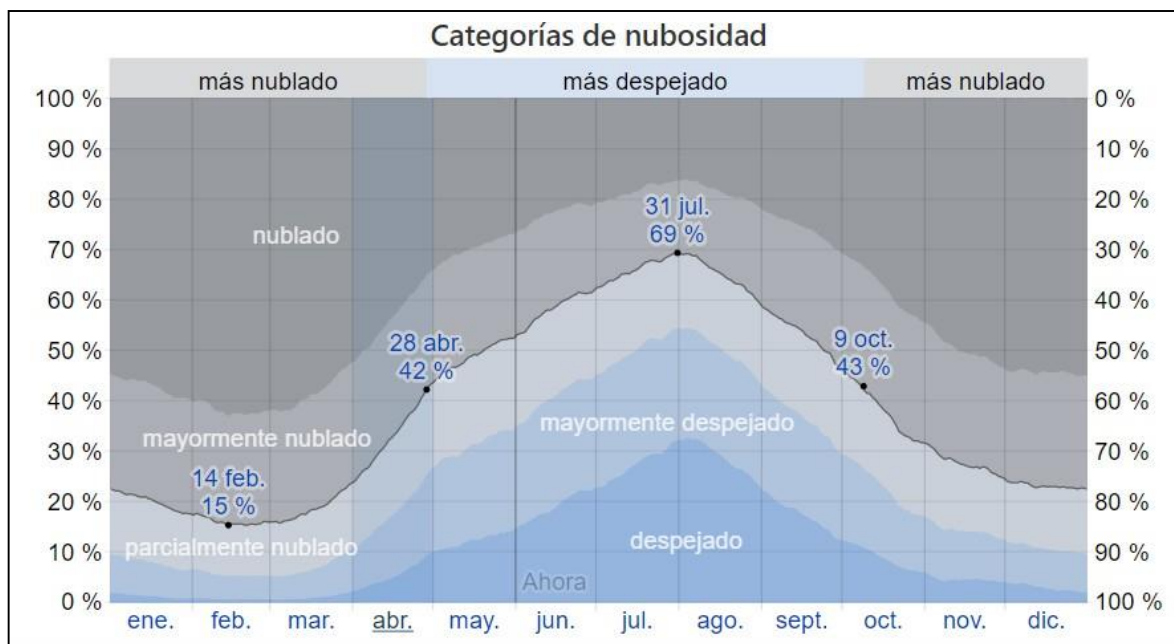


Figura 6: Presencia de nubes, Tumbadén, San Pablo.
Fuente: SENAMHI, 2016.

Precipitación

Un día mojado es un día con por lo menos 1 milímetro de líquido o precipitación equivalente a líquido. La probabilidad de días mojados en San

Pablo varía durante el año. La temporada más mojada dura 7,5 meses, de 29 de septiembre a 14 de mayo, con una probabilidad de más del 28 % de que cierto día será un día mojado. La probabilidad máxima de un día mojado es del 42 % el 8 de marzo. La temporada más seca dura 4,5 meses, del 14 de mayo al 29 de septiembre. La probabilidad mínima de un día mojado es del 14 % el 18 de agosto. Entre los días mojados, distinguimos entre los que tienen solamente

lluvia, solamente nieve o una combinación de las dos. En base a esta categorización, el tipo más común de precipitación durante el año es solo lluvia, con una probabilidad máxima del 42 % el 8 de marzo.

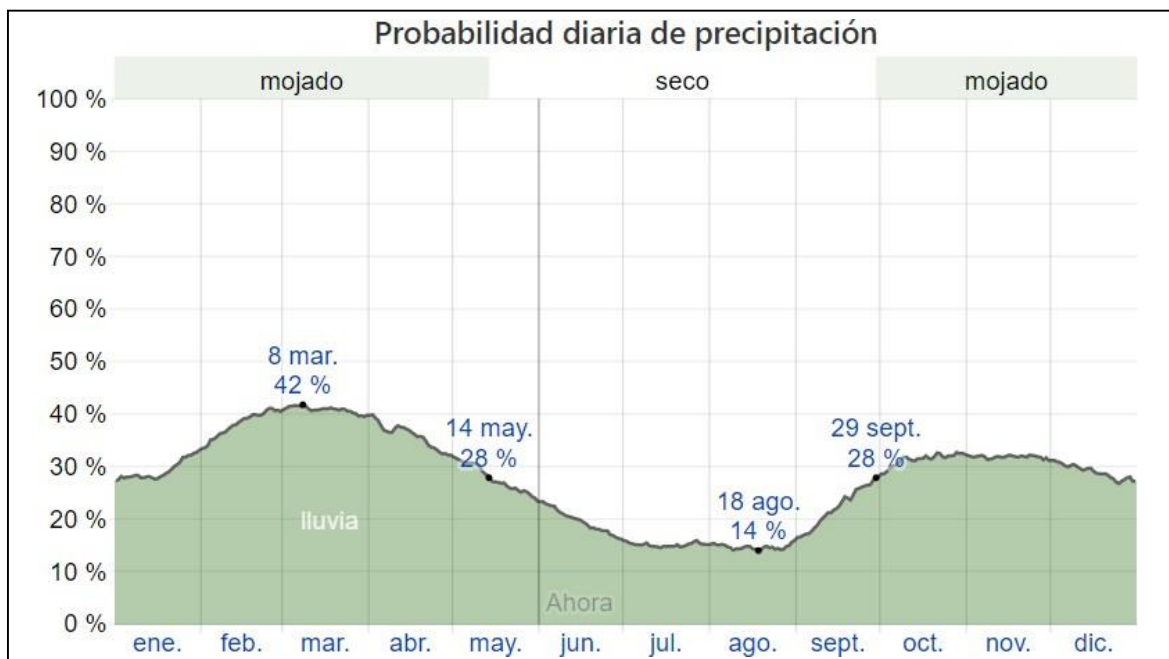


Figura 7: Precipitaciones mensuales, Tumbaden San Pablo.
Fuente: SENAMHI, 2016.

Lluvia

Para mostrar la variación durante un mes y no solamente los totales mensuales, mostramos la precipitación de lluvia acumulada durante un período móvil de 31 días centrado alrededor de cada día del año. Tumbaden tiene una variación considerable de lluvia mensual por estación. Llueve durante el año en San Pablo. La mayoría de la lluvia cae durante los 31 días centrados alrededor del 10 de marzo, con una acumulación total promedio de 96 milímetros. La fecha aproximada con la menor cantidad de lluvia es el 12 de agosto, con una acumulación total promedio de 27 milímetros.

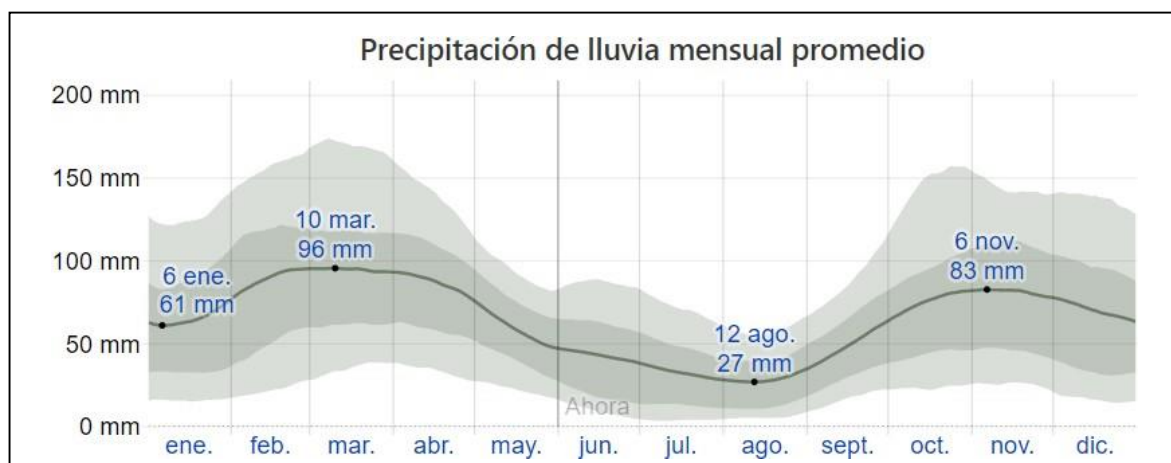


Figura 8: Lluvias mensuales, Tumbaden, San Pablo.
Fuente: SENAMHI, 2016.

3.1.4. Flora y Fauna

Flora

El área de estudio presenta una vegetación variada: Ichu, quinuales, eucaliptos, pinos, entre otros. El uso de la tierra se desarrolla una agricultura temporal (en época de lluvia), en donde se encuentran también el sembrío de papas, ollucos, Ocas, etc. y forraje, esenciales en la alimentación del ganado.



Figura 9: Vegetación típica de la zona, predominantemente la vegetación nativa que en su mayoría son ichus y Pinos.

Fuente: Elaboración propia.

Fauna

Tumbadén es el hábitat de una gran variedad de animales como: aves, marsupiales, osos, venados, zorros, roedores y otros.

3.1.5. Hidrología e Hidrogeología

Con respecto a la hidrología, la zona de estudio forma parte de la cuenca alta del río Jequetepeque y abarca la totalidad de la subcuenca del río Puclush. A su vez, dentro de esta destacan las microcuencas de los ríos Tumbadén, Rejoy quebrada Honda.

Quebrada Honda y hacia el sur toma el nombre de río Llapa, Puclush o San Miguel el cual se une con el río Chilete; por el este se tiene el río Tinte que luego transversalmente recorre con el nombre de Rejoy y Tumbadén; asimismo al este se tiene la quebrada Lazareto que desemboca en el río Rejoy y la quebrada Carcelcucho que forma el río Chetillano, el cual desemboca en el río Chilete, que en su confluencia con el río San Miguel forma el río Jequetepeque, siendo este uno de los principales proveedores a la presa Gallito Ciego. (Salinas, 2011)

La hidrogeología de la zona consta de formaciones consolidadas fisuradas con permeabilidad moderada, incluyendo formaciones kársticas (acuíferos fisurados) corresponden a unidades geológicas con mayor cantidad de fracturas y fallas donde se encuentran las aguas subterráneas, distinguiéndose unidades volcánico-sedimentarias, la cual se describen a continuación:

Acuíferos fisurados volcano-sedimentarios: Agrupa secuencias de derrames y/o piroclásticos con intercalaciones de sedimentos clásticos (areniscas, conglomerados y lutitas), de los volcánicos Oyotún, Tinajones, San Pablo y Porculla y Namballe. De acuerdo con las consideraciones teóricas expuestas al

inicio, para las unidades hidrogeológicas diferenciadas en función de su permeabilidad, se les asignan los siguientes grados de susceptibilidad a los movimientos en masa.



Figura 10: Sub cuenca, Tumbaden, San Pablo.
Fuente: Elaboración propia.

UNIDAD	LITOLOGÍA PRINCIPAL	SUSCEPTIBILIDAD	
Acuíferos porosos no consolidados	Depósitos aluviales y fluviales	Muy Baja	0
	Depósitos, fluvio-glaciales, coluviales y lacustres.	Media	2
Acuíferos porosos consolidados	Sedimentario: Conglomerados, Areniscas, conglomerados, lodolitas (Formaciones Chota, Milagro y Rosa; Formación Condebamba, Cajabamba y Sarayaquillo).	Media	2
	Volcánicos: Huambos, Porculla y Llama	Media	2
Acuíferos fisurados	Sedimentarios: areniscas y cuarcitas principalmente de las Formaciones Chimú, Grupo Goyllar, Formaciones Farrat y Carhuáz. Se incluyen areniscas y conglomerados del Grupo Mitu	Media	2
	Volcánico-sedimentarios: Secuencias de los volcánicos Oyotún, Tinajones, San Pablo y Namballe	Media	2
	Cársticos: Calizas; calizas y margas; arcillitas calcáreas; calizas margosas (Grupo Pucará, Crisnejas, Celendín).	Baja	1
Acuitardos	Intrusivos: Granitos, monzogranitos, tonalitas, granodioritas. Complejos Puscao, Patap, Santa Rosa y Paccho; Batolito de la Cordillera Blanca e intrusivos paleozoicos y cuerpos subvolcánicos neógenos.	Media	2
	Sedimentarios: Formaciones Santa, Carhuáz, Inca, Chulec, Pariatambo, Yumagual, Quilquiñán y Mujarrún, Cajamarca; La Leche. Formación Chicama.	Alta	3
	Volcánicos-sedimentarios: Volcánicos Chilete, Tembladera.	Media	2
Acuícludos	Metamórficos: Esquistos, gneis, filitas y cuarcitas del Complejo Marañón, Complejo Olmos, Formaciones Salas y Río Seco.	Muy Alta	4

Figura 11: Susceptibilidad y unidades.
Fuente: Ingemmet, S/F

3.2. Marco geológico

3.2.1. Geología Regional

Formación San Pablo. Se llama así a la secuencia superior del Grupo Calipuy o también llamado Volcanismo cenozoico que aflora en los alrededores del pueblo de San Pablo. Consiste en gruesos bancos de rocas volcánicas, intercaladas en la base con areniscas rojizas y en la parte superior de una espesa secuencia de aglomerados y piroclásticos bien estratificados. Alcanza un grosor estimado en 900 m.

El Formación San Pablo aflora en el valle de Jequetepeque yaciendo con suave discordancia erosional al Formación Chilete, pero no sería raro encontrarlo descansando directamente sobre el Cretáceo en discordancia angular. Subyace al Formación Huambos con igual relación. Sus afloramientos se extienden ampliamente por la Cordillera Occidental, de tal forma que, en muchos lugares, especialmente fuera del área, el Grupo Calipuy está representado sólo por estos volcánicos, cuya composición es generalmente dacítica y en menor proporción andesítica. Hacia el tope se destacan capas areno – lutáceas de color rojizo con lechos de calcedonia, a las que se intercala una gruesa secuencia de aglomerados, brechas y piroclásticos, tal como se observa en las cumbres de los cerros ubicados al norte de Cajamarca, al este de San Miguel, zona de Quiruvilca, Pampa de la Julia y en los alrededores de la mina de Cascabamba. (Boletín, 31)

3.2.2. Geología Local

En la carretera Kuntur Wasi afloran distintas formaciones con edades comprendidas desde el Paleógeno hasta el Cuaternario, el piso estratigráfico es la Formación San Pablo, representado por rocas volcánicas del Paleógeno y Depósitos Cuaternarios del Holoceno.

- Formación San Pablo

Se llama así a la secuencia superior del Grupo Calipuy que aflora en los alrededores del pueblo de San Pablo y noreste de San Miguel (fuera del área). Consiste en gruesos bancos de rocas volcánicas, intercaladas en la base con areniscas rojizas y en la parte superior de una espesa secuencia de aglomerados y piroclásticos bien estratificados.

La Formación San Pablo aflora en el valle de Jequetepeque yaciendo con suave discordancia erosional a la formación Chilete, pero no sería raro encontrarlo suprayaciendo directamente sobre las rocas del Cretáceo en discordancia angular. Subyace a la Formación Huambos con igual relación. Sus afloramientos se extienden ampliamente por la Cordillera Occidental, de tal forma que, en muchos lugares, especialmente fuera del área, el Grupo Calipuy está representado sólo por restos volcánicos, cuya composición es generalmente dacítica y en menor proporción andesítica.

En la siguiente imagen podemos ver una roca con moderado fracturamiento, presencia de venillas primarias que son cortadas por venillas secundarias de óxidos de hierro, oxidación moderada posible zona de alteración argílica, Las venillas primarias son de limonita y son cortadas por venillas de hematita.



Figura 12: Dacitas altamente erosionadas por la presencia de agua.
Fuente: Elaboración propia.

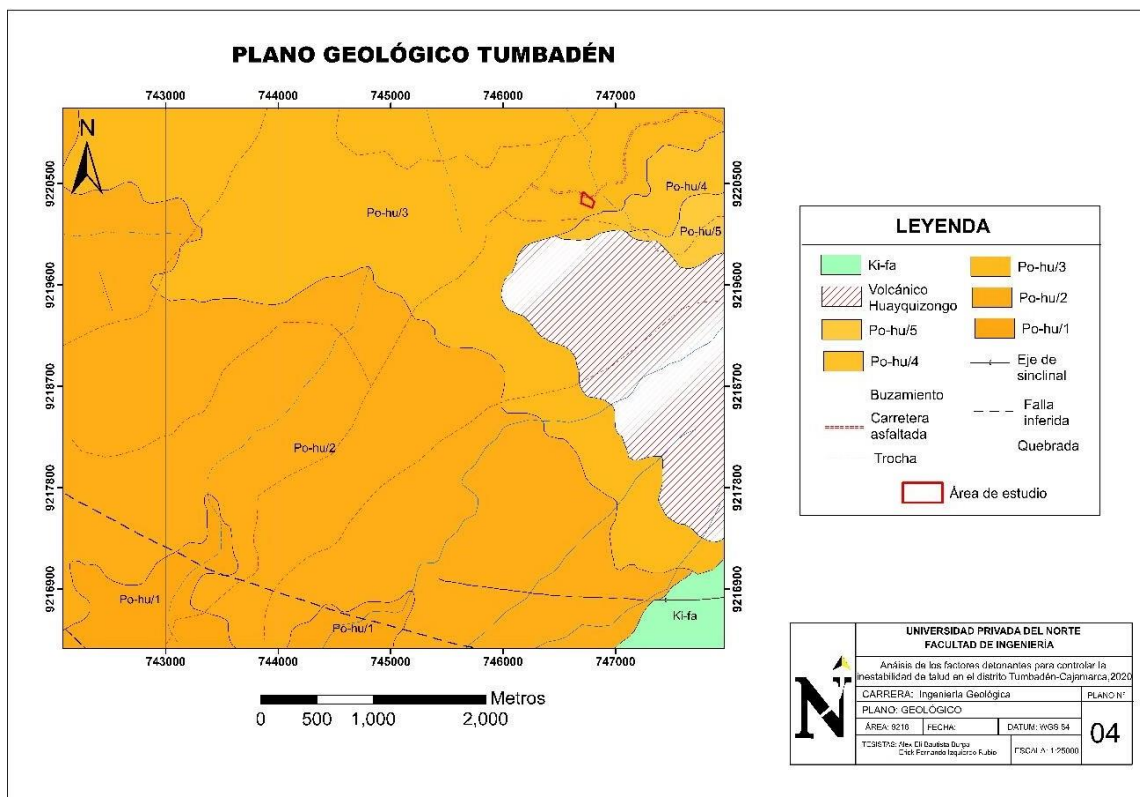


Figura 13: Plano geológico de la zona de estudio.
Fuente: Elaboración propia.

3.2.3. Geología Estructural

En nuestra el área de estudio, se logró observar que las rocas que están aflorando no han sufrido ningún efecto de deformación tectónica.

Fallas

En la zona estudiada no se han encontrado fallamientos intensos, ni muy pronunciados, pero si se pudo observar fracturas, las que tienen como rumbo NE – SW, que están de forma perpendicular al corredor estructural regional.

Diaclasas

En el proyecto se pudo encontrar diaclasamiento en las rocas volcánicas de la formación San Pablo, éstas tienen direcciones NESW y NW – SE.

3.3. Reconocimiento morfológico del área de estudio.

Las unidades geomorfológicas o de relieve que se han podido encontrar en el distrito de Tumbadén (tramo en vía de tránsito), se han delimitado y clasificado teniendo en cuenta la jerarquía y configuración de los paisajes. De acuerdo a estos mismos, los cuales han sido formados como resultado de los procesos endógenos relacionados con la tectodinámica, tales como, plegamiento, fallamiento; así como de los procesos morfo dinámicos exógenos que modifican los paisajes existentes o que están modelando otros nuevos, como la denudación en general y, en menor escala ciertas formas de agradación; influyendo, la litología conformando la estructura de los paisajes. Para la determinación de las unidades geomorfológicas se ha tomado en consideración las altitudes desde 3000 hasta 3500 m.s.n.m.,

Depósitos cuaternarios

Conformados por depósitos coluvio - aluviales, rodados de 20 cm a 50cm aproximadamente, con óxidos de hierro (limonita, hematita y gohetita), estos se han formado a partir de materiales acumulados por acción de las precipitaciones y la gravedad. Se encuentran distribuidos en superficies de

laderas, en piedemontes de colinas y montañas, en la zona de estudio se caracterizan por tener fragmentos de areniscas, clastos sub redondeados y redondeados.



Figura 14: Depósitos cuaternarios en la zona de estudio.
Fuente: Elaboración propia.

Unidades Geomorfológicas

En la zona de estudio hay un clima lluvioso intenso y la presencia de vegetación en casi su totalidad, presenta una altura máxima de 3400 m.s.n.m y una mínima de 3100 m.s.n.m. Para determinar las unidades geomorfológicas tomamos como referencia la clasificación de alturas y pendientes para lo cual utilizamos como referencia los intervalos definidos en la siguiente tabla:

Tabla 2

Unidades Geomorfológicas.

Pendientes	Descripción
0° - 8°	Planicies
8° - 20°	Lomadas
20° - 50°	Laderas
50° - 90°	Escarpas

Fuente: Elaboración propia.

Lomadas (8° a 20°)

Terreno de superficie heterogénea, con elevaciones de bajo ángulo y pendientes suaves ya que está comprendida entre los 8° a 20°, se encuentran en poco porcentaje en la zona de estudios.



Figura 15: Lomada formada al noroeste de la carretera. N: 9220484 E: 746608

Fuente: Elaboración propia.

Laderas (20° a 50°)

El terreno es relativamente inclinado y heterogéneo, con inclinaciones que están comprendidas entre los 20 ° a 50 °, se encuentran en su mayoría en la zona de estudios. Estas áreas son aprovechadas para la agricultura y pastoreo.



Figura 16: Ladera formada al margen izquierdo de la carretera. N: 9220430 E: 746711
Fuente: Elaboración propia.

Escarpes (50° a 90°)

(Burga, 2011) lo describe como: “Fuerte desnivel en los terrenos que delimita a dos superficies más o menos planas”. Consideradas en un intervalo de 50° a 90°. La presencia de escarpas en la zona es en poco porcentaje.



Figura 17: Escarpa formada al margen derecho de la carretera Cajamarca- San Pablo.
Fuente: Elaboración propia.

3.4. Materiales que componen el talud

Para poder determinar el tipo de material que se encuentran en la zona de estudio, se ha realizado un muestreo probabilístico (elección aleatoria de cualquier tipo de material en el lugar de estudio). Para ello se ha establecido el recojo de tres muestras clasificadas en campo (M – 001; M – 002 y M – 003) y en Laboratorio (C – 01 – M1; C – 02 – M1 y C – 03 – M1). Estas muestras han de ser derivadas hacia el laboratorio (KAOLYN INGENIEROS S.A.C.) para su respectivo análisis y determinaciones.

3.4.1. Ensayos de laboratorio.

Los ensayos de laboratorio que se efectuaron a las muestras obtenidas durante el muestreo consisten en el contenido de humedad que poseen, el análisis granulométrico por tamizado del material y los límites de consistencia (Líquido, plástico e índice de plasticidad) que derivan.

Para la ejecución de los ensayos antes señalados se aplicaron los siguientes procedimientos normalizados por la American Standard of Testing Materials (ASTM), no se ha podido evidenciar nivel freático en ninguna de los muestreos dentro de los trabajos de campo realizados.

En la tabla N°03 se muestran los procedimientos normalizados ASTM.

Tabla 3
Ensayos Estándar

Estándares	Normas asociadas
Análisis granulométrico	: Norma ASTM - D422
Límite Líquido	: Norma ASTM – D4318
Límite Plástico	: Norma ASTM - D4318
Humedad Natural	: Norma ASTM - D2216

Fuente: Elaboración propia.



Figura 18: Muestreo en la zona de estudio.
Fuente: Elaboración propia.

3.4.2. Clasificación de suelos.

Las muestras ensayadas en laboratorio se han clasificado de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS, para el análisis granulométrico) y AASHTO (para la determinación de los límites de consistencia)

La tabla 04, muestra las caracterizaciones de los suelos analizados, observándose que se trata de *limos y arcillas inorgánicos de baja plasticidad con un límite líquido (LL) menor a 50*. Se describen sucesiones de índices de plasticidad (IP) los cuales varían entre 11% y 14%, un contenido de humedad (W%) que varía entre 11.46 % hasta 22.98%, límite plástico (LP) que va desde 22% hasta 30% y con límite líquido (LL) que varía entre 33% hasta 44%.

Tabla 4
Límites de consistencia y Contenido de humedad por cada una de las muestras recolectadas.

N° de muestras	Humedad W (%)	Límites de Consistencia		
		LL (%)	LP (%)	IP (%)
C – 01 – M1	22.98	44	30	14
C – 02 – M1	18.45	33	22	11
C – 03 – M1	11.46	36	22	14

Fuente: Elaboración propia.

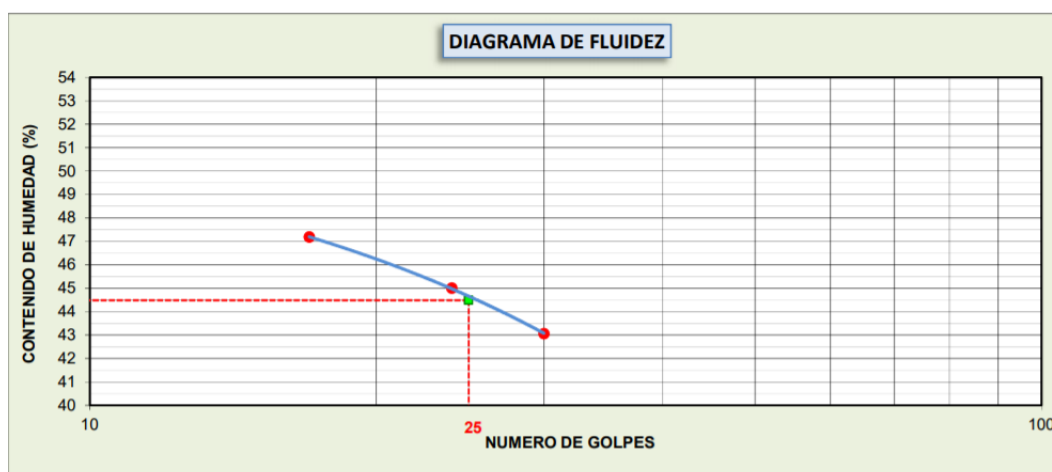


Figura 19: Diagrama de fluidez, (C – 01 – M1)
Fuente: Laboratorios – KAOLYN INGENIEROS SAC, 2020.

En la anterior figura se observa una representación con el contenido de humedad versus el número de golpes para poder determinar el límite líquido de la muestra analizada, según se evidencia, el límite líquido para la (C – 01 – M1) es de 44%, lo cual al ser este menor que 50 y asociarse dentro de la clasificación de suelos finos, llega a ser determinado como un Limo inorgánico de baja plasticidad.

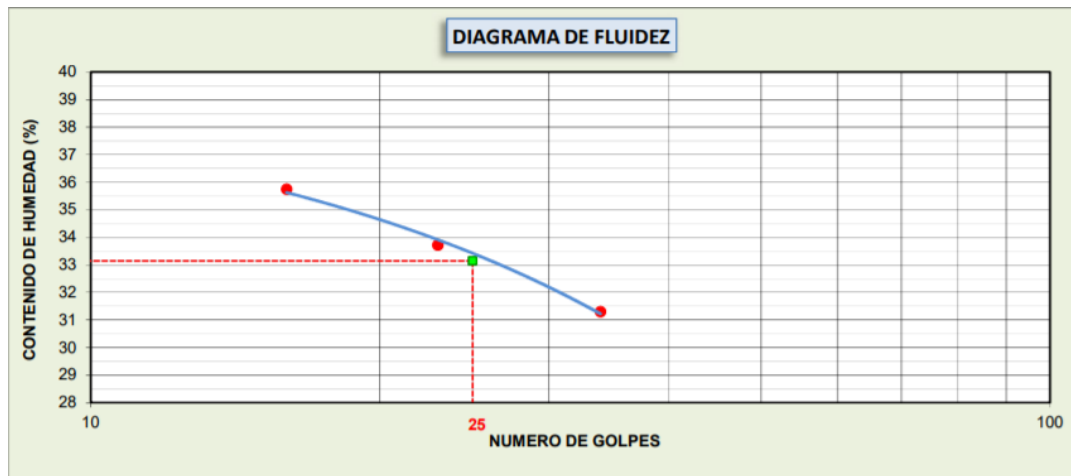


Figura 20: Diagrama de fluidez, (C – 02 – M1)
 Fuente: Laboratorios – KAOLYN INGENIEROS SAC, 2020.

En la anterior figura se observa una representación con el contenido de humedad versus el número de golpes para poder determinar el límite líquido de la muestra analizada, según se evidencia, el límite líquido para la (C – 02 – M1) es de 33%, lo cual, al ser este menor que 50 y asociarse dentro de la clasificación de suelos finos, llega a ser determinado como arcilla inorgánica de baja plasticidad.

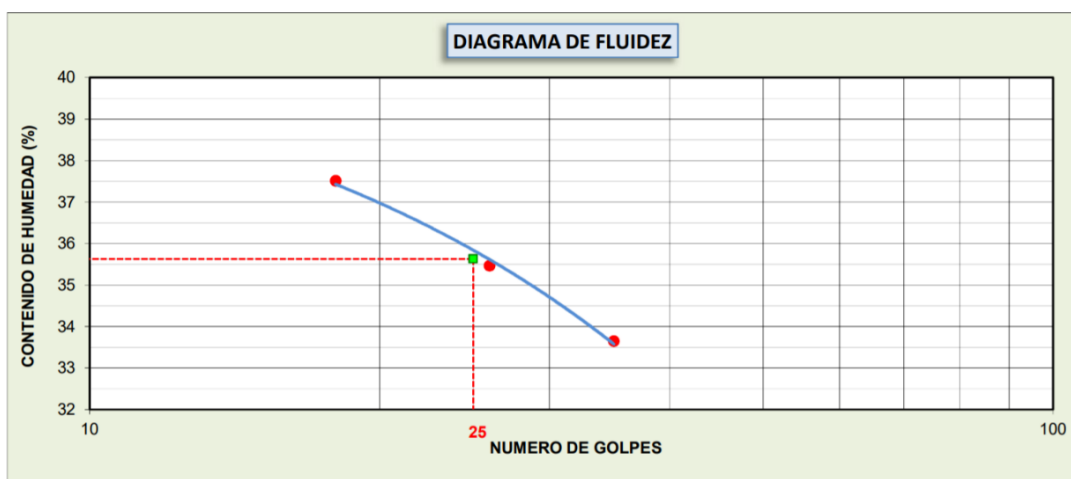


Figura 21: Diagrama de fluidez, (C – 03 – M1)
 Fuente: Laboratorios – KAOLYN INGENIEROS SAC, 2020.

En la anterior figura se observa una representación con el contenido de humedad versus el número de golpes para poder determinar el límite líquido de la muestra analizada, según se evidencia, el límite líquido para la (C – 03 – M1) es de 36%, lo cual, al ser este menor que 50 y asociarse dentro de la clasificación de suelos finos, llega a ser determinado como arcilla inorgánica de baja plasticidad.

Posteriormente, se muestra la tabla N° 05 en dónde a través de análisis granulométrico con SUCS se muestran los resultados de contenidos en porcentaje de grava, arena y finos. Descriptivamente se observan que el contenido de las tres muestras podemos observar que se trata de mayor contenido de materiales finos que varía desde 84.4% hasta 92.4% de finos, en el contenido de arenas tenemos que varía de 7.6% hasta 15.6%.

Tabla 5
Análisis granulométrico de cada una de las muestras estudiadas.

Granulometría			
N° DE MUESTRA	Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)
C – 01 – M1	9.28	10.64	80.07
C – 02 – M1	5.29	14.67	80.00
C – 03 – M1	21.26	27.72	51.02

Fuente: Elaboración propia.

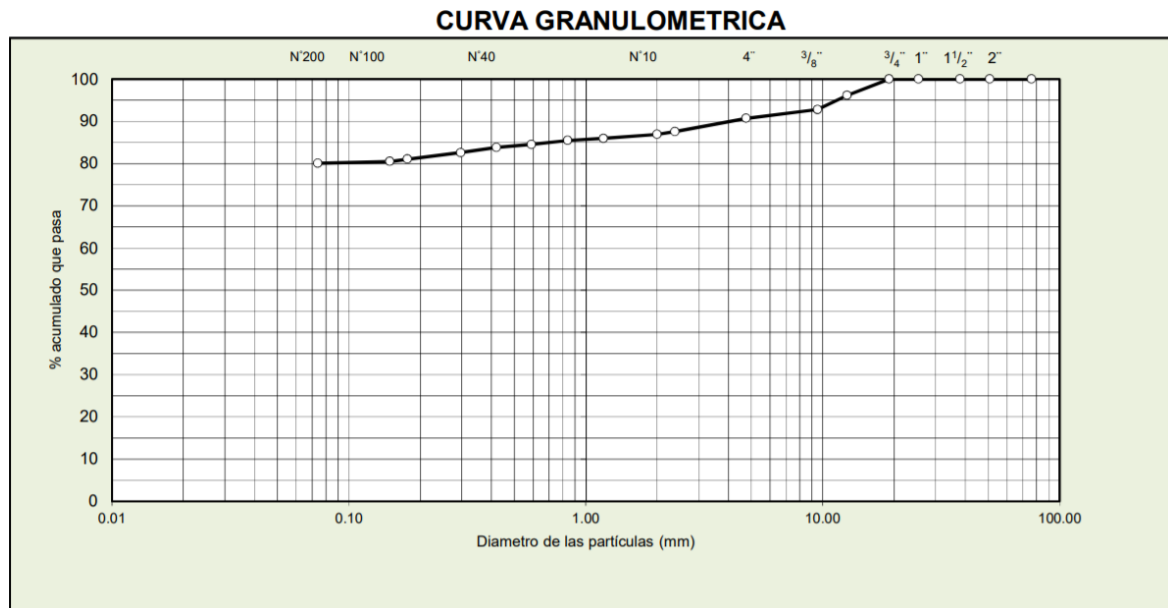


Figura 22: Curva de análisis granulométrico, pasante vs abertura de tamiz, (C – 01 – M1)
 Fuente: Laboratorios – KAOLYN INGENIEROS SAC, 2020.

En la figura 21 se puede observar la muestra y representación de un análisis granulométrico donde el contenido de gravas, arenas y finos son de 9.28%, 10.64% y 80.07% consecutivamente.

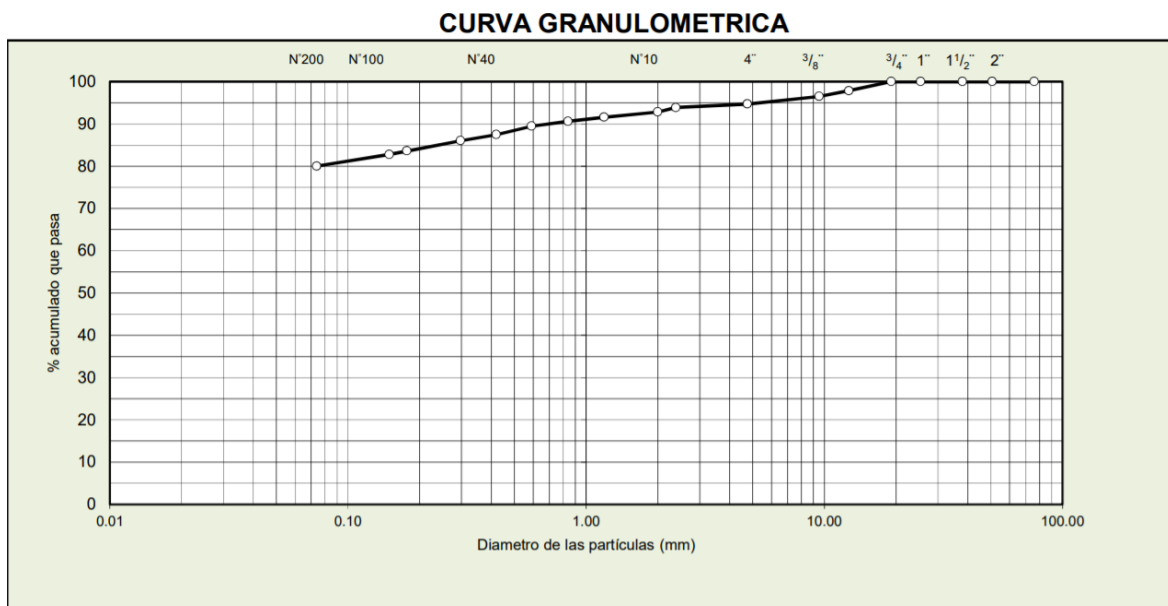


Figura 23: Curva de análisis granulométrico, pasante vs abertura de tamiz, (C – 02 – M1)
 Fuente: Laboratorios – KAOLYN INGENIEROS SAC, 2020.

La anterior figura nos muestra y representa un análisis granulométrico donde el contenido de gravas, arenas y finos son de 5.29%, 14.67% y 80.00% consecutivamente.

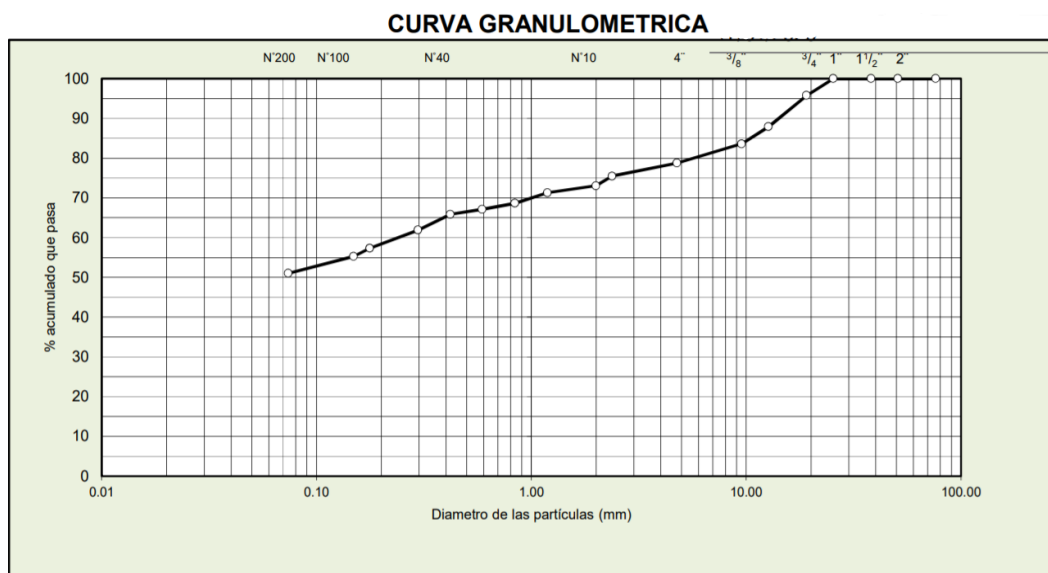


Figura 24: Curva de análisis granulométrico, pasante vs abertura de tamiz, (C – 03 – M1)
Fuente: Laboratorios – KAOLYN INGENIEROS SAC, 2020

La anterior figura nos muestra y representa un análisis granulométrico donde el contenido de gravas, arenas y finos son de 21.26%, 27.72% y 51.02% consecutivamente.

Posteriormente, de acuerdo a la tabla N° 6 se ha caracterizado a los suelos mediante SUCS.

Tabla 6
Clasificación de suelos según SUCS.

N° DE MUESTRA	SUCS	Características
C – 01 – M1	ML	Limo inorgánico de baja plasticidad. (ML)
C – 02 – M1	CL	Arcilla inorgánica de baja plasticidad (CL).
C – 03 – M1	CL	Arcilla inorgánica de baja plasticidad (CL).

Fuente: Elaboración propia.

3.5. Diagnóstico de factores detonantes en la inestabilidad del talud.

Para el diagnóstico de factores que han podido causar la inestabilidad de talud en el tramo ya mencionado, se tendrán en cuenta los principales factores como comportamiento de aguas superficiales, meteorización de suelos por agentes climáticos, precipitaciones usuales en el área de estudio,

3.5.1. Precipitaciones.

Las precipitaciones y el régimen climático influyen en la estabilidad de los taludes al modificar el contenido de agua del terreno. La alternancia de periodos de sequía y lluvia produce cambios en la estructura de los suelos que dan lugar a pérdidas de resistencia. Se puede establecer criterios de riesgo de inestabilidad de taludes en función a la pluviometría.

En determinados tipos de suelos o macizos rocosos blandos, los procesos de meteorización juegan un papel importante en la reducción de sus propiedades resistentes, dando lugar a una alteración y degradación intensas al ser expuestos los materiales a las condiciones ambientales como consecuencia de una excavación. Esta pérdida de resistencia puede dar lugar a la caída del material superficial y, si afecta a zonas críticas del talud, como su pie, puede generar roturas generales, sobre todo en condiciones de presencia de agua. (Gonzales, 2002, citado por Huamán, 2017).

La precipitación, es toda forma de humedad que, originándose en las nubes, llega hasta la superficie del suelo, de acuerdo a esta definición la precipitación puede ser en forma de: lluvias, granizadas, garúas y nevadas. (Villón, 2002). En deslizamientos, la precipitación es una variable independiente pero detonante; por lo cual es necesario contar con datos de medición de las mismas.

La precipitación se mide en términos de la altura de lámina de agua, y se expresa comúnmente en milímetros. Esta altura de lámina de agua, indica la altura del agua que se acumularía en una superficie horizontal, si la precipitación permaneciera donde cayó. Los aparatos de medición se basan en la exposición a la intemperie de un recipiente cilíndrico abierto en su parte superior, en el cual se recoge el agua producto de la lluvia y otro tipo de precipitación, registrando la altura. Los aparatos de medición se clasifican de acuerdo con el registro de las precipitaciones, en pluviómetros y pluviógrafos.

Análisis de las precipitaciones.

Para el análisis de precipitaciones se usará la data obtenida de la estación meteorológica Augusto Weberbauer ubicada en la UNC – Se han tomado referencia de estos datos ya que es la más cercana a nuestra zona de estudio. Los datos corresponden a los últimos 10 años, para que se obtengan mayores resultados. Para ello, se ha tenido además que calcular el factor de transposición de acuerdo a la zona de estudio.

La estación (AW), se encuentra en la provincia de Cajamarca, región de Cajamarca con coordenadas E: 776 876 y N: 9206967. Y con una cota de 2678 m.s.n.m.

Para este caso, la ecuación de Oswald ha sido necesaria para poder efectuar la transposición y evaluar el comportamiento de las precipitaciones in situ.

Tabla 7
Factor de transposición.

Zona de estudio	Precipitación a altitud (PP)	Se encontrará con el FT	mm
Estación (AW)	Precipitación a altitud (PP1)	Ref. fecha para transformar	Mm
Zona de estudio	Altura in situ (H)	2678	Mm
Estación (AW)	Altitud estación AW (H1)	3261	Mm
Factor de Transposición → $FT=2678/3261 \rightarrow FT=0.821$			

Tabla 8
Datos meteorológicos de la estación AW – UNC en los últimos 10 años (precipitaciones en mm)

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2009	160.7	74.6	110.5	78.8	42.2	17.4	12.3	3.9	11.8	78.5	109.4	74.2
2010	49.5	112.9	123.1	110.9	40	8.6	2.6	1.3	27.9	44.4	52.5	70.8
2011	76.6	73.3	125.2	101.6	17.1	0.4	8.3	0	47.1	31.5	24.4	109.7
2012	152.3	136.6	126.4	72.8	51.5	0.2	0	2.5	19.1	83.2	120.3	57.7
2013	62.1	98	213.3	73.8	65.6	7.5	5.7	21.5	3.7	110.7	10.9	51.9
2014	75.5	89.7	191.8	104.7	38.3	6.9	2.5	5	37.3	34.8	60.1	153
2015	243.9	72.8	266.3	83.8	76.6	3	4.5	0.1	28.2	16.8	99.6	39.5
2016	82.9	85.3	121.3	56.2	7	1.6	2.1	1.1	25.1	28.9	45.4	34.1
2017	50	115.4	125	109.4	35.5	9.6	3.6	1.4	29.5	45.6	53.2	75.6
2018	250	70.8	257	80.8	75.6	7	8	1.5	29.9	17.8	101.1	45.6
2019	81.5	134	120.1	97.5	25.5	16.4	3	14	36.8	48.6	75.4	38.4

Tabla 9
Resultados de transposición en los últimos 10 años (zona de estudio).

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2009	132.0	61.3	90.7	64.7	34.7	14.3	10.1	3.2	9.7	64.5	89.8	60.9	635.9
2010	40.7	92.7	101.1	91.1	32.8	7.1	2.1	1.1	22.9	36.5	43.1	58.1	529.3
2011	62.9	60.2	102.8	83.4	14.0	0.3	6.8	0.0	38.7	25.9	20.0	90.1	505.2
2012	125.1	112.2	103.8	59.8	42.3	0.2	0.0	2.1	15.7	68.3	98.8	47.4	675.5
2013	51.0	80.5	175.2	60.6	53.9	6.2	4.7	17.7	3.0	90.9	9.0	42.6	595.1
2014	62.0	73.7	157.5	86.0	31.5	5.7	2.1	4.1	30.6	28.6	49.4	125.6	656.6
2015	200.3	59.8	218.7	68.8	62.9	2.5	3.7	0.1	23.2	13.8	81.8	32.4	767.9
2016	68.1	70.1	99.6	46.2	5.7	1.3	1.7	0.9	20.6	23.7	37.3	28.0	403.2
2017	41.1	94.8	102.7	89.8	29.2	7.9	3.0	1.1	24.2	37.4	43.7	62.1	536.9
2018	205.3	58.1	211.1	66.4	62.1	5.7	6.6	1.2	24.6	14.6	83.0	37.4	776.1
2019	66.9	110.0	98.6	80.1	20.9	13.5	2.5	11.5	30.2	39.9	61.9	31.5	567.6

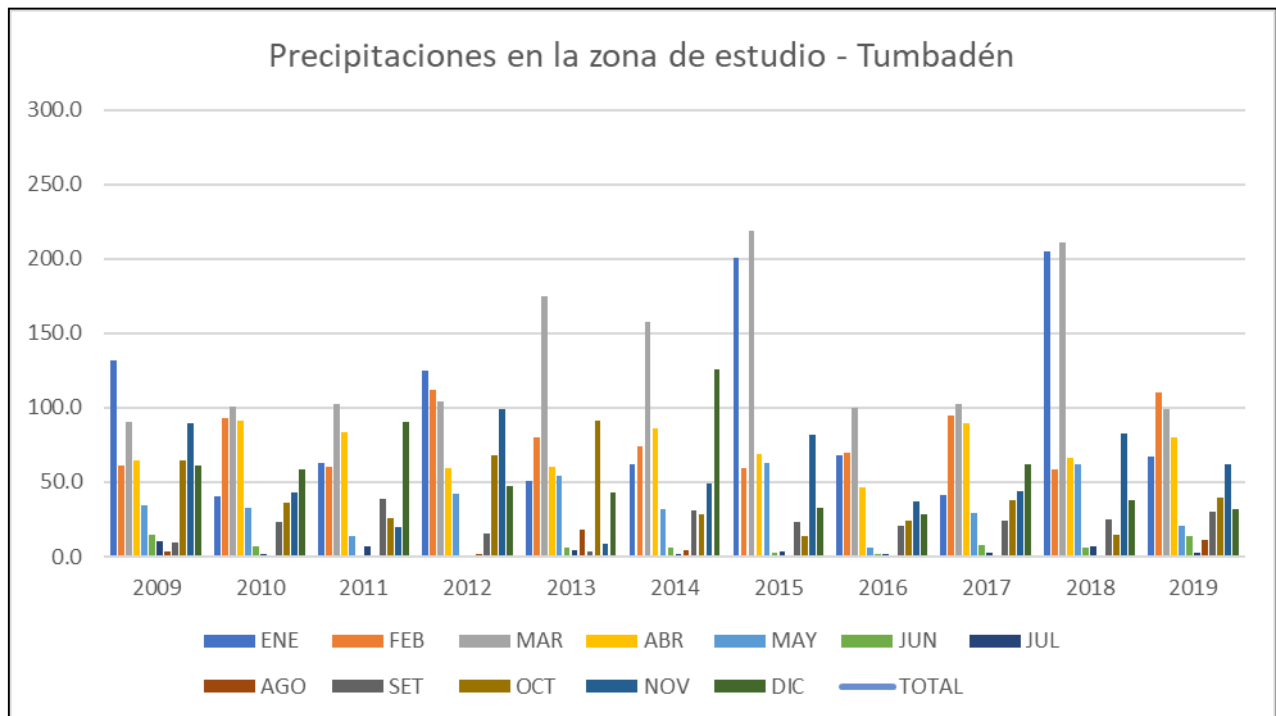


Figura 25: Resumen estadístico de interpolación de precipitaciones.
Fuente: Elaboración propia.

Como ya se ha mencionado anteriormente, para desarrollar el análisis de precipitaciones se usó la data obtenida del centro meteorológico de Cajamarca (AW), para ello se ha implementado la ecuación de Oswald, la cual permite transponer el grado de precipitaciones en mm hacia otro lugar a través del factor de transposición y la cota del lugar de estudio. Para el análisis, se ha tomado como NRP (nivel referencial de precipitaciones las fechas correspondientes desde octubre hasta abril) fechas en donde las lluvias aumentan considerablemente, así como las precipitaciones en mm. Sobre este nivel de RP, se asume que las zonas similares al talud observado pueden llegar a deslizarse constantemente si las lluvias suelen subir como a inicios del 2018 y 2019 (las precipitaciones presentaron muchas aceleraciones y por lo tanto problemas de infiltración y desestabilización de suelos, provocando a la vez las roturas circulares como se ha observado en las imágenes correspondientes.

3.5.2. Aguas superficiales por intensidad de lluvias.

Suárez (2019), afirma lo siguiente, "El agua es el factor que más comúnmente es asociada con las fallas de los taludes, debido a que la mayoría de los deslizamientos ocurren después de lluvias fuertes o durante períodos lluviosos. La interpretación más frecuente del efecto del agua es que las lluvias por infiltración saturan el talud y la presión de poros, induce a una disminución de la resistencia al cortante, la cual, a su vez, puede activar un deslizamiento".

Por lo tanto, existen evidencias muy claras de la relación directa entre las lluvias y la ocurrencia de deslizamientos de tierra. Adicional a las infiltraciones de agua lluvia pueden existir otras fuentes de agua como son los cuerpos de agua (canales, cañadas o lagunas) arriba del talud, en los cuales puede ocurrir infiltración localizada.

"Los cambios en el sistema hidrológico del talud pueden afectar el comportamiento de este. Si el régimen de agua del suelo es alterado drásticamente por irrigación, remoción de la vegetación o inundación parcial, se puede producir la inestabilidad de los taludes". (Suarez, 2009)

De esta manera, cuando las lluvias son torrenciales, el impacto físico de las gotas de agua ataca enérgicamente el suelo y provoca la disgregación y removilización de las partículas superficiales, que son arrastradas por el agua. A su vez, la cantidad de lluvia caída en tan poco tiempo excede la capacidad de infiltración en el terreno, por lo que se produce una escorrentía superficial que intensifica el efecto erosivo del agua sobre las laderas durante el transporte del sedimento y forma depósitos característicos al pie de las pendientes.

Si, por el contrario, el agua de lluvia se infiltra lentamente, se produce un mayor grado de saturación del terreno, que puede llegar a formar un nivel de agua subterránea. En general existe una buena correlación entre la frecuencia de deslizamientos y la estación del año, correspondiendo un mayor número de aquéllos a los meses más lluviosos. Este fenómeno se incrementa en zonas muy húmedas y durante los periodos con lluvias más extensas e intensas aumenta también la magnitud de los movimientos, ya que el terreno presenta un elevado grado de saturación como consecuencia de lluvias anteriores.

3.5.3. Litología presente en el área de estudio.

Para ello se ha realizado un mapeo en campo y posteriores análisis de laboratorio los cuales han determinado la presencia de Limos inorgánicos de baja plasticidad lo cual permiten que el material se encuentre más suelto y a la vez en función de los agentes meteorológicos sean más fáciles de moverse, deslizarse y depositarse. Lo mismo pasa con las arcillas encontradas a través del análisis desarrollado, estas son de baja plasticidad, inorgánicas y con las

mismas propiedades, se encuentran propensas a moverse fácilmente y generar
 la inestabilidad del talud, de la mano de los factores o agentes climáticos.

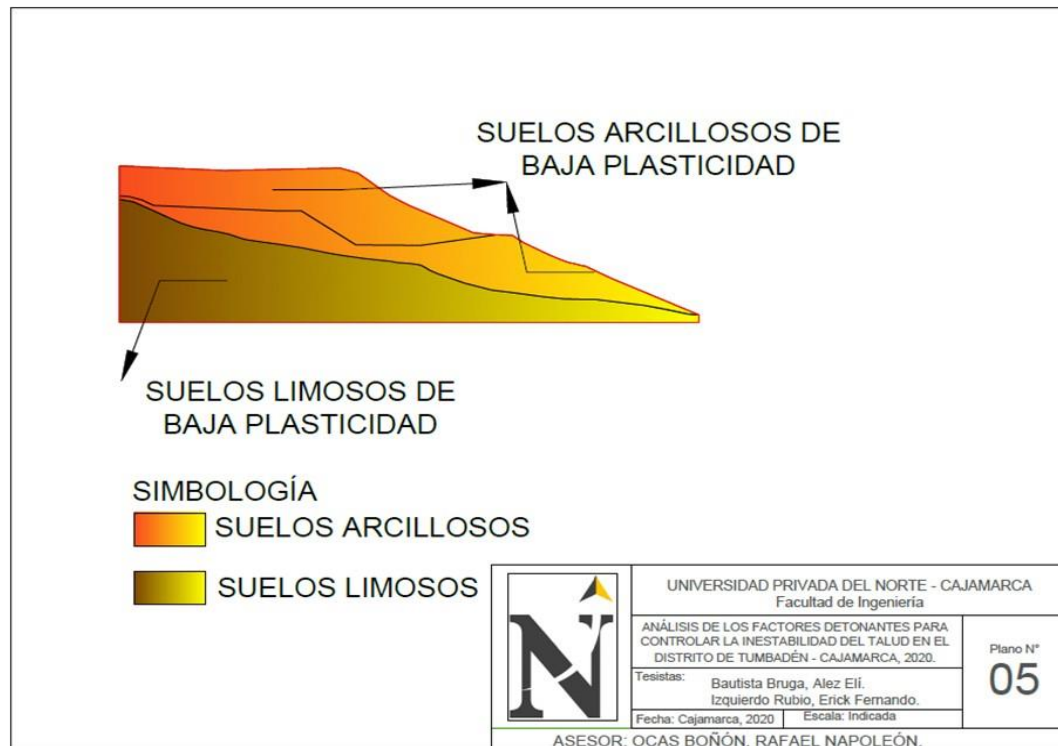


Figura 26: Litología encontrada en base a los estudios de laboratorios e in situ.
 Fuente: Elaboración propia.

3.6. Evaluación y diseño de talud estable

3.6.1. Evaluación inicial, estudio y determinación final del talud.

En esta evaluación se observará el comportamiento del talud de manera real, incluyendo posibles casos de saturación y sismicidad de acuerdo a la zona donde se encuentre.

Para ello se describe que los efectos de un sismo en un talud pueden modelarse empleando aceleraciones horizontales y constantes. Terzaghi, en 1959, fue el primero en aplicar un modelo pseudo-estático para realizar un estudio de estabilidad de taludes durante un evento sísmico. En estos modelos, se

representan los efectos del sismo mediante aceleraciones pseudoestáticas, las cuales producen fuerzas de inercia situadas en el centro de gravedad de cada dovela. De acuerdo con la última actualización de la norma E030. Diseño sismorresistente, Perú se divide en cuatro zonas sísmicas:

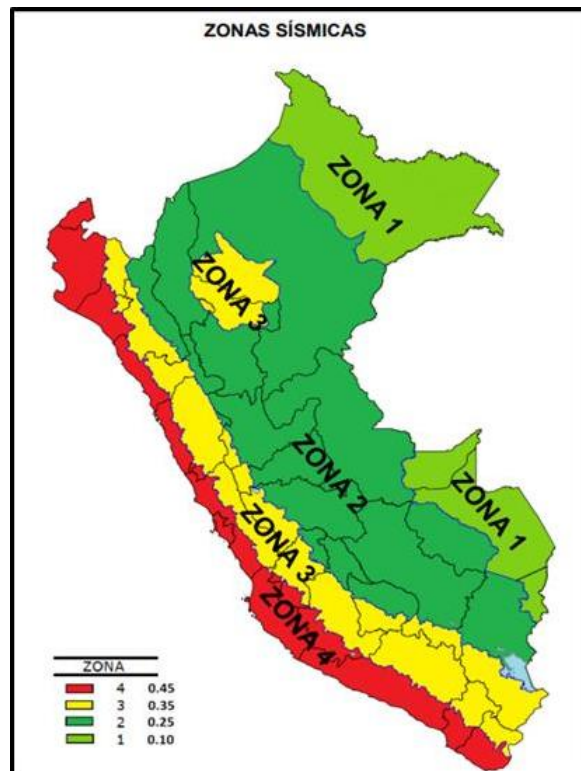


Figura 27: Mapa de acciones sísmicas
Fuente: Valiente, 2016.

Este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad.

Tabla 10
Factor por zonas sísmicas

FACTOR DE ZONAS	
ZONA	Z
1	0.10
2	0.25
3	0.35
4	0.45

En este caso, el factor de sismicidad se aplicará posterior al análisis inicial, para verificar cuanto es la variación con respecto a un análisis normal (evaluando sus LL y LP), en el análisis se ha detallado u analizado estos factores en la parte 3.4.2.)

Para poder realizar el análisis

- Diseño del Talud

El diseño del talud de inicial consta de la misma topografía encontrada y dentro del mismo se evaluará su factor de seguridad actual. Por lo tanto, la situación actual del talud se ve de la siguiente manera.

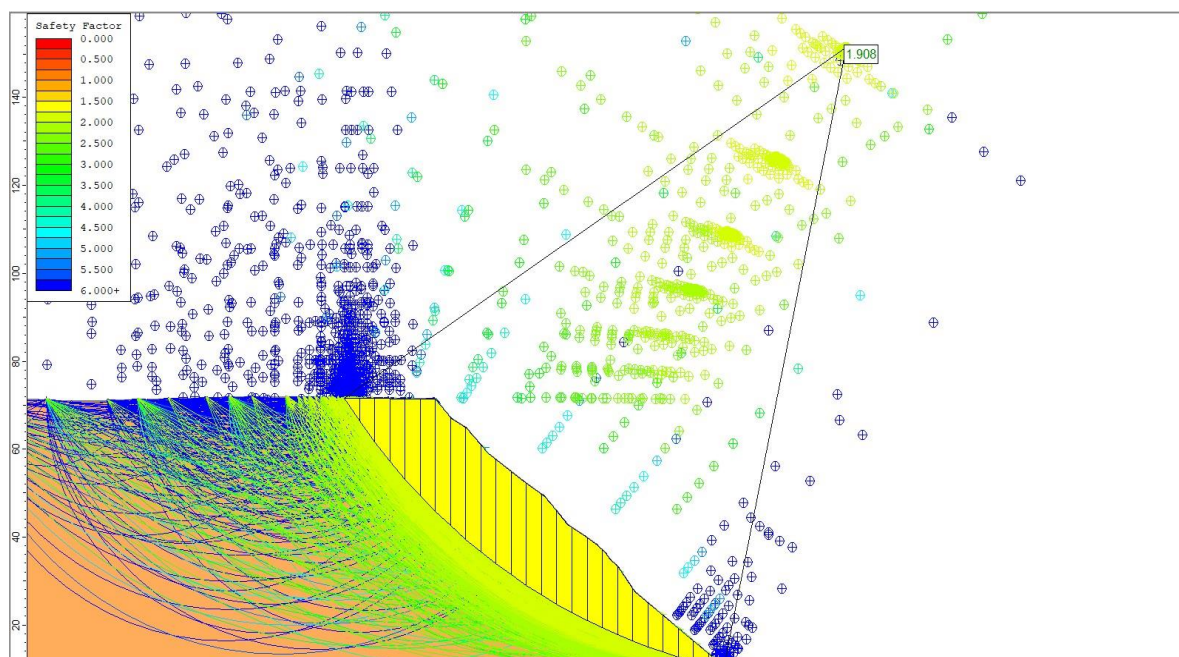


Figura 28: Situación inicial del talud – Tumbadén.

Fuente: Elaboración propia.

En la imagen se puede observar un FS de 1.908 y, por lo tanto, a criterio del software y por la escasa cantidad de suelo que se encuentra debajo de la zona con más pendiente se puede inferir que el talud es poco estable; dando a comprender los diferentes deslizamientos que ocurren en épocas de lluvia. EL talud consta de 24 grados de ángulo global y 20 metros de altura

aproximadamente, está compuesta por Limos en la parte inferior y arcillas de baja plasticidad en la parte superior.

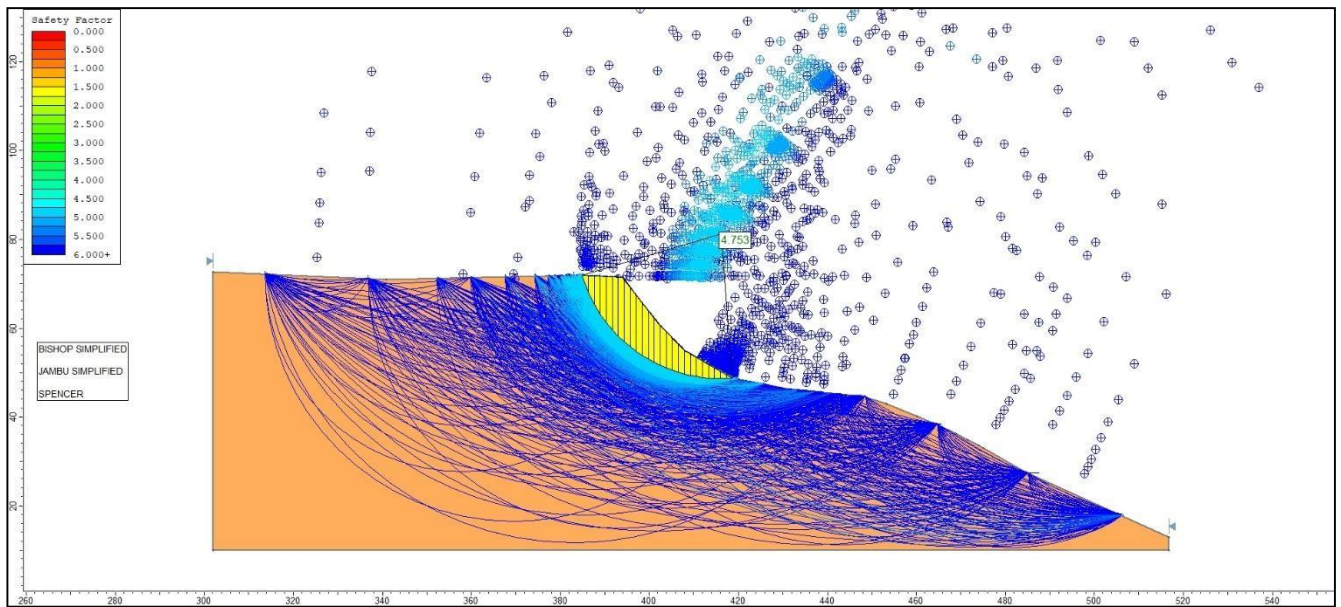


Figura 29: Talud optimizado.

Fuente: Elaboración propia.

Si se realiza un reajuste con llenado de material inorgánico compactado, estabilizando un ángulo convencional de 42° aproximadamente se tendrá un FS más estable, este irá de la mano de las medidas que se vayan a tomar en el control de los factores detonantes los cuales, han originado el deslizamiento. Es el caso del talud observado, con el ajuste de ángulo obtenido y un material más compacta y resistente tendrá una mejor estabilidad.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

41 Discusión

Luego de realizar el análisis de los factores detonantes se determinó que influyen en la inestabilidad del talud del distrito Tumbadén, por lo cual decimos que siendo las precipitaciones y aguas superficiales en tiempos de lluvia los cuales originan los deslizamientos, ello a través de la débil capacidad de los suelos para resistirse se ha propuesto para que exista un estabilidad física se haga relleno en la parte inferiores, así como el control de precipitaciones de acuerdo a las características morfológicas que ayudaran a controlar los deslizamientos en la zona.

Los resultados obtenidos en esta investigación, son producto de la aplicación de análisis, geotécnico y condiciones ambientales del lugar, obteniéndose que la roca que alberga es estable pero por condiciones generadas en el mismo deslizamiento, este material es limoso y arcillo, lo cual al ser de baja plasticidad tiende a separarse cuando se junta con agua, notando además que existe tendencia creciente de lluvias y precipitaciones por más de medio año, a ello se suma las características morfológicas que posee el terreno, hace que rápidamente se deslicen los suelo en épocas de lluvias principalmente.

Por lo anterior, se acepta la hipótesis planteada: Si se analiza los factores detonantes que genera la estabilidad de talud será posible plantear un diseño geotécnicamente estable del talud estudiado, siendo el ángulo óptimo de 42° . Esto a través de un relleno inorgánico de material compactado, ayudándose del control de escorrentías en épocas que lluvias que desvíen las infiltraciones y desemboquen en los canales cercanos.

Alzate (2015), en su especialización posgrado *Análisis de precipitaciones máximas como factor detonante para la amenaza por movimientos en masa en el municipio de Santa Rosa de Cabal – Risaralda*, desarrollada en la Universidad de Manizales, Colombia, hace que al analizar máximas precipitaciones como factor detonante en la evaluación y creación del mapa de amenaza para movimientos de las masas en los territorios de estudio, ello a través del estudio de precipitaciones en las estaciones pluviométricas, la estandarización del tiempo promedio máximo del regreso de las precipitaciones, y el desarrollo de un modelo geoestadístico que pueda permitir las clasificación por pesos de las precipitaciones máximas utilizando los SIG y el Software ArcGIS, en esta investigación, se ha hecho uso de una metodología del tipo descriptiva y documental a través de la revisión de información en tipo Shape y de bases satelitales que controlen dichos factores. La investigadora, ha llegado a concluir que a través de los análisis desarrollados por los sistemas SIG, la precipitación como variable principal es una fuente muy probable para que se puedan generar procesos de inestabilidad en la laderas o taludes, este proceso va de la mano de la lluvia máxima diaria y una saturación alta. Otra conclusión que hace mención tiene que ver con el elemento litológico del lugar, según el estudio, en la zona Nor – Occidental los valores de amenaza son altas y en la zona Norte – Sur también se presentan los mismos acontecimientos, específicamente por movimientos de tierras en un cruce de fallas. Finalmente, se objeta la importancia que tienen los factores desencadenantes (inician el movimiento generando la inestabilidad el talud o ladera) y, se concluye que la intervención antrópica es un factor detonante muy importante, ello porque es aquí donde se deben identificar los cortes presentes en el terreno y

taludes, además de los relieves accidentados del terreno los cuales intervienen en la inestabilidad propia mencionado.

Fuentes (2017), en su tesis *Análisis geológico - geotécnico en los taludes de la carretera choropampa – magdalena*, se llevó a cabo en las inmediaciones de la Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca analizo el comportamiento geológico - geotécnico en los taludes de la carretera, y cómo influye en su inestabilidad; para ello, se identificaron características litológicas, físicas, geomecánicas de los materiales que conforman los taludes, y factores condicionantes, localizando con ello las zonas críticas de inestabilidad que son susceptibles a deslizamientos. Se estudiaron 15 taludes, que fueron analizados con el Software Slide v7.0 (Método de Equilibrio Límite), utilizando los factores geológicos de cada talud, para la determinación de los parámetros geo mecánicos de las unidades geológicas, mediante el análisis en el Software RocData v5.0. El Criterio de MohrCoulomb fue utilizado para los taludes de suelos y el Criterio Generalizado de Hoek-Brown para los taludes de roca. Con todos estos datos se obtuvieron los factores de seguridad en los taludes, en condiciones normales, de saturación de los materiales y sismicidad; como resultado se obtuvo la zonificación de la carretera en tramos con inestabilidad absoluta, inestabilidad relativa, estabilidad relativa, estabilidad temporal y estabilidad permanente. El tramo más inestable de la carretera está en el Km 116+500 al Km 118+000, donde los taludes tienen el más bajo factor de seguridad. La investigadora ha llegado a concluir que Los factores geológicos-geotécnicos, junto con factores geométricos y topográficos del talud, han sido afectados por procesos geodinámicos externos e internos, que han modificado sus propiedades geomecánicas, influyendo en la inestabilidad de los taludes, que incrementa con

factores desencadenantes de saturación y sismicidad. Los taludes analizados de la carretera Choropampa-Magdalena, están compuestos principalmente por depósitos cuaternarios aluviales, coluvio-aluviales, deluviales, por calizas de las Formaciones Chúlec, Pariatambo, Grupo Pulluicana, y por intrusivos dioríticos, se encuentran en terrenos con pendientes fuertes (15° - 25°) y escarpadas ($>45^{\circ}$). El factor de seguridad obtenido en el análisis, varía de acuerdo a las condiciones aplicadas (normales, de saturación y sismicidad), por lo que, los taludes se clasificaron en inestables absolutos, inestables relativos, estables relativos, estables temporales y estables permanentes.

Por otra parte, mencionamos que los datos presentados en la investigación son acordes a las características actuales del lugar, no se ha considerado calidad de aire y calidad de agua, pero si se ha considerado tener en cuenta el impacto de las precipitaciones en el lugar, los detalles morfológicos que hacen más difícil la estabilidad y la mejora del material con el cual se pueda rellenar parte del talud.

Con lo antes mencionado, podemos decir que una vez aplicado lo propuesto en la investigación, perfilado de talud, control de los impactos de las precipitaciones, y los aspectos morfológicos, se logrará una estabilidad física del talud ubicado en el distrito de Tumbadén.

La principal limitación para el desarrollo de esta investigación la encontramos al no poder abarcar todo el trayecto de la carretera que se dirige a San pablo ya que al ser tan amplio imposibilitaba hacer un estudio detallado en tal sentido solo se ha elegido uno de los taludes considerado el menos estable.

Por último, se recomienda que para estudios posteriores se hagan estudios mecánicos de los suelos para que se puedan tener diseños más asertivos y adecuados, además de

realizar el estudio de la reconstrucción de gaviones para que pueda existir un sostenimiento de las paredes con más seguridad y estabilidad.

42 Conclusiones

- Se realizó el diagnóstico de los factores detonantes o que deterioran la estabilidad del talud, siendo las precipitaciones y aguas superficiales en tiempos de lluvia los cuales originan los deslizamientos, ello a través de la débil capacidad de los suelos para resistir, ante esto el material erosiona y la inestabilidad se desarrolla por completo. Los meses de setiembre a marzo de cada año son los más complicados, es aquí donde las tendencias de lluvias son más fuertes, es por ello que, así como el talud estudiado, muchos más se deslizan, muchas veces por el material que lo compone, así como también de los factores detonantes.
- Se reconoció la geología presente en la zona a través del cartografiado donde se ve claramente la presencia de la Formación San Pablo en la gran mayoría de la zona de estudio.
- Las condiciones actuales del terreno presentan suelos erosionados, por la falta de un control adecuado en la cobertura y el drenaje de aguas durante los meses de mayor precipitación, la vegetación es escasa en el área sin embargo aún existen algunas especies que crecen sobre el mismo.
- Según el análisis geotécnico, los suelos están clasificado en Limos y arcillas inorgánicos de baja plasticidad de los cuales ambos cuentan un LL menor a 50%, lo que los hace ser bajos en plasticidad, es por ello por lo que al tener contacto con el agua se separan rápidamente originando los deslizamientos. Para ello se plantea una compactación de material relleno de la mano del control de escorrentía e infiltraciones para prevenir incidentes posteriores.

- Se determina la propuesta de estabilidad física del Talud ubicado en el distrito de Tumbadén, bajo condiciones de mejoramiento y relleno en la parte inferior, así como el control de precipitaciones de acuerdo a las características morfológicas del lugar, así como también se determinó el diseño del talud con una altura total de 20 metros y un ángulo de 42° , teniendo un factor de seguridad de 4.753, estimando así una estabilidad buena con el mismo material, pero siendo compactado.


REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alzate, M. (2015). *Análisis de precipitaciones máximas como factor detonante para la amenaza por movimientos en masa en el municipio de santa rosa de Cabal – Risaralda*. (Tesis pregrado). Universidad de Manizales, Colombia. Obtenido de http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/2764/Alzate_Llan_o_Monica_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Arteaga, N. (2017). *Análisis geológico - geotécnico en los taludes de la carretera choropampa – Magdalena*. (Tesis pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú. Obtenido de <http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1668/AN%C3%81LISIS%20GEOL%C3%93GICO-GEOT%C3%89CNICO%20EN%20LOS%20TALUDES%20DE%20LA%20CARRETERA%20CHOROPAMPA-MAGDALENA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cuanalo O., Quezada P., Aguilar A., Oliván A. & Barona E. (2009). Sismos y lluvias, factores detonantes de deslizamientos de laderas en las regiones montañosas de Puebla, México. Universidad de Guadalajara, México. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/730/73000413.pdf>
- Fuentes, L. (2017). *Análisis geodinámico de las zonas inestables En los alrededores del poblado de Jesús*. (Tesis pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú. Obtenido de <http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1413/Tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Huallpa, (2019). *Identificación y evaluación de factores geotécnicos que causan la inestabilidad de ladera en la quebrada de Qolcohuaycco, urbanización Santa Rosa, distrito de San Sebastián-Cusco*. (Tesis pregrado). Universidad Andina del Cusco, Cusco. Obtenido de http://190.119.204.136/bitstream/UAC/3284/2/David_Tesis_bachiller_2019_Part.1.pdf
- Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones (IECA). (2003). Manual de estabilización de suelos con cemento o cal. Madrid: Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones (IECA).

- Hernández, Y. & Ramírez H. (2016). *Risk assessment of physical vulnerability due to hillside and unstable slopes in the cay creek watershed, ibagué, tolima, colombia*. (Artículo científico). Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá, Colombia. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/911/91146925007.pdf>
- Huamán, R. (2017). *Geotecnia de inestabilidad de taludes, en el tramo de la carretera huañimba - cundunday, Cajamarca*. (Tesis pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú. Obtenido de <http://190.116.36.86/bitstream/handle/UNC/1669/TESIS%20KATHERINE%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Loayza, j. A. (2016). Análisis de estabilidad de taludes de suelos de Lima, tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Marcos.
- Mora, O. & Rojas, E. (2009). *The Effect of Saturation on the Slope Sliding in the San Juan de Grijalva Comunity, Chiapas*. Artículo científico. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-77432012000100006
- Raúl, G. (2017). *La Estabilidad de Taludes y la Transitabilidad en la Carretera Longitudinal De La Sierra, Provincia De Chota - Cajamarca 2017*. Lima.
- Sabogal, C. (2017). *Caracterización de variables relacionadas con la inestabilidad del suelo: caso de estudio, Cáqueza – Cundinamarca*. Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia. Obtenido de <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/16368/SABOGALURREGOCARLOSFELIPE2017.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Sarmiento, J. L., & Salazar Villacorta, A. (2017). *Influencia de la granulometría en Cajamarca, Informe técnico, Cajamarca*.
- Urrutia, C. M. (2018). *Comportamiento geotécnico de los taludes críticos. Cajamarca*.
- Valverde, E. (2010). *Análisis de la influencia de la precipitación en el esfuerzo de succión y la estabilidad de un talud*. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. Obtenido de https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6140/Analisis_influencia_precipitacion_esfuerzo_succion%20%20estabilidad_talud.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Vásquez, C. (2019). *Estabilidad de taludes de la carretera longitudinal de. Lima*.

ANEXOS

ANEXO 01 – Análisis de contenido de Humedad, Límites de consistencia y granulometría – C – 01 – M1.



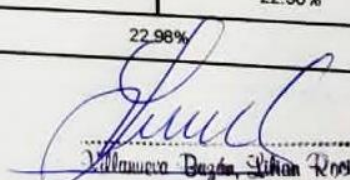
CALIBRACIÓN, CONTROL DE CALIDAD, ENSAYOS DE MATERIALES, ESTUDIO DE PROYECTOS TÉCNICOS, SERVICIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO (LABORATORIO CIENTÍFICO), LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO, MATERIALES (ENSAYOS DE ABRASIÓN, PERMEABILIDAD, CONCRETO), PRUEBA DE CALIDAD DE MATERIALES

ANÁLISIS DE LOS FACTORES DETONANTES PARA CONTROLAR LA INESTABILIDAD DE TALUD EN CASERIO TUMBADÉN - CAJAMARCA, 2020.


CONTENIDO DE HUMEDAD
MTC E 108 - 2000 ASTM - D2216

UBICACIÓN : CASERIO DE TUMBADÉN
 PROFUNDIDAD : 0
 FECHA DE MUESTREO : 14/01/2020
 FECHA DE ENSAYO : 17/01/2020
 CALICATA : C-01 / M- 1

ENSAYO N°	1	2
N° TARA	7	9
PESO TARA + SUELO HUMEDO (g)	581.7	610.6
PESO TARA + SUELO SECO (g)	484.9	516.2
PESO DE AGUA (g)	96.8	94.4
PESO DE LA TARA (g)	65.0	104.0
PESO DEL SUELO SECO (g)	419.9	412.2
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	23.05%	22.90%
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO (%)	22.98%	



Alex Eli Bautista Burga, Erick Roser
 ING. CIVIL
 C.D. 114772



CALIBRACIÓN, CONTROL DE CALIDAD, ENSAYOS DE MATERIALES, ESTUDIO DE PROYECTOS TÉCNICOS, SERVICIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO (LABORATORIO CIENTÍFICO), LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO, MATERIALES (ENSAYOS DE ABRASIÓN, PERMEABILIDAD, CONCRETO), PRUEBA DE CALIDAD DE MATERIALES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

(MTC E 107 - 2000 ASTM D-422)

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

PROYECTO: ANÁLISIS DE LOS FACTORES DETONANTES PARA CONTROLAR LA INESTABILIDAD DE TALUD EN CASERÍO TUMBADÉN - CAJAMARCA, 2020.

UBICACIÓN : CASERÍO TUMBADÉN

LABORATORISTA : D.A.R.M.
ING. RESPONSABLE : L.R.V.B.
FECHA : 17/01/2020

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA : C-01
MUESTRA : M-1
NIVEL FREÁTICO : No se encontró

Peso inicial seco : 700.00 g
Peso Fracción Pas. N°4 : 139.46 g

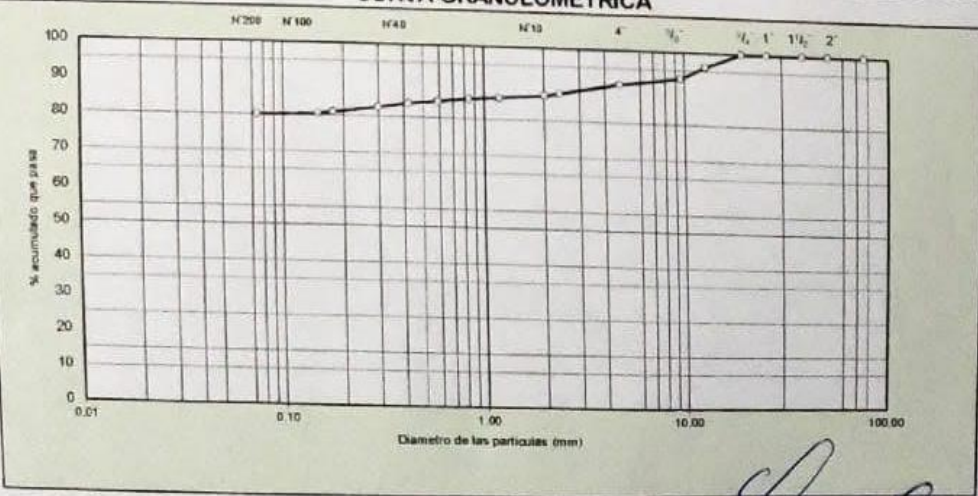
TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET.	%RET. AC.	% Q' PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00		
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00		
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00		
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00		
3/4"	19.100	0.00	0.00	0.00	100.00		
1/2"	12.700	26.77	3.82	3.82	96.18		
3/8"	9.520	23.56	3.37	7.19	92.81		
N° 4	4.760	14.66	2.09	9.28	90.72		
N° 8	2.380	21.92	3.13	12.42	87.58		
N° 10	2.000	4.72	0.67	13.09	86.91		
N° 16	1.190	6.68	0.95	14.04	85.96		
N° 20	0.840	3.26	0.47	14.51	85.49		
N° 30	0.590	6.71	0.96	15.47	84.53		
N° 40	0.420	4.78	0.68	16.15	83.85		
N° 50	0.297	8.82	1.26	17.41	82.59		
N° 80	0.177	10.67	1.52	18.94	81.06		
N° 100	0.149	4.01	0.57	19.51	80.49		
N° 200	0.074	2.92	0.42	19.93	80.07		
< N° 200		560.52	80.07	100.00	0.00		

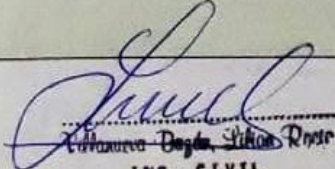
% DE GRAVA = 9.28 %
% DE ARENA = 10.64 %
% DE FINOS = 80.07 %

CLASIFICACION SUCS = ML


DENOMINACION:
Limo de baja plasticidad con arena

CURVA GRANULOMÉTRICA





ING. CIVIL
C.R. 11A777



CALIBRACIÓN, CONTROL DE CALIDAD, ENSAYOS DE MATERIALES, ESTUDIO DE PROYECTOS TÉCNICOS, SERVICIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO (LABORATORIO CIENTÍFICO), LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO, MATERIALES (ENSAYOS DE ABRASIÓN, PERMEABILIDAD, CONCRETO), PRUEBA DE CALIDAD DE MATERIALES

LIMITE DE CONSISTENCIA (MTC E 110 - 2000 MTC E 111 - 2000 AASHTO T-89, T-90, ASTM D 4318)

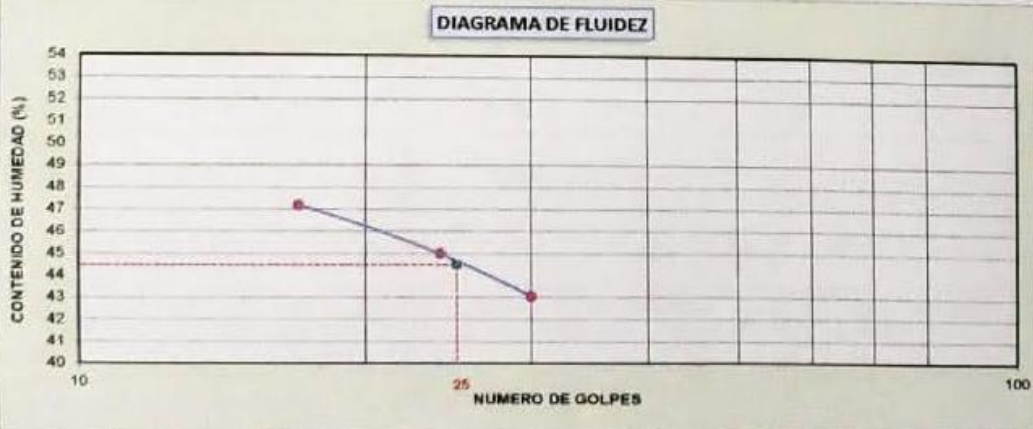
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES			
PROYECTO	ANÁLISIS DE LOS FACTORES DETONANTES PARA CONTROLAR LA INESTABILIDAD DE TALUD EN CASERIO TUMBADÉN - CAJAMARCA, 2020		
UBICACIÓN	CASERIO TUMBADEN		
	TEC. LABORATORISTA	: D.A.R.M.	
	ING. RESPONSABLE	: L.R.V.B	
	FECHA	: 17/01/2020	

DATOS DE LA MUESTRA			
CALICATA	: C-01		
MUESTRA	: M- 1		

LIMITE LIQUIDO				
N° TARRO		40	43	51
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		43.71	44.89	54.96
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		37.19	38.00	48.82
PESO DE AGUA (g)		6.52	6.89	6.14
PESO DEL TARRO (g)		23.37	22.89	34.56
PESO DEL SUELO SECO (g)		13.82	15.31	14.26
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		47.16	45.00	43.06
NUMERO DE GOLPES		17	23	30

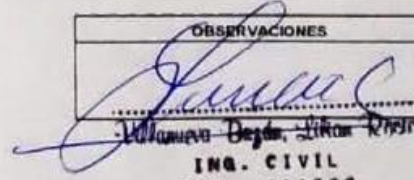
LIMITE PLASTICO			
N° TARRO		42	31
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		29.09	36.05
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		27.50	34.16
PESO DE AGUA (g)		1.59	1.89
PESO DEL TARRO (g)		22.25	27.83
PESO DEL SUELO SECO (g)		5.25	6.33
CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%)		30.29	29.86

DIAGRAMA DE FLUIDEZ




Numero de Golpes (N)	Contenido de Humedad (%) (LL)
17	47.16
23	45.00
30	43.06

CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	44
LIMITE PLASTICO	30
INDICE DE PLASTICIDAD	14

OBSERVACIONES
 ING. CIVIL C.P. 114777

ANEXO 02 – Análisis de contenido de Humedad, Límites de consistencia y granulometría – C – 02 – M1.



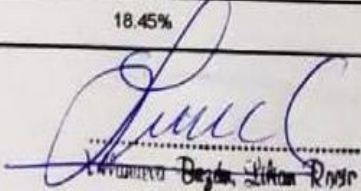
CALIBRACIÓN, CONTROL DE CALIDAD, ENSAYOS DE MATERIALES, ESTUDIO DE PROYECTOS TÉCNICOS, SERVICIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO (LABORATORIO CIENTÍFICO), LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO, MATERIALES (ENSAYOS DE ABRASIÓN, PERMEABILIDAD, CONCRETO), PRUEBA DE CALIDAD DE MATERIALES

ANÁLISIS DE LOS FACTORES DETONANTES PARA CONTROLAR LA INESTABILIDAD DE TALUD EN CASERIO TUMBADÉN - CAJAMARCA, 2020


CONTENIDO DE HUMEDAD
MTC E 108 - 2000 ASTM - D2216

UBICACIÓN	CASERIO DE TUMBADÉN
PROFUNDIDAD	0
FECHA DE MUESTREO	14/01/2020
FECHA DE ENSAYO	17/01/2020
CALICATA	C-01 / M- 1

ENSAYO N°	1	2
N° TARA	5	6
PESO TARA + SUELO HUMEDO (g)	649.4	618.7
PESO TARA + SUELO SECO (g)	559.1	539.2
PESO DE AGUA (g)	90.3	79.5
PESO DE LA TARA (g)	64.8	112.7
PESO DEL SUELO SECO (g)	494.3	426.5
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	18.27%	18.64%
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO (%)	18.45%	



ING. CIVIL
C.P. 11A792



CALIBRACIÓN, CONTROL DE CALIDAD, ENSAYOS DE MATERIALES, ESTUDIO DE PROYECTOS TÉCNICOS,
SERVICIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO (LABORATORIO CIENTÍFICO), LEVANTAMIENTO
TOPOGRÁFICO, MATERIALES (ENSAYOS DE ABRASIÓN, PERMEABILIDAD, CONCRETO), PRUEBA DE CAUDAL DE
MATERIALES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (MTC E 107 - 2000 ASTM D-422)

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

PROYECTO : ANÁLISIS DE LOS FACTORES DETONANTES PARA CONTROLAR LA INESTABILIDAD DE TALUD EN CASERÍO TUMBADÉN - CAJAMARCA, 2020.

UBICACIÓN : CASERÍO TUMBADÉN

LABORATORISTA : D.A.R.M.
ING. RESPONSABLE : L.R.V.B.
FECHA : 17/01/2020

DATOS DE LA MUESTRA

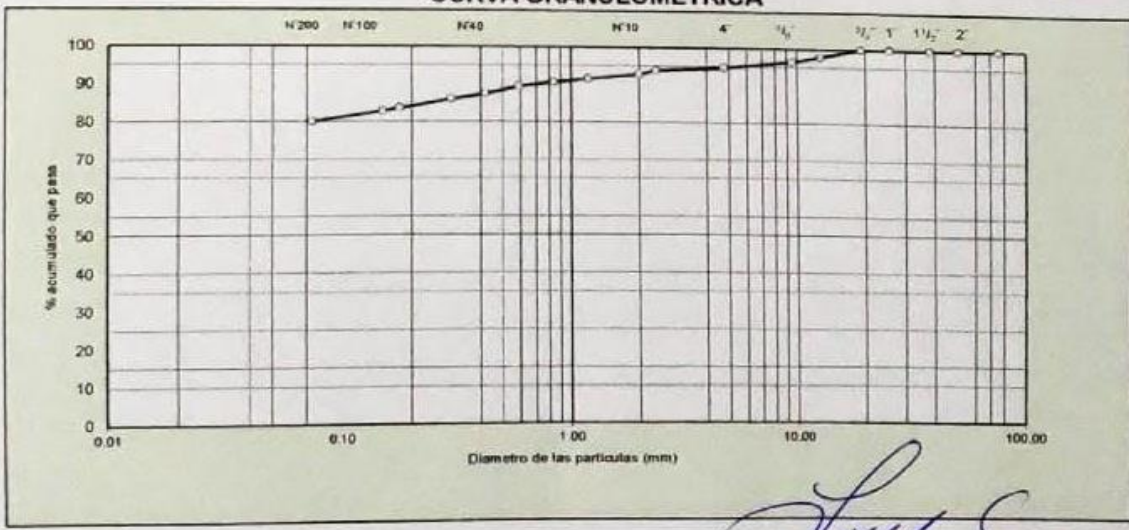
CALICATA : C-02
MUESTRA : M-1
NIVEL FREÁTICO : No se encontró


Peso inicial seco : 500.00 g
Peso Fracción Pas. N°4 : 100.81 g

TAMIZ	ABERT. (mm)	PESO RET.	%RET.	%RET. AC.	% Q' PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00		% DE GRAVA = 5.29 % % DE ARENA = 14.67 % % DE FINOS = 80.00 %
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00		
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00		
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00		
3/4"	19.100	0.00	0.00	0.00	100.00		CLASIFICACION SUCS = CL
1/2"	12.700	10.72	2.14	2.14	97.86		
3/8"	9.520	6.59	1.32	3.46	96.54		
N° 4	4.760	9.14	1.83	5.29	94.71		
N° 8	2.380	4.18	0.84	6.13	93.87		
N° 10	2.000	5.16	1.03	7.16	92.84		
N° 16	1.190	6.18	1.24	8.39	91.61		
N° 20	0.840	4.82	0.96	9.36	90.64		
N° 30	0.590	5.81	1.16	10.52	89.48		
N° 40	0.420	10.03	2.01	12.53	87.47		
N° 50	0.297	7.18	1.44	13.96	86.04		
N° 80	0.177	12.06	2.41	16.37	83.63		
N° 100	0.149	4.18	0.84	17.21	82.79		
N° 200	0.074	13.76	2.75	19.96	80.04		
< N° 200		399.19	79.84	99.80	0.20		

DENOMINACIÓN:
Arcilla de baja plasticidad con arena

CURVA GRANULOMÉTRICA





ING. CIVIL
CIP. 114777



CALIBRACIÓN, CONTROL DE CALIDAD, ENSAYOS DE MATERIALES, ESTUDIO DE PROYECTOS TÉCNICOS, SERVICIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO (LABORATORIO CIENTÍFICO), LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO, MATERIALES (ENSAYOS DE ABISIÓN, PERMEABILIDAD, CONCRETO), PRUEBA DE CALIDAD DE MATERIALES

LIMITES DE CONSISTENCIA
(MTC E 110 - 2000 MTC E 111 - 2000 AASHTO T-89, T-90, ASTM D 4318)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

PROYECTO	ANÁLISIS DE LOS FACTORES DETONANTES PARA CONTROLAR LA INESTABILIDAD DE TALUD EN CASERIO TUMBADÉN - CAJAMARCA, 2020.	TEC. LABORATORISTA	: D.A.R.M
UBICACIÓN	CASERIO TUMBADEN	ING. RESPONSABLE	: L.R.V.B
		FECHA	: 17/01/2020

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA	: C-02
MUESTRA	: M-1

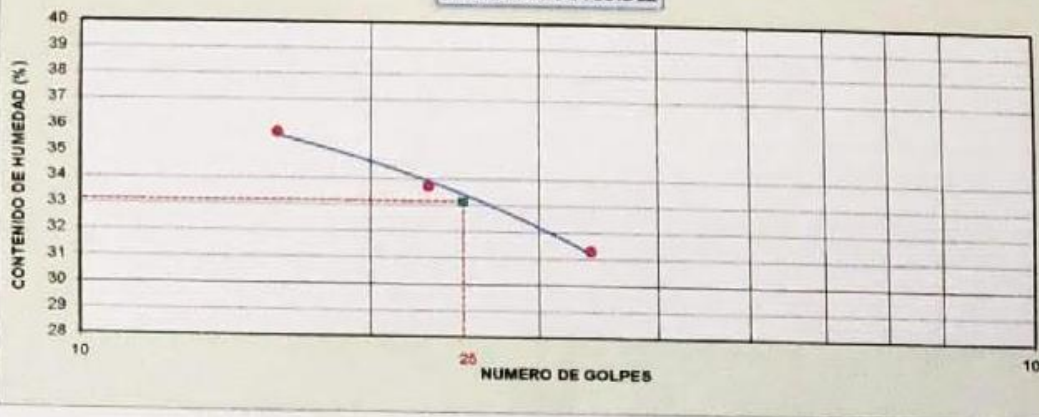
LIMITE LIQUIDO

N° TARRO		40	43	51
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		46.64	43.31	46.68
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		43.16	38.00	43.71
PESO DE AGUA (g)		5.48	5.31	4.97
PESO DEL TARRO (g)		27.83	22.26	27.83
PESO DEL SUELO SECO (g)		15.33	15.75	15.88
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		35.75	33.71	31.30
NUMERO DE GOLPES		16	23	51

LIMITE PLASTICO

N° TARRO		42	31
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		27.05	28.08
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		26.09	26.99
PESO DE AGUA (g)		0.96	1.09
PESO DEL TARRO (g)		21.69	21.92
PESO DEL SUELO SECO (g)		4.40	5.07
CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%)		21.82	21.50

DIAGRAMA DE FLUIDEZ




CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO	33
LIMITE PLASTICO	22
INDICE DE PLASTICIDAD	11

OBSERVACIONES

[Handwritten signature]
ING. CIVIL
C.P.B. 114797

ANEXO 03 – Análisis de contenido de Humedad, Límites de consistencia y granulometría – C – 03 – M1.



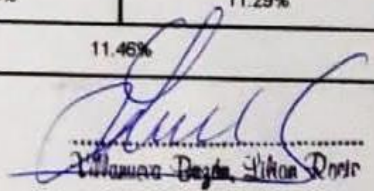
CALIBRACIÓN, CONTROL DE CALIDAD, ENSAYOS DE MATERIALES, ESTUDIO DE PROYECTOS TÉCNICOS, SERVICIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO (LABORATORIO CIENTÍFICO), LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO, MATERIALES (ENSAYOS DE ABRASIÓN, PERMEABILIDAD, CONCRETO), PRUEBA DE CALIDAD DE MATERIALES

ANÁLISIS DE LOS FACTORES DETONANTES PARA CONTROLAR LA INESTABILIDAD DE TALUD EN CASERIO TUMBADEN - CAJAMARCA, 2020


CONTENIDO DE HUMEDAD
MTC E 108 - 2000 ASTM - D2216

UBICACIÓN : CASERIO DE TUMBADÉN
 PROFUNDIDAD : 0
 FECHA DE MUESTREO : 14/01/2020
 FECHA DE ENSAYO : 17/01/2020
 CALICATA : C-03/M-1

ENSAYO N°	1	2
N° TARA	2	11
PESO TARA + SUELO HUMEDO (g)	667.4	674.7
PESO TARA + SUELO SECO (g)	604.1	618.7
PESO DE AGUA (g)	63.3	56.0
PESO DE LA TARA (g)	60.2	122.5
PESO DEL SUELO SECO (g)	543.9	496.2
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	11.64%	11.29%
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO (%)	11.46%	



ING. CIVIL
C.D. 114777



CALIBRACIÓN, CONTROL DE CALIDAD, ENSAYOS DE MATERIALES, ESTUDIO DE PROYECTOS TÉCNICOS,
SERVICIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO (LABORATORIO CIENTÍFICO), LEVANTAMIENTO
TOPOGRÁFICO, MATERIALES (ENSAYOS DE ABRASIÓN, PERMEABILIDAD, CONCRETO), PRUEBA DE CALIDAD
DE MATERIALES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

(MTC E 107 - 2000, ASTM D-422)

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

PROYECTO : ANÁLISIS DE LOS FACTORES DETONANTES PARA CONTROLAR LA INESTABILIDAD DE TALUD EN CASERÍO TUMBADÉN - CAJAMARCA, 2020.

UBICACIÓN : CASERÍO TUMBADÉN

LABORATORISTA : D.A.R.M.
ING. RESPONSABLE : L.R.V.B.
FECHA : 17/01/2020

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA : C-03
MUESTRA : M-1
NIVEL FREÁTICO : No se encontró

Peso inicial seco : 500.00 g
Peso Fracción Pas. N°4 : 244.89 g

TAMIZ	ABERT. mm	PESO RET.	%RET.	%RET. AC.	% Q' PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00		
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00		
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00		
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00		
3/4"	19.100	21.15	4.23	4.23	95.77		
1/2"	12.700	39.20	7.84	12.07	87.93		
3/8"	9.520	21.76	4.35	16.42	83.58		
N° 4	4.760	24.18	4.84	21.26	78.74		
N° 6	2.380	16.29	3.26	24.52	75.48		
N° 10	2.000	12.16	2.43	26.95	73.05		
N° 16	1.190	8.72	1.74	28.69	71.31		
N° 20	0.840	13.19	2.64	31.33	68.67		
N° 30	0.590	7.71	1.54	32.87	67.13		
N° 40	0.420	6.19	1.24	34.11	65.89		
N° 50	0.297	19.82	3.96	38.07	61.93		
N° 60	0.177	22.88	4.58	42.65	57.35		
N° 100	0.149	10.25	2.05	44.70	55.30		
N° 200	0.074	21.39	4.28	48.98	51.02		
< N° 200		255.11	51.02	100.00	0.00		


CLASIFICACION
SUCS = CL


DENOMINACION:
CASERÍO DE TUMBADÉN

0

14/01/2020

CURVA GRANULOMÉTRICA 17/01/2020





ING. CIVIL
C.P. 118772



CALIBRACIÓN, CONTROL DE CALIDAD, ENSAYOS DE MATERIALES, ESTUDIO DE PROYECTOS TÉCNICOS, SERVICIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO (LABORATORIO CIENTÍFICO), LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO, MATERIALES (ENSAYOS DE ABRASIÓN, PERMEABILIDAD, CONCRETO), PRUEBA DE CALIDAD DE MATERIALES

LIMITES DE CONSISTENCIA
(MTC E 110 - 2000 MTC E 111 - 2000 AASHTO T-89, T-90, ASTM D 4318)

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

PROYECTO	ANÁLISIS DE LOS FACTORES DETONANTES PARA CONTROLAR LA INESTABILIDAD DE TALUD EN CASERIO TUMBADÉN - CAJAMARCA, 2020	TEC. LABORATORISTA	: D.A.R.M.
UBICACIÓN	CASERIO TUMBADEN	ING. RESPONSABLE	: L.R.V.B
		FECHA	: 17/01/2020

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA	: C-03
MUESTRA	: M-1

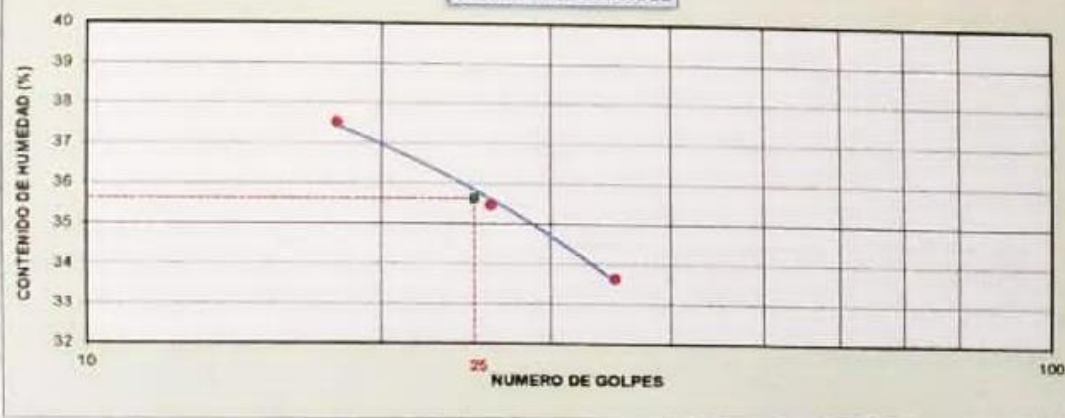
LIMITE LIQUIDO

N° TARRO		40	43	51
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		46.93	61.63	41.55
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		41.72	56.41	36.55
PESO DE AGUA (g)		5.21	5.22	5.00
PESO DEL TARRO (g)		27.83	41.69	21.69
PESO DEL SUELO SECO (g)		13.89	14.72	14.86
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		37.51	35.46	33.65
NUMERO DE GOLPES		18	26	35

LIMITE PLASTICO

N° TARRO		42	31
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		19.11	41.55
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		18.01	40.37
PESO DE AGUA (g)		1.10	1.18
PESO DEL TARRO (g)		12.98	35.03
PESO DEL SUELO SECO (g)		5.03	5.34
CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%)		21.87	22.10

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



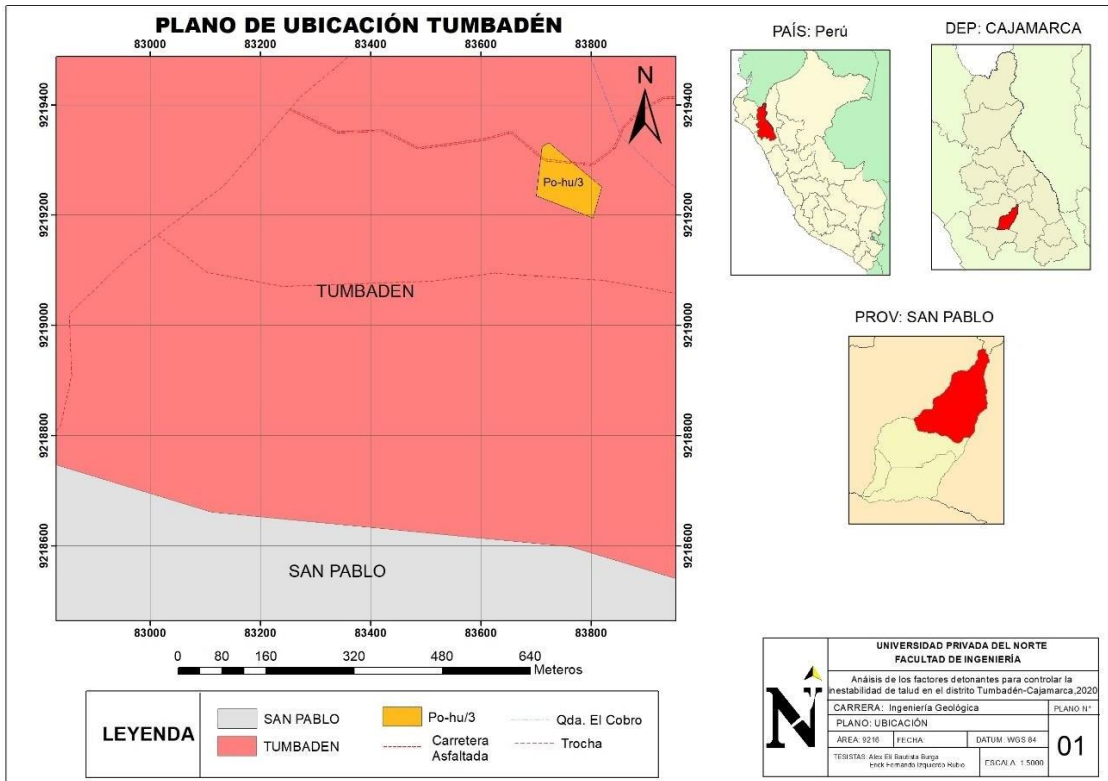
CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO	36
LIMITE PLASTICO	22
INDICE DE PLASTICIDAD	14

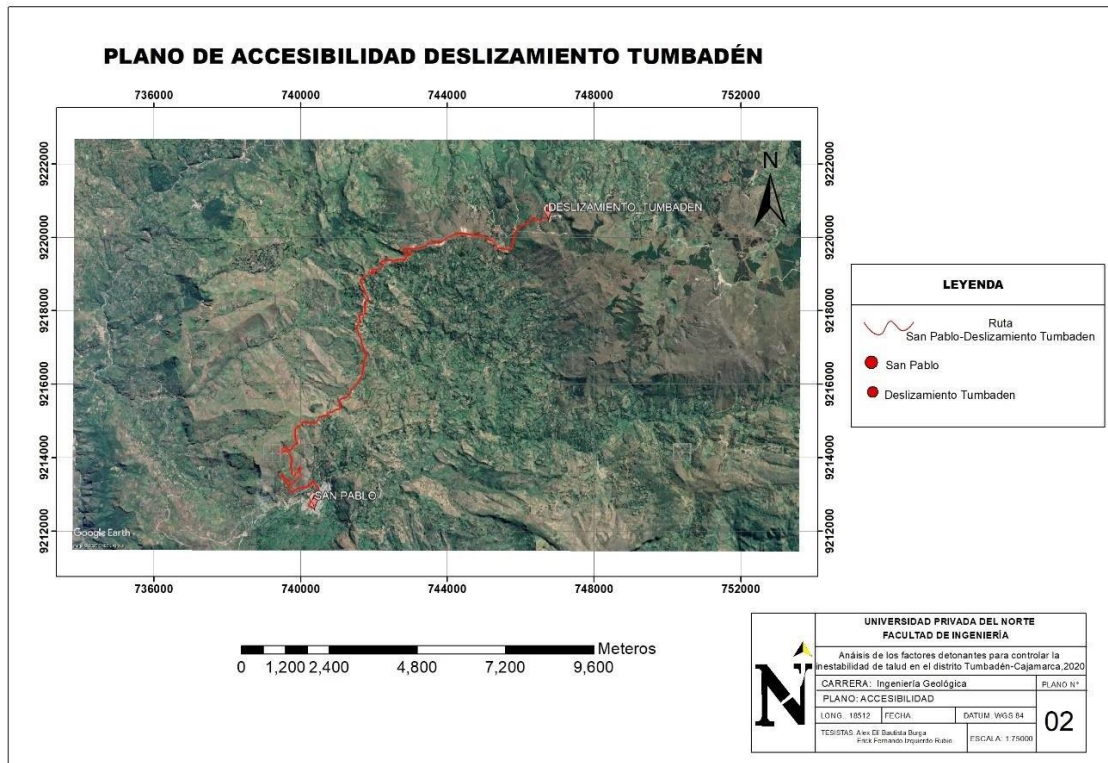
OBSERVACIONES

[Handwritten signature]
ING. CIVIL
 C.I.D. 11477

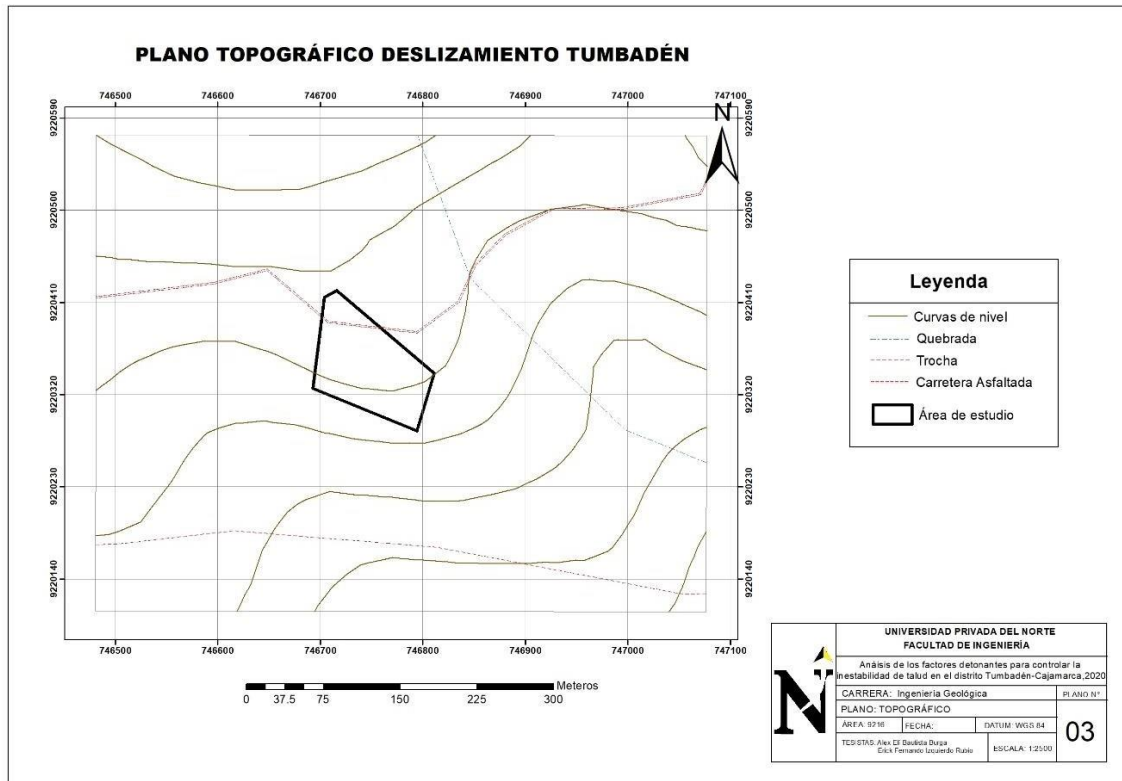
ANEXO 04 – Plano Ubicación (01).



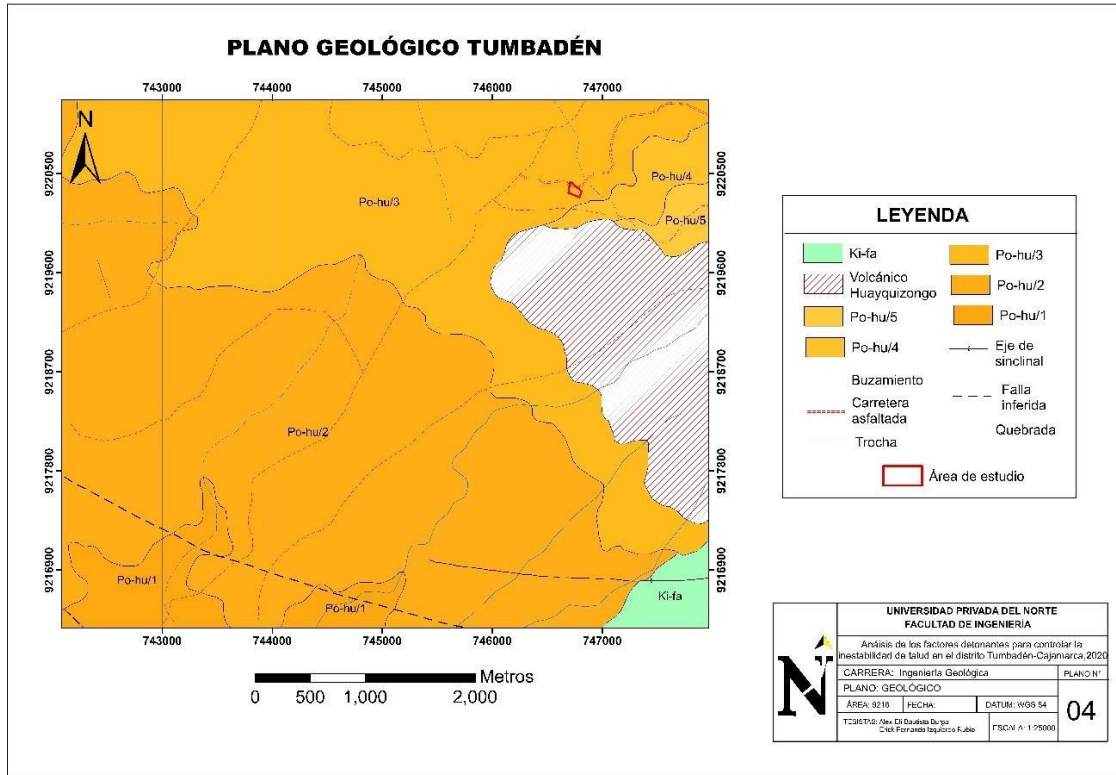
ANEXO 05 – Plano de accesibilidad (02).



ANEXO 06 – Plano topográfico (03).



ANEXO 07 – Plano geológico (04)



ANEXO 08 – Plano de litología de talud (05).

