

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



T E S I S

**Evaluación geotécnica en el mejoramiento de la carretera emp. pe 5n,
Oxapampa – pte. Milagro, Yaupi - Provincia Pasco y Oxapampa**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Geólogo

Autor:

Bach. Héctor Jesús PACHECO PONCE

Asesor:

Mg. Vidal Víctor CALSINA COLQUI

Cerro de Pasco – Perú - 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



T E S I S

**Evaluación geotécnica en el mejoramiento de la carretera emp. pe 5n,
Oxapampa – pte. Milagro, Yaupi - Provincia Pasco y Oxapampa**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Luis Arturo LAZO PAGAN
PRESIDENTE

Mg. Javier LOPEZ ALVARADO
MIEMBRO

Mg. Edgar Guido ROBLES MORALES
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión

Facultad de Ingeniería

Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 358-2025-UNDAC/UIFI

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en mérito al artículo 23° del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales aprobado en Consejo Universitario del 21 de abril del 2022, La Tesis ha sido evaluado por el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Tesis:

“Evaluación geotécnica en el mejoramiento de la carretera emp.

pe 5n, Oxapampa – pte. Milagro, Yaupi - Provincia Pasco y

Oxapampa”

Apellidos y nombres del tesista

Bach. Héctor Jesús PACHECO PONCE

Apellidos y nombres del Asesor:

Mg. Vidal Víctor, CALSINA COLQUI

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería Geológica

Índice de Similitud

18 %

APROBADO

Se informa el Reporte de evaluación del software similitud para los fines pertinentes.

Cerro de Pasco, 4 de diciembre del 2025



Firmado digitalmente por PALOMINO
ISIDRO Ruben Edgar FAU
20154605048 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 04.12.2025 14:37:00 -05:00

DEDICATORIA

A Dios por guiarme e iluminarme.

A mis padres Héctor y Ana por brindarme su apoyo incondicional.

A mi esposa Rocío y a mis hijos Jade y Héctor.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento a través del equipo de Geología, por la oportunidad brindada para realizar el presente estudio de tesis.

A mi alma máter, a la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, a los catedráticos de la Escuela de Ingeniería Geológica, por sus enseñanzas impartidas durante mi formación profesional.

De igual manera mi gran profundo y eterno agradecimiento a mi Padres y a mi familia, que constituyen la fuerza y el estímulo para seguir adelante en la culminación de este trabajo.

RESUMEN

El presente proyecto es el estudio que se realizó para la carretera de Oxapampa al Puente Milagro en Yaupi, donde se realizó el recorrido total del tramo I y Tramo II de la carretera, Con la finalidad de descubrir las características geológicas y geotécnicas de los suelos y rocas que emergen en el área objeto de estudio, se recopilaron datos geológicos y geotécnicos, que serán analizados considerando las progresivas, además se tomaran en cuenta en el informe final las fallas geológicas que se ubicaron.

El estudio se realizó en dos tramos. El Tramo I comienza en el km 00+000 Puente Suarez, con una topografía llana sin taludes hasta la repartición de Wuarapo Km: 5+324.04. El Tramo II inicia en la intersección denominado Warapo por el que sigue un ascenso con varias curvas por la diferencia de nivel, luego sigue por una zona de taludes de pendientes moderadas, hasta llegar al km 18+000 donde se ubica la población de Pusapno, donde cruza el puente en el km 23+300, ubicando una falla geológica en el Km: 28+750 a partir de aquí el tramo presentan una topografía de pendientes altas hasta el km 55+060, donde se ubica otra falla geológica, se sigue en ascenso hasta llegar al desvío a Milagros en Km 70+751 donde finaliza el tramo.

La mejora de la plataforma proyectada se desarrolla en corte en la parte superior de la ladera durante el 90% de su longitud total y en relleno durante el 10%. En consecuencia, la sección construida con relleno ha sido realizada con material que proviene del corte, teniendo un ancho medio de 4.0 m.

Las áreas que terminan siendo relleno sin corte son escasas y están hechas de material que se transporta desde los cortes adyacentes. El uso de tangentes grandes no ha sido posible debido al terreno accidentado, y el trazo consiste, más bien, en una secuencia de curvas con tangentes intermedias críticas.

El problema es que no se cuenta con el reconocimiento de los tipos de suelo y rocas que afloran en el trazo de la carretera.

Palabras clave: Geología, geotecnia, ladera, plataforma.

ABSTRACT

The present project is the study that was carried out for the highway from Oxapampa to the Puente Milagro in Yaupi, where the total route of section I and Section II of the highway was carried out, taking into account the progressive geotechnical geological data that will be processed to achieve the objective of knowing the geotechnical geological properties of the rocks and soils that emerge in the study area, and the geological faults that were located will also be taken into account in the final report.

The study was carried out in two sections. Section I begins at km 00+000 Puente Suarez, with a flat topography without slopes until the Wuarapo district Km: 5+324.04. Section II begins at the intersection called Warapo, which follows an ascent with several curves due to the difference in level, then continues through an area of slopes with moderate slopes, until reaching km 18+000 where the town of Pusapno is located. where the bridge crosses at km 23+300, locating a geological fault at Km: 28+750. From here on, the section presents a topography of high slopes until km 55+060, where another geological fault is located, it follows ascending until reaching the detour to Milagros at Km 70+751 where the section ends.

The improvement of the projected platform takes place in a mid-slope cut in 90% of its total length and in fill in 10%, consequently, the part that is in fill has been built with material from the cut, with a width average platform of 4.0 m.

The areas that result in uncut fill are few and are constructed with material transported from nearby cuts. The rugged terrain has not allowed the use of large tangents and the line is rather a succession of curves with critical intermediate tangents.

The problem is that there is no recognition of the types of soil and rocks that emerge along the road layout.

Keywords: Geology, geotechnics, slope, platform.

INTRODUCCIÓN

El proyecto se ha realizado con el propósito de reconocer los principales afloramientos geológicos del área en estudio, las características físicas, químicas y estructurales de los suelos y rocas, asimismo la estabilidad de taludes con respecto a las obras que se ejecutarán en la carretera.

El trabajo de campo comprende una apreciación de las características geológicas regionales y locales, del estado actual de la vía, desde el punto de vista geológico y geotécnico.

La carretera Oxapampa - Yaupi está situada en la parte Oriental de la Cordillera Andina. En términos regionales, se encuentra situada a lo largo de la cuenca del río Paucartambo y del río Chorobamba. Su ubicación geográfica hace que esta área posea un clima cálido y lluvioso en la primera mitad del tramo de la vía Santo Domingo, subiendo hasta el Puente Milagro Yaupi en un clima frío-templado propio del valle andino, que cuenta con dos estaciones claramente marcadas: una seca y otra lluviosa. Durante los meses lluviosos, de diciembre a marzo, tanto el río Chorobamba como el Paucartambo aumentan su caudal de manera significativa, al igual que las quebradas, lo cual causa erosión en su cauce. Además, la lluvia y la fluctuación de las temperaturas provocan meteorización química y física de los taludes rocosos y del suelo, lo que genera deslizamientos de distintas dimensiones.

La región que se examina está ubicada en el lado occidental de la mega Unidad Geomorfológica de la Cordillera Oriental, que fue establecida por INGEMMET. Esta región está formada por un núcleo paleozoico que está parcialmente cubierto por rocas jurásicas, las cuales han experimentado pliegues, fallas y sobre escurrimientos de manera intensa.

La carretera se encuentra situada a lo largo de la cuenca del río Chorobamba y luego en la cuenca del río Paucartambo, emplazándose alternadamente entre sus dos laderas y muy cerca de su cauce, lo que ha ocasionado la existencia de numerosas estructuras (alcantarillas y pontones) de distintos materiales y tamaños. En la zona, la carretera se desarrolla sobre la unidad

geomorfológica local de Valle Interandino, que presenta un perfil transversal con predominancia en forma de "V".

La carretera, desde un punto de vista geológico, se ubica y/o interrumpe rocas y/o depósitos sedimentarios de diversos periodos geológicos que abarcan desde el Paleozoico hasta el Cuaternario más reciente. Se han podido identificar claramente estos afloramientos en el campo, ya que cada uno tiene propiedades específicas.

ÍNDICE

Pagina

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Identificación y determinación del problema.....	1
1.2. Delimitación de la Investigación	3
1.3. Formulación del Problema	3
1.3.1. Problema general	3
1.3.2. Problemas específicos.....	3
1.4. Formulación de Objetivos	3
1.4.1. Objetivo general.....	3
1.4.2. Objetivos específicos.....	3
1.5. Justificación de la Investigación.....	4
1.6. Limitaciones de la Investigación.....	4

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de estudio.....	5
2.2. Bases Teóricas – Científicas.....	11
2.3. Definición de Términos Básicos	41
2.4. Formulación de Hipótesis.....	42

2.4.1. Hipótesis general	42
2.4.2. Hipótesis específicas	43
2.5. Identificación de Variables	43
2.5.1. Variable independiente	43
2.5.2. Variable dependiente	43
2.5.3. Variables intervinientes:.....	43
2.6. Definición Operacional de Variables e Indicadores	44

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION

3.1. Tipo de investigación	45
3.2. Nivel de Investigación	45
3.3. Métodos de Investigación	45
3.4. Diseño de Investigación	46
3.5. Población y Muestra	48
3.6. Técnicas e Instrumento de Recolección de Datos.....	48
3.6.1. Técnicas	48
3.7. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos	49
3.8. Tratamiento Estadístico	49
3.9. Orientación Ética Filosófica y Epistémica.....	49

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo	50
Estratigrafía	52
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	59
4.3. Prueba de Hipótesis.....	92
4.4. Discusión de Resultados.....	92

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Factores de Zona.	16
Tabla 2. Factor de Suelo.	16
Tabla 3. Parámetros del Suelo	17
Tabla 4. Para taludes en suelo considerando la valoración “ETS”	26
Tabla 5. Los rangos de estabilidad consideran los siguientes criterios.....	26
Tabla 6. Relaciones de infiltración teóricas (según redes de flujo) que pueden ser drenadas de las capas de un pavimento	34
Tabla 7: Operacionalización de Variables e Indicadores	44
Tabla 8. Columna Estratigráfica	59
Tabla 9. Clasificación de los materiales de corte.....	71
Tabla 10. Clasificación de suelos	74
Tabla 11. Resistencia de las rocas.....	77
Tabla 12. Estabilidad de taludes	79
Tabla 13. Ubicación de drenajes	80
Tabla 14. Ubicación de muros de contención.....	80
Tabla 15. Ubicación de las fuentes de agua.....	85
Tabla 16. Ubicación de las canteras	87
Tabla 17. Ubicación de botaderos.....	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Inicio del Tramo I.....	2
Figura 2: Índice de dureza de la roca.	13
Figura 3: Clasificación de rocas.	14
Figura 4: Clasificación geomecánica de Bieniawsky.	18
Figura 5: Esquema del Sistema de Valoración en Suelos (ETS).	24
Figura 6: Esquema del Sistema de Valoración en Roca (RMR-SMR)	25
Figura 7: Sistema de Evaluación Taludes	28
Figura 8: Subbase utilizada como Capa Permeable, para Interceptar Agua Proveniente del pavimento.	29
Figura 9: Subrasante utilizado como Capa Permeable, para Interceptar Flujo Ascendente por Supresión.....	30
Figura 10: Relación de Permeabilidades (K_f/K_s).	32
Figura 11: Gráficos de Diseño de Capas Permeables Horizontales	33
Figura 12: Capacidad de Descarga de Capas Drenantes	36
Figura 13: Ubicación de la Zona de Estudio.....	51
Figura 14: Grupo Mitu	54
Figura 15: Granito San Ramón	56
Figura 16: Granito Paucartambo	58
Figura 17: Falla 1	61
Figura 18: Falla 2	62
Figura 19: Talud con 75 a 90 % de Inclinação.....	62
Figura 20: Laderas Cordilleranas y Valles Fluviales.	64
Figura 21: Mapa de Zonificación Sísmica.....	65
Figura 22. Mapa de Magnitudes y profundidad de los sismos ocurridos en la zona.	66
Figura 23. Mapa de Intensidad Sísmica en el área de Estudio.	67

Figura 24. Mapa de Iso-aceleraciones.	70
Figura 25: Cantera Wharapo.....	88
Figura 26: Cantera 26+ 460	88
Figura 27: Cantera 32+340	89
Figura 28: Botadero para Instalar Planta Procesadora.....	91
Figura 29: Botadero Progresiva 67+870.....	92
Figura 30: Mitigación en Falla 1	96
Figura 31: Mitigación Falla 2.	97
Figura 32: Mitigación Falla 2.	98
Figura 33: Mitigación Falla 2.	98

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Identificación y determinación del problema

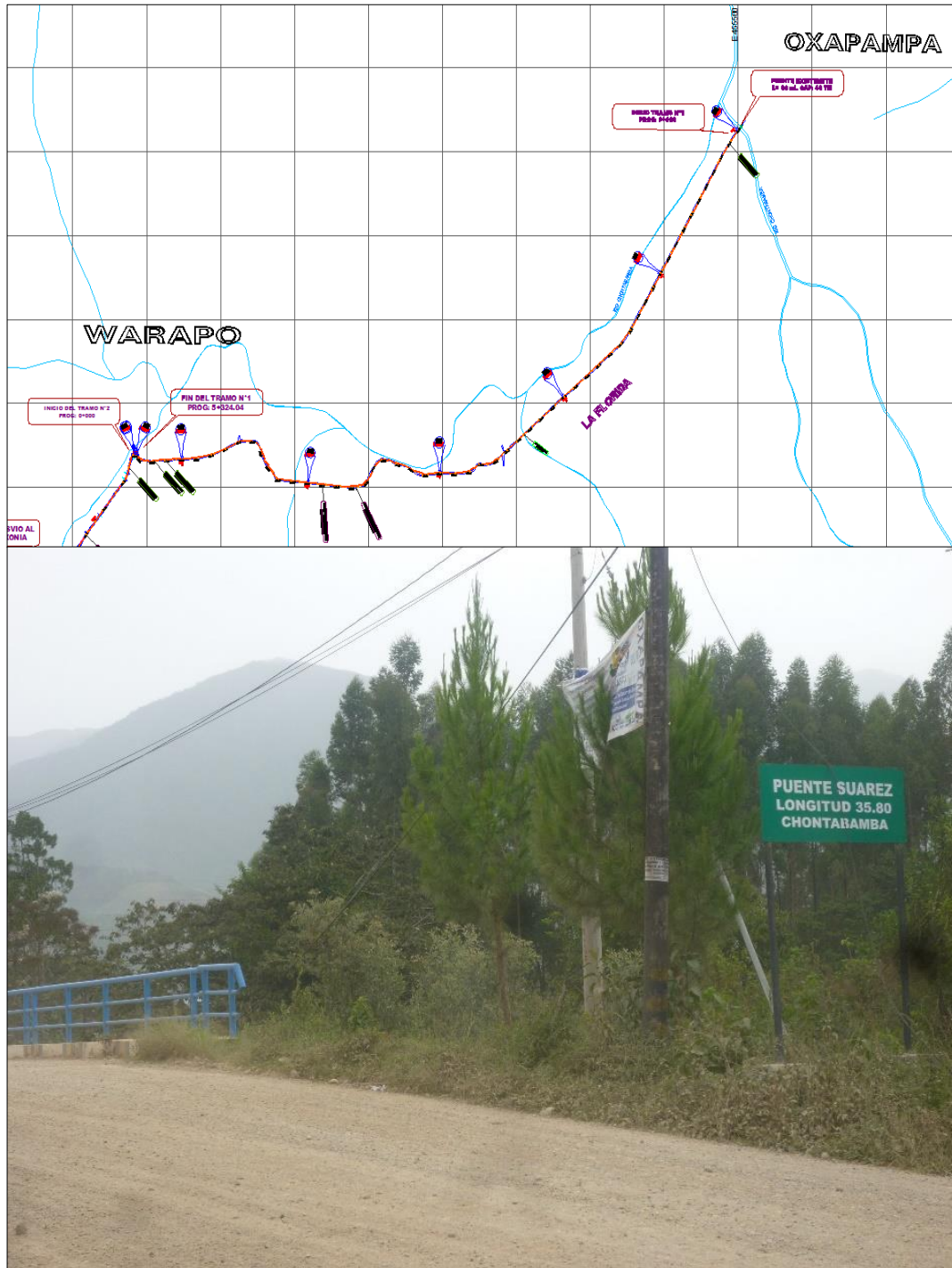
El presente Estudio de Geología- Geotecnia está elaborado de acuerdo a la propuesta de ingeniería del estudio y a los términos de referencia utilizados para carreteras.

Para construir una carretera es fundamental conocer las características geotécnicas de los suelos y rocas que afloran en el recorrido de la carretera, para establecer el método que se debe utilizar al momento de compactar y realizar el sistema de drenaje apropiado en el trazo de la misma.

Cuando no se determinan las propiedades físicas y mecánicas de los suelos y rocas, la construcción y vía útil de la carretera es menor, provocando asentamientos en la plataforma, deslizamientos en los taludes y por lo tanto su reconstrucción causa un mayor valor económico.

Por esa razón es muy importante determinar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos y rocas del trazo de la carretera.

Figura 1: Inicio del Tramo I



Nota. Fuente: Propia

1.2. Delimitación de la Investigación

El estudio queda delimitado espacialmente en la región Pasco, provincias de Oxapampa – Pasco, distrito de Chontabamba y Paucartambo. En cuanto a la delimitación temporal la investigación duró desde enero hasta junio del 2015.

1.3. Formulación del Problema

1.3.1. Problema general

¿Cómo la evaluación geotécnica influirá en el mejoramiento de la carretera Emp Pe 5n, Oxapampa - Pte. Milagro, Yaupi - Provincia Pasco y Oxapampa?

1.3.2. Problemas específicos

- a. ¿Cómo influye las características mecánicas de los suelos y rocas en el mejoramiento de la carretera Emp Pe 5n, Oxapampa - Pte. Milagro, Yaupi - Provincia Pasco y Oxapampa?
- b. ¿Cómo influye las características físicas cualitativas y cuantitativas de los suelos y rocas en el mejoramiento de la carretera Emp Pe 5n, Oxapampa - Pte. Milagro, Yaupi - Provincia Pasco y Oxapampa?

1.4. Formulación de Objetivos

1.4.1. Objetivo general

El objetivo de la presente investigación es:

Analizar las características geotécnicas de los suelos y rocas en el mejoramiento de la carretera Emp Pe 5n, Oxapampa - Pte. Milagro, Yaupi - Provincia Pasco y Oxapampa.

1.4.2. Objetivos específicos

- a. Determinar la influencia de las características mecánicas de los suelos y rocas en el mejoramiento de la carretera.
- b. Identificar el impacto que tienen las propiedades cualitativas y cuantitativas de las rocas y los suelos en la mejora de la carretera.

1.5. Justificación de la Investigación

El propósito de este trabajo de investigación se justifica en la importancia de obtener información de la calidad de los suelos, macizos rocosos del terreno y de los materiales de cantera que intervendrán en el mejoramiento de la carretera emp. pe 5n, Oxapampa – pte. Milagro, Yaupi - Provincia Pasco y Oxapampa.

Cabe recalcar que para realizar un proyecto es necesario un estudio geotécnico para un adecuado inicio de planteamiento de proyecto y así no realizar una construcción sin previo diseño ni conocimiento del lugar a trabajar, Con frecuencia, se ignora la evaluación geotécnica del área de estudio; por esta razón, en el proceso de construcción surgen diversos tipos de problemas. Además, servirá como información geológica para futuros proyectos de ingeniería.

1.6. Limitaciones de la Investigación

La puesta en marcha y la realización del presente proyecto de investigación presenta algunas restricciones, entre las cuales están:

- El clima cambia en algunas épocas, lo cual dificulta las labores debido a que es propio de las regiones geográficas Quechua y Yunga.
- La demora al entregar los resultados los laboratorios donde se llevaron a cabo los análisis de las muestras.
- Los resultados de los ensayos solo corresponderán al área de estudio por lo que no se podrá emplear en otros proyectos.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de estudio

Para definir la clase de carretera y obras de arte, se utilizan como referencia investigaciones geodinámicas geológicas llevadas a cabo en diversos sitios del Perú. Estas se basan en las características geotécnicas y geológicas de los suelos y rocas que están presentes en el área bajo estudio.

La información de estos estudios se utilizará en el estudio actual.

La Carta Geológica Nacional fue utilizada como base para llevar a cabo el estudio, Serie A publicada por el INGEMMET: Boletín No. 78 – Serie A: Oxapampa (22-m), Ulcumayo (22-l), 1996, realizados por: W. León, R. Monge y N. Chacón.

Antecedente Internacionales

Ticlla (2021), “Evaluación de las características geotécnicas del suelo de las principales canteras para afirmado de carreteras del distrito de Chota.

Resumen: La presente investigación, se planteó para evaluar las características geotécnicas del suelo de las principales canteras para afirmado de carreteras del distrito de Chota, con el fin de verificar la calidad del material según los requisitos técnicos (MTC, 2014).

Es de tipo descriptiva simple, con una población muestral de cinco yacimientos pétreos. La metodología utilizada fue la deductiva indirecta y se llevaron a cabo los siguientes procedimientos sucesivos: Para determinar la cantera más adecuada para el afirmado, se realizó un levantamiento topográfico y análisis de laboratorio; se aplicó el método analítico para calcular teóricamente la subbase; para finalizar, se empleó una mezcla de suelo que venía de las canteras Pingobamba Bajo y Pingobamba. Se utilizó el diseño de base granular para el Toril; y, por último, se empleó el método del MTC para calcular los espesores del pavimento rígido en la Avenida Evitamiento.

Bocanegra, Flores (2021), “Evaluación geológica y geotécnica y su relación con una propuesta de mejoramiento de suelos reforzados en la carretera Yurimaguas – Munichis, provincia de Alto Amazonas, departamento de Loreto”.

Resumen: El área de estudio abarca el sector desde el kilómetro 1+200 hasta el kilómetro 19+000 de la carretera Yurimaguas - Munichis, que se localiza en la provincia de Alto Amazonas - Loreto. La evaluación geológica y geotécnica actual para la propuesta de mejorar los suelos reforzados de la carretera está situada en esta región.

Este estudio tiene como propósito hacer una propuesta de diseño y entender la importancia del análisis geológico-geotécnico, con el fin de determinar las características físicas de los suelos que lo componen para su uso en la construcción.

Además, el análisis incluyó la identificación del terreno, pruebas de campo y muestreo de suelos para los respectivos ensayos con el objetivo de determinar las condiciones físicas. El estudio se encargó de identificar las diversas formaciones litológicas del sector compuesto por depósitos aluviales lacustritos constituidos por gravas y arcillas inconsolidadas con granos finos. Además, analizó el fenómeno de la dispersión de finos y asentamientos a causa de la existencia de suelos extremadamente blandos, lo que produce hundimientos y disminuye la resistencia del terreno.

La metodología de investigación utilizada se clasifica como Investigación Cuantitativa-Cuantitativa, y su objetivo era determinar y examinar las propiedades geológicas y geotécnicas del suelo.

Ccopa (2021), “Estudio geológico y geotécnico para el mejoramiento y ampliación de la carretera vecinal tramo Nueva Luz – Ramal Yoquiri, distrito de Quellouno – La Convención – Cusco”. El trabajo de investigación geológica y geotécnica para la mejora y expansión del camino vecinal en el sector Nueva Luz - ramal Yoquiri, ubicado en el distrito de Quellouno, provincia de La Convención, región Cusco. La región de estudio se encuentra en la cuenca Lacco Yavero del río Yavero, el cual es uno de los ríos y tributarios más relevantes de la cuenca del Alto Urubamba. La carretera tiene una extensión aproximada de 8 kilómetros. El propósito de este estudio geológico y geotécnico es recopilar datos sobre la estructura geodinámica, la litología, la geomorfología y la hidrología del segmento de carretera Nueva Luz - ramal Yoquiri. Se llevaron a cabo evaluaciones in situ con el fin de determinar las propiedades físico-mecánicas de los suelos que atraviesan esta sección vial. Una vez recopilada toda esta información, será posible caracterizar el área en cuestión para prevenir o resolver los distintos problemas que puedan surgir con el tiempo y mantener la comunicación social y económica entre los centros poblados cercanos al proyecto. El segmento de la carretera está situado en una región geomorfológica muy accidentada, rodeada por dos montañas que alcanzan los 2200 metros sobre el nivel del mar. Los ríos y los arroyos han contribuido a que el relieve sea bastante accidentado con pendientes pronunciadas en dirección noroeste. En la zona de estudio se pueden observar geoformas como valles, laderas, quebradas, terrazas fluviales y abanicos aluviales.

Goicochea, P. A., & Vidaurre, B. M. (2020). “Controles geotécnicos para la estabilidad de taludes entre las progresivas km4 + 100 – km6 + 500 de la carretera Cajamarca – Chamis”.

Resumen: El objetivo de este trabajo es elaborar los controles de estabilidad para los taludes que se encuentran entre las progresivas km4 + 100 y km6 + 500 de la carretera Cajamarca - Chamis. Para ello, se procederá a determinar las propiedades litológicas, físicas y geotécnicas de los materiales que integran dichos taludes, así como los factores condicionantes. En primer lugar, se efectuará un estudio del Criterio de Mohr-Coulomb, que se utilizará para los taludes de suelos. Por otro lado, el Criterio Generalizado de Hoek Brown será usado para los taludes de roca. Por medio de los métodos de equilibrio límite de Spencer y Morgenstern, es posible calcular la estabilidad del talud del suelo. El programa Geotable se empleará para realizar el análisis con base en los datos recolectados en campo, con miras a la eventual creación de control geotécnico. Utilizaremos una investigación no experimental y descriptiva.

Antecedente Nacionales

Joyo (2019), "Modelo geológico-geotécnico para definir la excavación de laderas utilizando el banqueo en rocas sedimentarias, con propósitos de edificación vial. Construcción del camino Kimbiri-Kepashiato, en la zona de Cielo Punku Quebrada Honda (de km 1+000 a km 5+000)".

Resumen: Durante la construcción de la carretera Kimbiri-Kepashiato, específicamente en el sector Cielo Punku-Quebrada Honda (de km 1+000 a km 5+000), Hay zonas que están totalmente inestables y tienen rocas sedimentarias (arenisca y limolita). Se encuentran en las progresivas km 1+380 y km 3+280, respectivamente. Se realizó una investigación geotécnica minuciosa, que comprendió tanto trabajos de campo (calicatas) como las pruebas de laboratorio pertinentes. Para determinar condiciones geotécnicas estables, se emplearon los programas RocData v 4.0 y Slide v 6.0. Los resultados más significativos fueron los siguientes: en el ensayo de corte directo para la arenisca, se obtuvo una cohesión de 0.93 kg/cm² y una fricción de 23.4°; en la limolita, se registró una cohesión de 0.61 kg/cm² y una fricción de 21.2°. Para los trabajos de

voladura de rocas se tomaron en cuenta el Índice RMR (Bienawski, 1989). Arenisca = 50 y limolita = 40, que están en la clase III de rocas, se consideran un macizo de calidad regular. Se ha llevado a cabo la evaluación de la estabilidad y el cálculo del factor de seguridad.

Bonilla (2018), “Estudio geológico y geotécnico en el mejoramiento de la carretera dv. Alcas, Acobamba, Huayruro – región Huánuco.

Resumen: Este análisis se realizó en los distritos de San Rafael y Pano, que pertenecen a las provincias de Pachitea y Ambo, respectivamente. Las localidades donde tuvo lugar el estudio son Huayruro, Acobamba y Dv. Alcas, situadas en la región Huánuco. Su finalidad era realizar un Estudio Geológico y Geotécnico con relación al mejoramiento de la carretera Dv. Alcas, Acobamba y Huayruro - Región Huánuco. El segmento que se estudia tiene una longitud de 75+000 km e incluye las localidades de Lajas, Acobamba, Carampayo, Villa Tingo y Puente Huayruro; es un eje importante que favorecerá el desarrollo socioeconómico de los habitantes del área afectada. La metodología utilizada en esta investigación consiste en varias fases: la recolección y la evaluación de los datos existentes. Descripción geotécnica y geológica en la zona analizada. Localización y evolución en la excavación de calicatas (pozos exploratorios). Obtención de muestras, tanto alteradas como no alteradas, de la subrasante (tierra y roca). Obtención de muestras (rocas) en el talud actual. Pruebas de laboratorio y de campo (realizadas por un experto). Evaluación y análisis de la información. Trabajo de oficina. Elaboración del informe mediante la recopilación, combinación y edición del estudio.

Ochoa (2014), “Estudio geotécnico de suelos para diseñar la estructura del pavimento en la carretera Ticaco - Candarave, tramo Aricota – Quilahuani (km 146+500 – km 151+500).

Resumen: La tesis, que es el trabajo, presenta un estudio geotécnico del terreno de cantera y de cimiento con el fin de planificar la estructura del pavimento flexible. El

capítulo I aborda los aspectos generales del proyecto, que incluyen: Los objetivos de esta investigación, además de la localización, accesibilidad, etc. El capítulo II proporciona los datos esenciales para construir la estructura del pavimento flexible utilizando el método AASHTO 1993. El capítulo III detalla los materiales y las herramientas utilizadas, así como el método de diseño del pavimento flexible y la metodología de trabajo. La geomorfología y la geología de la zona estudiada se presentan en los capítulos IV y V, donde se señalan las unidades geomorfológicas y estratigráficas. Asimismo, se explican el clima, la dinámica geológica, los elementos estructurales, la precipitación y el drenaje. El capítulo VI estudia la tierra de cantera y la tierra de fundación, utilizando investigaciones de campo, laboratorio y gabinete. El objetivo es determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo para el diseño de la estructura del pavimento flexible. En el capítulo VII se incluye el diseño estructural del pavimento flexible, aplicado por medio de la metodología AASHTO 1993. Este método es recomendado por el “Manual para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito - MTC del Perú, 2008”.

Márquez (2007), “Estudio geotécnico de la carretera Coyllurqui - Chahuay - Ñahuinlla - Charcas del distrito de Coyllurqui”.

Resumen: La labor está enfocada en llevar a cabo análisis geotécnicos de carreteras sociales de escaso tránsito, conforme a lo estipulado en el Manual de Especificaciones Técnicas Generales para la edificación de caminos con poco tránsito y el Manual de Diseño de Caminos No Pavimentados de Bajo Volumen de Tránsito, ambos del Ministerio de Transporte y Comunicaciones. El primer capítulo trata las generalidades, indicando la ubicación, los antecedentes, los propósitos, las características generales del proyecto y las obras que se prevé hacer. Se describe la zona del proyecto en el segundo capítulo: acceso a ella, clima y vegetación, así como su altitud. El capítulo tres aborda cuestiones generales relacionadas con el trazo geométrico y el estudio topográfico. En el cuarto capítulo, se lleva a cabo un estudio del tráfico. Para ello, se hace una cuenta de

tráfico con datos estadísticos representativos y los factores de corrección correspondientes. Se obtiene el IMD, así como el origen y destino; la razón del viaje; los productos transportados; la proyección futura del tráfico y también el combustible que se va a emplear. El análisis geológico, que se realiza en el capítulo cinco, incluye la identificación de los procesos que podrían tener un impacto en la infraestructura del proyecto, la geomorfología (las unidades geomorfológicas), la estratigrafía (los grupos y formaciones presentes en el área de estudio), así como la geología estructural (las estructuras del suelo, rumbos, fallas, estructuras especiales de anticlinales y sinclinales). También se examina la geotectónica, que abarca las eras de los movimientos de plegamientos andinos y la dinámica geológica local (como derrumbes, deslizamientos y desprendimientos rocosos). El capítulo sexto abarca el análisis geotécnico de la carretera, fundamentado en los ensayos de laboratorio y las labores de campo.

2.2. Bases Teóricas – Científicas

Evaluación Geotécnica

Se trata de actividades que incluyen el reconocimiento del terreno, la investigación del subsuelo y los estudios e indicaciones de ingeniería precisos para el diseño y la edificación de obras que estén en contacto con el suelo. El objetivo es asegurar un comportamiento apropiado de las estructuras (subestructura y superestructura) para edificaciones, puentes, torres, silos y otras obras, garantizando así la vida humana y evitando también que se produzcan daños o afectaciones a construcciones cercanas. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2011).

Clasificación de Materiales de Corte

Los materiales que se excavan, quitan, cargan y transportan hasta su disposición final son los productos de las secciones necesarias para expandir la vía, excavar y nivelar las áreas incluidas en el prisma donde se establecerá la carretera, incluyendo taludes y

cunetas. También incluyen la escarificación, formación y compactación de la sub-rasante en sección.

La clasificación se lleva a cabo en términos porcentuales y se basa en la categorización de la normativa establecida en la Sección 205, "Excavación para explanaciones", de las regulaciones del DGC-MTC. Se establecen las siguientes categorizaciones en ella:

Roca Fija: Incluye la excavación de grandes volúmenes de rocas que están medianamente o fuertemente litificadas. Debido a su consolidación y cementación, estas rocas necesitan el uso sistemático de explosivos.

Roca Suelta: Incluye la excavación de grandes masas de rocas cuyo grado de fractura, consolidación y cementación permite o exige el empleo de explosivos. No obstante, estos se emplean en menos proporción que cuando se trata de roca fija. También incluye la excavación de bloques individuales que tienen un volumen mayor a 1 metro cúbico (1 m^3), ya sea por masas arrastradas o acumuladas de forma natural, o macizos alterados. Estos necesitan explosivos para ser fragmentados.

Material Suelto: Incluye suelos sin cemento y rocas muy desgastadas y fracturadas, cuya extracción solamente necesita el uso de maquinaria y/o mano de obra.

También se toma en cuenta el comportamiento natural de los taludes "in situ" para clasificarlos. Los taludes de roca dependen de la configuración del sistema de discontinuidades, las propiedades de la roca intacta y las propiedades del relleno. Por otro lado, en los taludes formados por un depósito cuaternario (suelo), su geometría, granulometría, compactación, cementación, presencia de agua, grado de alteración de las partículas y susceptibilidad a la erosión son factores determinantes.

Los taludes de pendiente baja de la zona de estudio están compuestos por una fina capa de depósitos cuaternarios, entre los cuales se destacan los suelos coluviales y/o residuales. Se aprecia una transición desde el suelo residual al sustrato rocoso, con

una base rocosa que oscila entre muy fracturada y alterada hasta no alterada y sana. Se efectuó una revisión visual en varias áreas a lo largo de la vía y se usó un martillo geológico para hacer algunas perforaciones exploratorias pequeñas, con el fin de establecer la variabilidad o el límite de este contacto. Hay áreas, especialmente en las curvas de volteo, donde la naturaleza de los materiales (suelo/roca) no permite determinar con exactitud la variabilidad. Por ello, se sugiere que para valorar el volumen en las labores de movimiento de tierras se tenga en cuenta un precio ponderado, que se calcula tomando como base los porcentajes especificados, los cuales se fundamentan en la proyección de los resultados de la exploración.

La tabla inferior se usó para clasificar los afloramientos rocosos, teniendo en cuenta su dureza como un factor cualitativo de referencia. Para ello, Se realizaron pruebas con el martillo en cada uno de los afloramientos que se registraron. Luego se relacionó con el criterio de ripabilidad de Weaver.

Clasificación para estimar el índice de dureza de la Roca.

Figura 2: *Índice de dureza de la roca.*

Clasificación	Identificación
Muy dura	El martillo produce solamente descarillado de la muestra. Sonido metálico del golpe.
Dura	El espécimen es fracturado con muchos golpes del martillo.
Medianamente Dura	El espécimen requiere más de un golpe de martillo para ser fracturado.
Ligeramente suave	No se puede raspar o descarillar con un cuchillo de bolsillo. El espécimen puede ser fracturado con un solo golpe firme de martillo
Débil o suave	Se descarilla con dificultad con un cuchillo de bolsillo; indentado poco profundo con golpes firmes con la punta del martillo del geólogo.
Muy débil	Se descompone con golpes firmes con la punta del martillo de geólogo. Puede ser descarillado con un cuchillo de bolsillo.

Nota. Fuente: Instituto Tecnológico de Espala (1994).

Clasificación de Rocas:

Figura 3: Clasificación de rocas.

CLASE DE ROCA	I	II	III	IV	V
DESCRIPCIÓN	Roca muy buena	Roca buena	Roca media	Roca mala	Roca muy mala
VELOCIDAD SÍSMICA (m/s)	> 2150	2150 - 1850	1850 - 1500	1500 - 1200	1200 - 450
Puntuación	26	24	20	12	5
DUREZA	Roca extremadamente dura	Roca muy dura	Roca dura	Roca blanda	Roca muy blanda
Puntuación	10	5	2	1	0
ALTERACIÓN	Sana	Ligeramente alterada	Alterada	Muy alterada	Completamente alterada
Puntuación	9	7	5	3	1
ESPACIO DE JUNTAS (mm)	> 3000	3000 - 1000	1000 - 300	300 - 50	< 50
Puntuación	30	25	20	10	5
CONTINUIDAD DE LAS JUNTAS	Discontinuas	Poco continuas	Continuas sin relleno	Continuas con algún relleno	Continua con relleno
Puntuación	5	5	3	0	0
RELLENO EN LAS JUNTAS	Cerradas	Algo separadas	Separadas < 1 mm	Con relleno < 5 mm	Con relleno > 5 mm
Puntuación	5	5	4	3	1
ORIENTACIÓN DE LA DIRECCIÓN Y BUZAMIENTO	Muy desfavorable	Desfavorable	Poco desfavorable	Favorable	Muy favorable
Puntuación	15	13	10	5	3
VALORACIÓN TOTAL	100 - 90	90 - 70*	70 - 50	50 - 25	< 25
VALORACIÓN DE LA RIPABILIDAD	Voladura	Extremadamente difícil de reparar	Muy difícil de reparar	Difícil de reparar	Fácilmente ripable
Selección de la maquinaria	–	D9G/D9G	D9/D8	D8/D7	D7
Potencia (CV)	–	770/385	385/270	270/180	180
KW	–	575/290	290/200	200/135	125

Nota. Fuente: Terzagui, Instituto Tecnológico de Espala (1994).

Si los taludes a proyectar tienen alturas superiores a 10 metros, y están hechos de material suelto (depósitos cuaternarios no cementados o sectores de rocas muy fracturadas), se deben realizar cortes en banquetas cada 6 metros de altura. Estos cortes se inclinarán un 2% hacia una cuneta revestida, que estará situada al pie de cada banqueta. Esta cuneta desviaré el agua de escorrentía superficial en dirección a la quebrada natural más próxima. Las aceras se diseñarán de acuerdo con las recomendaciones de la Clasificación de Materiales de Corte, utilizando un tendido del talud (H: V).

Sismicidad

La presencia de la placa tectónica de Nazca, que se encuentra debajo de la Placa Sudamericana, y la ubicación geográfica del Perú dentro del "Cinturón de fuego circunpácifico", un contexto geotectónico mundial, convierten a nuestro país en una nación con un nivel elevado de sismos. Esto se evidencia por los constantes movimientos telúricos ocurridos a lo largo de nuestra historia y también por los desastres naturales registrados.

La Placa de Nazca, que se mueve bajo la Placa Sudamericana, es la principal responsable de la tectónica en el área andina. Esto genera un plano de fricción entre las dos placas, lo que provoca una cantidad infinita de sismos, los cuales tienen distintas magnitudes y ocurren a diferentes profundidades. “La placa sudamericana crece a partir de la cadena meso-oceánica del Atlántico, avanzando hacia el noroeste con una velocidad de 2 a 3 cm por año, encontrándose con la placa de Nazca en su extremo occidental. A su vez, la placa de Nazca crece en la cadena meso-oceánica del Pacífico y avanza hacia el este con una velocidad de 5 a 10 cm por año, hundiéndose bajo la Placa Sudamericana con una velocidad de convergencia de 7 a 13 cm por año”. (Tavera, H. 1993)

En Perú, los sismos de gran magnitud se producen con mucha frecuencia, lo que hace que estos constituyan la principal fuente sismogénica del país. Estos terremotos han causado un alto nivel de destrucción y mortalidad en el área occidental del Perú. La segunda fuente sismogénica, que genera terremotos de menor magnitud, pero al ser más superficiales, son igual de destructivos que los anteriores.

Se ha establecido el factor máximo de aceleración del terreno (Z), que está relacionado con la ubicación geográfica, y el factor S, que participa en el cálculo del efecto de expansión del suelo, dentro del marco conceptual básico del Manual de Diseño de Puentes DGSF - MTC y, cuando sea necesario, de la Norma Técnica NT-E.30 del Reglamento Nacional de Construcciones peruano.

Como se observa en la tabla, a cada zona se le asigna un factor Z. Este factor representa la aceleración máxima horizontal en terreno firme, con una probabilidad del 10 % de ser sobrepasada en un período de 50 años. El factor Z se expresa como la razón de la aceleración gravitacional.

Tabla 1. Factores de Zona.

FACTORES DE ZONA “Z”	
ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

Nota. Fuente: 050 Reglamento Nacional de Construcciones.

Tabla 2. Factor de Suelo.

FACTOR DE SUELO “S”				
Suelo Zona	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
Z ₄	0,80	1,00	1,05	1,10
Z ₃	0,80	1,00	1,15	1,20
Z ₂	0,80	1,00	1,20	1,40
Z ₁	0,80	1,00	1,60	2,00

Nota. Fuente: 050 Reglamento Nacional de Construcciones.

Cuadros establecidos a partir de la distribución geográfica de los terremotos observados en el país, además de los rasgos de las sacudidas sísmicas y las tendencias hacia una disminución en la intensidad respecto a los epicentros que aparecen en el Catálogo Sísmico Nacional.

El perfil de suelo que se presenta en estas áreas está clasificado como S₀ y S₂, que corresponden a roca dura y suelos intermedios, respectivamente:

Perfil Tipo S₀ – Roca Dura

Esta categoría incluye las rocas sanas que tienen una velocidad de propagación de ondas cortantes (VS) mayor a 1500 m/s. Las mediciones deben realizarse en la ubicación del proyecto, siguiendo perfiles de la misma roca dentro de una formación específica, y con un nivel de intemperismo o fracturas igual o mayor. Las estimaciones del valor de VS pueden hacerse utilizando las mediciones de la velocidad de las ondas

de corte superficiales si se sabe que la roca dura tiene continuidad hasta los 30 metros de profundidad.

Perfil Tipo S_2 - Suelos Intermedios

Ejemplos de este tipo son los suelos medianamente rígidos, cuya velocidad de propagación de ondas cortantes (V_s) oscila entre 180 m/s y 500 m/s. Esto abarca aquellos casos en los que la cimentación se lleva a cabo sobre:

- Arena densa, gruesa a media, o grava arenosa medianamente densa, con valores del SPT N60, entre 15 y 50.
- Suelo cohesivo compacto, con una resistencia al corte en condiciones no drenada S_u entre 50 kPa (0,5 kg/cm²) y 100 kPa (1 kg/cm²) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.

Tabla 3. Parámetros del Suelo

Tipo	Parámetros del Suelo			
	Descripción	TP	TL	S
S_0	Roca Dura	0,3	3,0	0,80
S_2	Suelos Intermedios	0,6	2,0	1,20

Nota. Fuente: 050 RNC.

Análisis de estabilidad de talud en macizo rocoso

Muchas veces se hace uso de la clasificación Bieniawsky

Clasificación de Bieniawsky (1973), Actualizada en el 1989

Este método otorga un peso a cada parámetro en una fórmula que abarca: el RQD, la alteración de la roca, la separación media entre diaclasas (espaciado en el juego menos favorable), la resistencia de la roca sana (compresión simple, medida en Kg/cm²), el ancho de las diaclasas, su continuidad o extensión (persistencia), el flujo del agua que

se podría detectar en las discontinuidades anotadas y la dirección de las diaclasas (rumbo y buzamiento).

Teniendo como resultado la siguiente clasificación:

Macizo Clase I: Roca sana, sin fracturas

Macizo Clase II: Roca sana poco fracturada

Macizo Clase III: Roca sana a alterada y fracturada

Macizo Clase IV: Roca alterada a muy alterada y muy fracturada

Macizo Clase V: Suelo de alteración de la roca o suelo

Figura 4: Clasificación geomecánica de Bieniawsky.

I.- PARÁMETROS DE CALIFICACIÓN																
RMR (1) RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE DE LA ROCA INTACTA																
VALOR (kp/cm ²)	>2.500	1.000-2.500	500-1.000	250-500	50-250	10-50	<10									
VALORACIÓN	15	12	7	4	2	1	0									

RMR (2+3) RQD Y SEPARACIÓN ENTRE DIACLASAS																
JUNTAS POR METRO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
VALORACIÓN	40	34	31	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	16	17
JUNTAS POR METRO	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
VALORACIÓN	17	16	15	14	14	13	13	12	12	11	11	10	10	9	9	
JUNTAS POR METRO	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	
VALORACIÓN	9	8	8	7	7	7	6	6	6	5	5	5	4	4	4	

RMR(4)		ESTADO DE LAS DIACLASAS				
PERSISTENCIA	<1 m	1-3m	3-10m	10-20m	20m	
	6	4	2	1	0	
APERTURA	0	<0,1 mm	0,1-1 mm	1-5 mm	> 5 mm	
	6	5	4	1	0	
RUGOSIDAD	Muy rugosa	Rugosa	Liger. rugosa	Lisa	Espejo falla	
	6	5	3	2	0	
RELLENO	NO HAY	DURO CON ESPESOR <5mm	DURO CON ESPESOR >5mm	BLANDO CON ESPESOR <5mm	BLANDO CON ESPESOR >5mm	
	6	5	3	2	0	
GRADO DE METEORIZACIÓN	NO AFECTADO	LIGERO	MODERADO	ALTO	DESCOMPUESTO	
	6	5	3	1	0	

RMR (5)		EFECTO DEL AGUA			
ESTADO	SECO	LIG. HÚMEDO	HÚMEDO	GOTEANDO	CHORREANDO
VALORACIÓN	15	10	7	4	0

II.- CORRECCIÓN SEGÚN LA ORIENTACIÓN DE LA OBRA						
DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL				DIRECCIÓN PARALELA AL EJE DEL TÚNEL		Buzamiento 0°-20° cualquier dirección
Excavación hacia buzamiento		Excavación contra buzamiento				
Buzam. 45-90	Buzam.20-45	Buzam. 45-90	Buzam. 20-45	Buzam. 45-90	Buzam. 20-45	
Muy favorable	Favorable	Media	Desfavorable	Muy desfavorable	Media	Media
0	-2	-5	-10	-12	-5	-5

Orientación de rumbo y buzamiento de las fisuras		Muy Favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy Desfavorable
Valores	Túneles	0	-2	-5	-10	-12
	Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes	0	-5	-25	-50	-60

Valor total del RMR	81-100	61-80	41-60	21-40	<20
Clase Número	I	II	III	IV	V
Descripción	Muy Bueno	Bueno	Medio	Malo	Muy Malo

Metodología para la evaluación de la estabilidad de taludes

El criterio de evaluación utilizado está determinado por el tipo de material que forma el talud, debido a que la manera en que se comporta un talud rocoso está relacionada con la distribución del sistema de discontinuidades, las propiedades del relleno y las características de la roca intacta. En cambio, la conducta de un talud formado por un depósito cuaternario tiene una estrecha relación con su geometría, tamaño de grano, compacidad, presencia de agua, grado de alteración de las partículas y susceptibilidad a la erosión.

No se considera el criterio de evaluación que se basa en la dureza de la roca, ya que, según ha demostrado la experiencia, los taludes en rocas duras pueden resultar inestables si su sistema de discontinuidades no es favorable para el corte. Asimismo, se ha notado que los taludes en rocas muy alteradas funcionan correctamente si su sistema de discontinuidades no es problemático con respecto al corte del camino.

En consecuencia, el sistema que se describe a continuación tiene en cuenta los principales agentes de cada tipo de material.

Valoración de la Estabilidad de Taludes en Suelo (ETS)

La evaluación de la estabilidad de los taludes en el suelo (ETS) es el producto de una investigación minuciosa y exhaustiva que se realizó sobre más de 700 taludes, que ha sido desarrollado a lo largo del tiempo. Se ha llevado a cabo un análisis de todos los parámetros que afectan la inestabilidad de los taludes para estudiar el comportamiento de estos. Los parámetros fueron agrupados y se examinó la sensibilidad de cada uno. La evaluación realizada ha establecido que siete factores influyen en la estabilidad de los taludes en el suelo, que son:

- a. **Granulometría:** Se ha observado que este parámetro es relevante para evaluar los taludes. Un incremento de finos, al ser más envolvente, lo vuelve más estable. Este parámetro también tiene que ver con la angularidad de las partículas: a medida que estas son más angulosas, su estabilidad aumenta.
- b. **Relación del ángulo del talud y su compacidad:** Se ha notado que los taludes son más inestables a medida que se alejan de su ángulo de reposo. Este efecto se reduce cuando la compacidad está presente en cada uno de sus bloques. Por lo tanto, tomamos este valor considerando la diferencia entre el ángulo del talud y el ángulo de reposo, que se ve influenciada por el grado de compacidad.
- c. **Altura del talud:** Se ha incorporado que la estabilidad tiene una relación directamente proporcional con la altura, a partir de toda la base de datos. Este parámetro se toma en cuenta en la evaluación.
- d. **Altura crítica y su ubicación:** La altura del talud con probabilidad de deslizamiento es lo que se conoce como altura crítica, y su ubicación en el talud es otro factor que influye en la estabilidad general. Dentro del talud, las hojas de cálculo han establecido tres posiciones: alta, baja y media.
- e. **Condiciones del agua:** Se ha comprobado que el talud es más inestable mientras más agua tiene. Al evaluar los taludes, se determina si están secos, húmedos o si

presentan goteo o flujo de agua. Se les da mayor valoración a aquellos que tienen flujo de caja.

- f. **Grado de alteración:** La estabilidad del talud se ve afectada por el grado de alteración de las partículas; este parámetro ha sido incluido, pero su impacto es mínimo.
- g. **Susceptibilidad al deslizamiento:** En este sector particular se ha notado que los taludes erosionados tienen una tendencia a deslizarse y desprender bloques, por lo cual se considera en la evaluación de la estabilidad de los taludes y si hay probabilidad de que esto suceda.

Por último, la evaluación "ETS" se logra al sumar los resultados parciales del análisis.

Valoración de la Estabilidad de Taludes en Roca

En este sector particular se ha notado que los taludes erosionados tienen una tendencia a deslizarse y desprender bloques, por lo cual se considera en la evaluación de la estabilidad de los taludes y si hay probabilidad de que esto suceda.

El sistema de valoración del macizo rocoso (Rock Mass Rating), también conocido como Clasificación Geomecánica, fue desarrollado por Bieniawski durante los años de 1972 a 1973, modificado con los años conforme más casos históricos llegaron a estar disponibles, y adecuado a las normas y procedimientos internacionales (Bieniawski, 1979). Dada su inherente facilidad de empleo y adaptabilidad al ejercicio de la ingeniería, que incluye túneles, cámaras, minas, taludes y cimentaciones, este método es aprobado.

Este método presenta las siguientes ventajas:

- Proporciona las cualidades del sitio investigado con un mínimo de parámetros de clasificación.
- Proporciona información cuantitativa para propósitos de diseño.

- Es simple y significativa en términos, pues está basada en parámetros medibles que pueden ser determinados rápidamente y a bajo costo.

El sistema RMR, cuenta con cinco parámetros básicos siendo estas los siguientes:

1. Resistencia de la Roca Intacta

Según el índice de la carga puntual (PLT) o el índice del golpe de martillo del geólogo, Bieniawski fundamenta sus valoraciones en los intervalos de resistencia compresiva uniaxial de la roca intacta.

2. Designación de la Calidad de la Roca (RQD)

El RQD, propuesto por Deere (1967), es de uso frecuente como una medida de la calidad de testigos de perforación, en función al fracturamiento del macizo rocoso. Se define el RQD como la relación porcentual entre la longitud total de los testigos sin fracturas de 10 cm o más y la longitud perforada.

$$RQD = \frac{\sum \text{long. de testigos} > 10 \text{ cm}}{\text{Longitud perforada}} \times 100$$

Es factible calcular el RQD en afloramiento rocoso si no se dispone de testigos de perforación, siguiendo la siguiente propuesta que Barton hizo en 1974.

$$RQD = 115 - 3,3 J_v$$

Donde:

J_v = N de fracturas/m³ de roca.

3. Espaciamiento de Discontinuidades

En su clasificación RMR modificada de 1979, Bieniawski toma en cuenta los rangos sugeridos por la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas para este rasgo del macizo rocoso.

4. Estado de las Discontinuidades

La evaluación de este parámetro toma en cuenta la separación o abertura de la discontinuidad, el grado de alteración, la rugosidad y el tamaño de las paredes, además del material que se emplea para rellenar.

5. Condiciones de Agua Subterránea

Ten en cuenta la presión del agua en las discontinuidades con el esfuerzo principal mayor, la relación entre el flujo de agua subterránea y los rangos de flujo observados o alguna observación cualitativa general sobre las condiciones del agua subterránea.

Se han agregado factores de reducción a la clasificación RMR, los cuales tienen en cuenta la conexión entre los componentes de orientación de las discontinuidades y el trabajo ingenieril, además de los métodos de excavación.

En 1985, Romana propuso un método de evaluación para taludes basado en el sistema propuesto por Bieniawski en 1979. Este procedimiento toma en consideración el efecto que tiene la discontinuidad del macizo rocoso con respecto al corte del talud, así como la naturaleza de las fracturas predominantes y el proceso de excavación. El esquema de evaluación para taludes rocosos se resume en el siguiente cuadro.

Grado de Estabilidad de Taludes

Con el fin de homogeneizar la evaluación y poder comprenderla bajo un mismo criterio, se ha llevado a cabo una observación minuciosa de las condiciones de los taludes. A partir de esta observación, se clasifican los taludes en los siguientes grupos según su grado de estabilidad:

EO: Talud Totalmente Estable

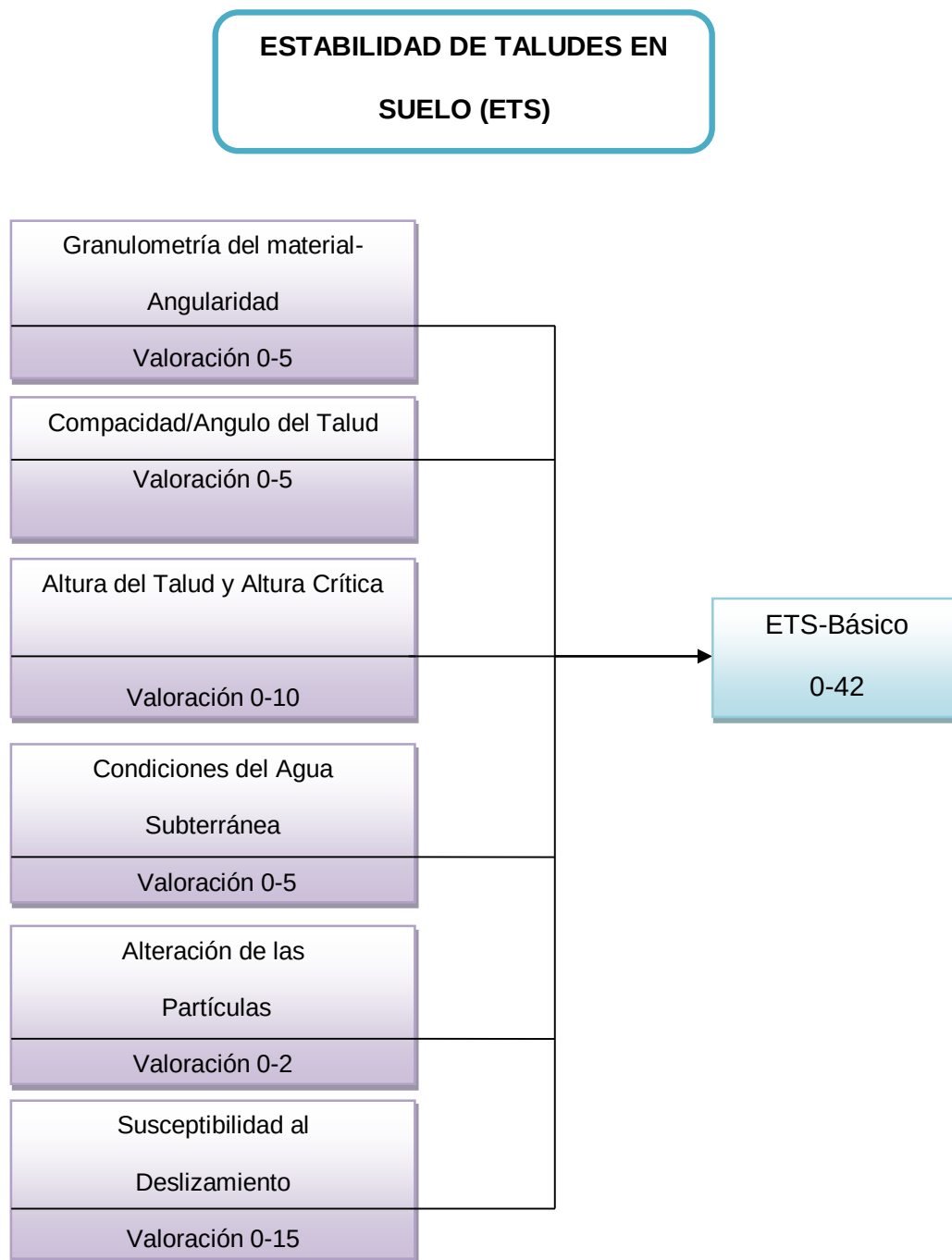
E1: Talud Normalmente estable o Parcialmente estable.

E2: Talud Inestable

E3: Talud Crítico

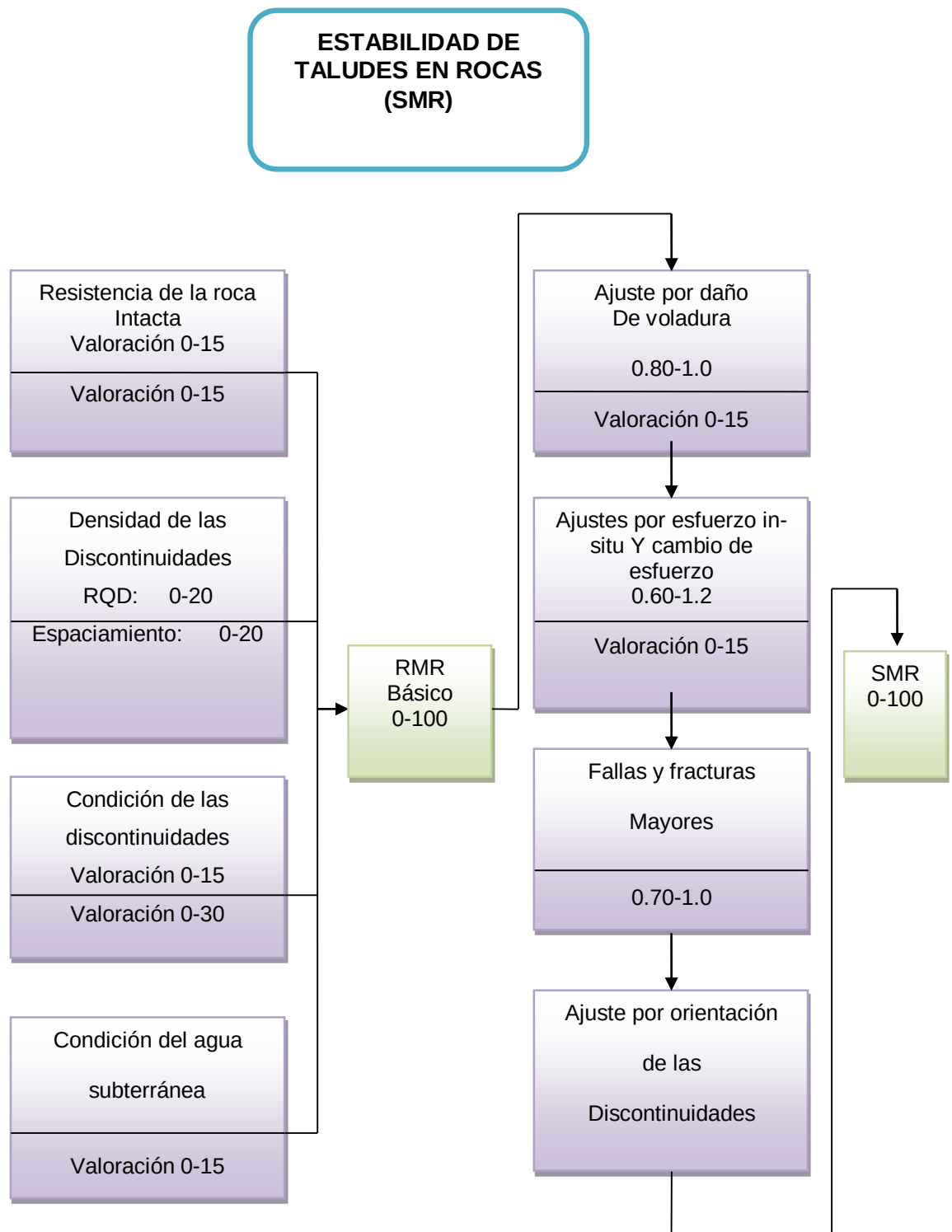
Para los taludes en roca teniendo en cuenta la valoración “SMR” se tiene:

Figura 5: Esquema del Sistema de Valoración en Suelos (ETS).



Nota. Fuente: Vallejo.

Figura 6: Esquema del Sistema de Valoración en Roca (RMR-SMR)



Nota. Fuente: Vallejo.

Tabla 4. Para taludes en suelo considerando la valoración “ETS”

GRADO DE ESTABILIDAD	E3	E2	E1		E0
CLASE	V	IV	III	II	I
VALORACIÓN SMR	0-20	21-40	41-60	61-80	81-100
DESCRIPCIÓN SMR	Muy mala	Mala	Regular	Buena	Muy buena
DESCRIPCIÓN DEL GRADO DE ESTABILIDAD	Crítico	Inestable	Normalmente Estable		Totalmente Estable

Nota. Fuente: Vallejo

Tabla 5. Los rangos de estabilidad consideran los siguientes criterios.

GRADO DE ESTABILIDAD	E3	E2	E1	E0
VALORACIÓN ETS	>30.0	15.0-30.0	7.50-15.0	0-7.50
DESCRIPCIÓN DEL GRADO DE ESTABILIDAD	Crítico	Inestable	Normalmente Estable	Totalmente Estable

Nota. Fuente: Vallejo

Totalmente Estable (EO)

Este grupo está compuesto por todos los taludes que no representan ningún peligro para la carretera y/o las viviendas situadas en la parte alta o baja del talud o ladera. En otras palabras, se anticipa que, si caen bloques pequeños, gravas y/o material fino, solo cubrirán la berma de la carretera sin ocasionar en ningún momento perjuicios a personas o bienes materiales; además, siempre posibilitarían el tránsito vehicular normal.

Normalmente, los taludes con este nivel de estabilidad no necesitarán ninguna acción correctiva.

Normalmente Estable (E1)

Se incluyen en esta categoría todos los taludes que suponen un riesgo moderado para las viviendas o la carretera situadas al pie o al borde superior del talud. En otras palabras, si sucedieran pequeños desprendimientos y/o derrumbes, no afectarían más de una vía ni la berma lateral, por lo que el tránsito de vehículos no se vería interrumpido.

No se anticipa que estos taludes fallen. En general son estables, excepto por algunas caídas ocasionales de bloques.

Para este grupo, la solución generalmente implica el desquinche de bloques o gravas sueltas y una pared de contención frente a un proceso geodinámico.

Inestable (E2)

Se compone de todos los taludes que representan un riesgo para la carretera; es decir, en caso de que se produzca un desprendimiento o derrumbe significativo, no solo se interrumpiría el tránsito vehicular, sino que las estructuras o viviendas ubicadas al pie o en la parte superior del talud podrían resultar dañadas, lo cual podría llevar a la pérdida de vidas.

La resolución de estos taludes se relacionará con la instalación de muros, drenajes, enmallados, cercas de retención y cortes o conformación de banquetas.

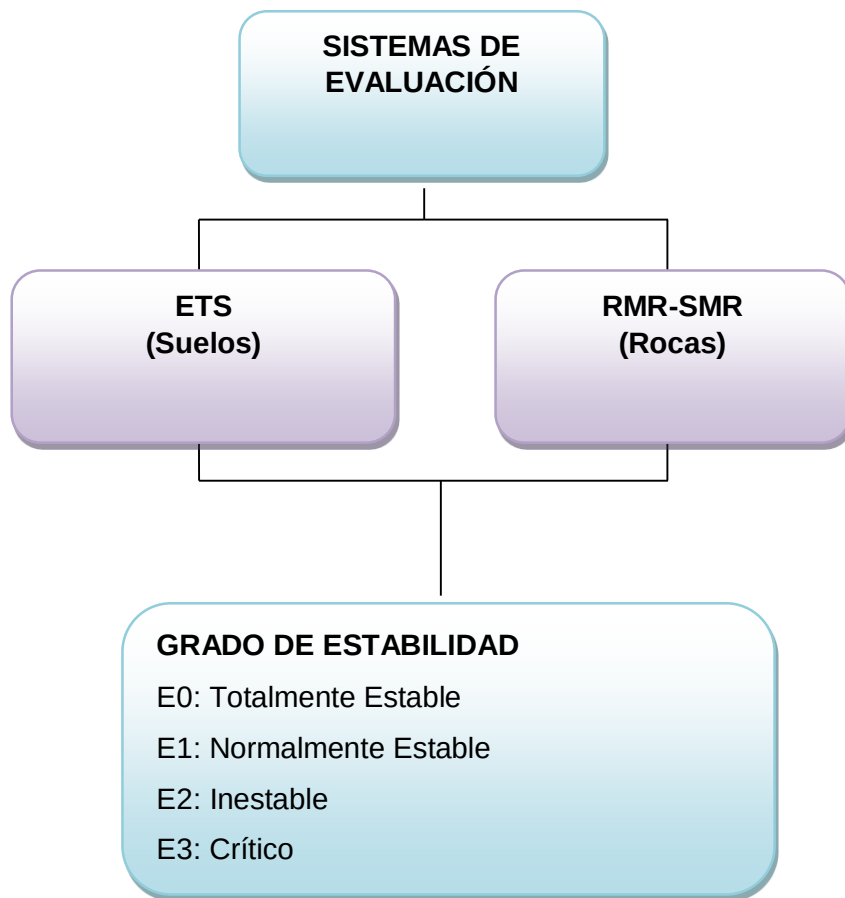
Crítico (E3)

Esta calificación incluirá todos los taludes que se encuentran en una situación muy crítica, con signos de movimiento, lo cual representa un gran obstáculo para la carretera o las casas cercanas. Esto significa que si ocurriese un deslizamiento, desprendimiento y/o caída de bloques y gravas, el pavimento asfáltico, así como las viviendas ubicadas tanto arriba como abajo del talud, se verían afectadas con las consecuentes pérdidas humanas.

Las soluciones en estos taludes estarán vinculadas con un estudio geotécnico más exhaustivo, la modificación del trazo y/o la combinación de varias soluciones geotécnicas.

Finalmente, en un tramo de carretera equipado con el sistema, es posible obtener una visión general de la estabilidad de todos los taludes. En ciertas ocasiones, es posible relacionar los grados de estabilidad con la nomenclatura, como se muestra en la figura que sigue:

Figura 7: Sistema de Evaluación Taludes



Nota. Fuente: Vallejo.

Métodos de Drenaje

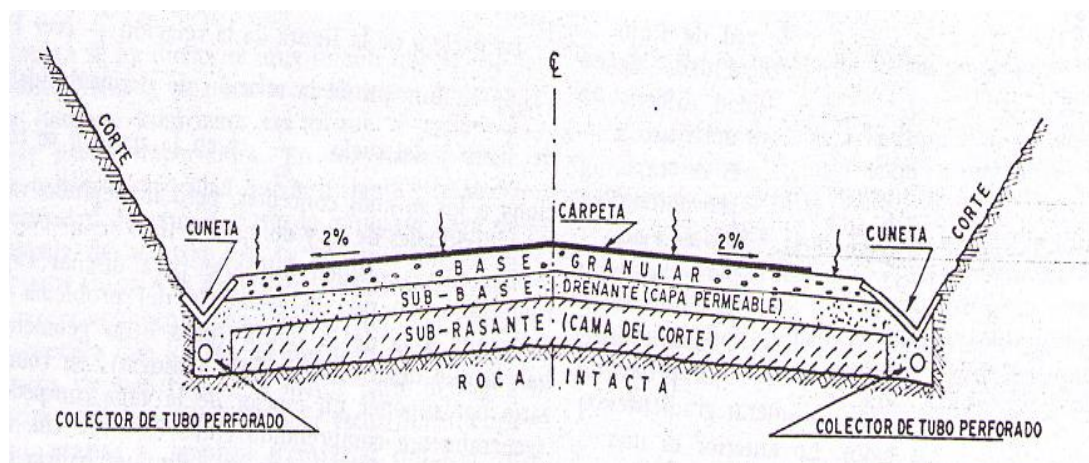
Los métodos más destacados que se emplean en el drenaje vinculado con la edificación de carreteras se presentan a continuación.

A. Capas Permeables en Pavimentos

En ocasiones, el agua se acumula en las camaras de los cortes de las carreteras. En estas situaciones, la cooperación con capas permeables debajo del pavimento puede ser beneficiosa para protegerlas. Estas son capas de espesor razonable que se sitúan debajo de la corona del camino o de la superficie pavimentada, compuestas por material filtrante. De este modo, gracias a una pendiente transversal apropiada y unas instalaciones de salida adecuadas, tienen la capacidad de drenar el agua que se infiltra desde el pavimento, así como también aquella que venga desde los acotamientos de la vía o que suba por subpresión desde niveles inferiores.

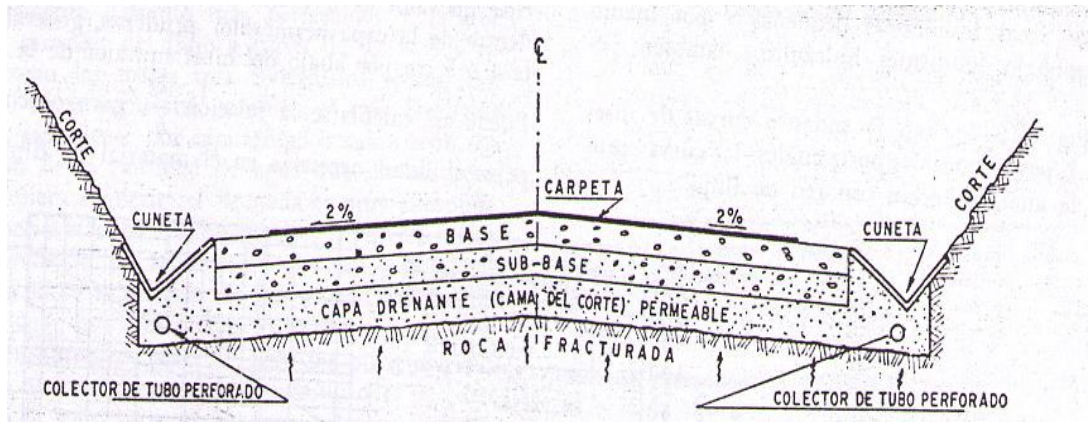
Con frecuencia, estas capas drenantes se incorporan al pavimento, utilizando el hecho de que la naturaleza granular de los materiales filtrantes los hace muy adecuados para dicha función desde una perspectiva estructural. Las capas de filtro también podrían tener otro propósito esencial: actuar como un nexo entre los materiales finos de terracería y una capa superior de material triturado grueso, para prevenir que las partículas gruesas penetren en la matriz fina.

Figura 8: Subbase utilizada como Capa Permeable, para Interceptar Agua Proveniente del pavimento.



Nota. Fuente: Rico Rodríguez, Alfonso 2004

Figura 9: Subrasante utilizado como Capa Permeable, para Interceptar Flujo Ascendente por Supresión.



Nota. Fuente: Rico Rodríguez, Alfonso 2004

La Fig. anterior muestra en forma esquemática la utilización de capas permeables para control de infiltración proveniente de la parte superior del pavimento y de ascensión de agua proveniente de capas inferiores, en las que se supone existe una subpresión.

En la figura 8 (flujo descendente), La subbase, compuesta por materiales apropiados, se ha utilizado como capa de drenaje. Es razonable construir la cama del corte con una subrasante de calidad normal, ya que se admite que no habrá un flujo ascendente.

En la figura 9, Se considera un flujo ascendente por subpresión dentro de una roca fracturada. La capa drenante se ha determinado ahora como la subrasante que compone la cama del corte. Es un inconveniente la práctica, relativamente común, de transformar en drenante a la subbase y ubicarla sobre una subrasante convencional (cama del corte). Esto se debe a que todo el suelo que esté debajo de la capa drenante tiende a saturarse, lo que provoca una pérdida de resistencia y un aumento en la capacidad de deformación. En consecuencia, tanto el pavimento como

la capa drenante pueden tener un comportamiento deficiente, independientemente de su calidad, al quedar flotando sobre una capa saturada.

Para detener un proceso de ascensión capilar que, si no se interrumpe, podría dañar la capa subrasante, la subbase e incluso la base del pavimento, en ocasiones se coloca una capa permeable de material grueso en el fondo del pavimento o incluso dentro del terraplén. Estas son las capas que interrumpen la capilaridad con el objetivo de impedir el paso del agua, aunque no de drenarla. Así que, no son capas drenantes en sentido estricto. Es cuestión de conectar el material fino del terraplén con el aire por medio de los espacios grandes que hay entre las partículas más gruesas, con el fin de que se generen los meniscos requeridos para impedir que el agua siga subiendo y dejar libres de ella las capas de suelo situadas por encima.

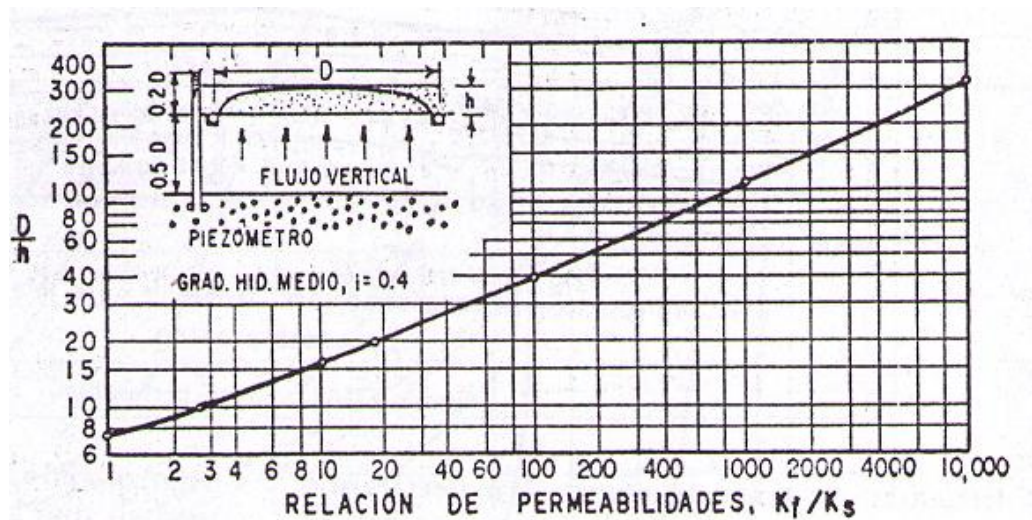
Hay una notable distinción entre la forma en que debe proyectarse la capa permeable, En función de si es interceptora y eliminadora de un flujo o si puede interrumpir el ascenso capilar del agua que proviene de niveles inferiores. En el primer escenario, se requiere que la capa tenga un caudal de agua que fluya a través de ella. Esto implica la existencia de colectores de tubo perforado, las pendientes transversales requeridas y, sobre todo, que el material constitutivo de la capa funcione como un filtro real, cumpliendo al máximo con las regulaciones establecidas. En cambio, si se coloca una capa para interrumpir el potencial capilar de un agua que asciende, lo ideal sería que la materia constitutiva fuera un material granular grueso con alta permeabilidad. Esto permitiría mantener espacios grandes en contacto con el material con potencial capilar. De este modo, el agua capilar no va a poder elevarse por la capa rompedora y se mantendrá en las capas más bajas, formando los meniscos requeridos en el área donde los canales capilares estén con aire. En esta situación, no sería aconsejable que el material de la capa rompedora fuera un filtro verdadero, dado que estos materiales todavía tienen una altura capilar importante.

La piedra en fragmentos, que sea de tamaño relativamente grande y uniforme, sería el material más adecuado para una capa que rompa la capilaridad. No obstante, sería arriesgado pensar que cualquier material colocado en una sección estructural de una vía terrestre tiene un único objetivo y funciona mediante un solo mecanismo.

El material que se acaba de mencionar no funcionaría bien en un posible flujo, así que no es común que los ingenieros lo empleen; por lo tanto, en las capas rompedoras normalmente se encuentran materiales más adecuadamente graduados.

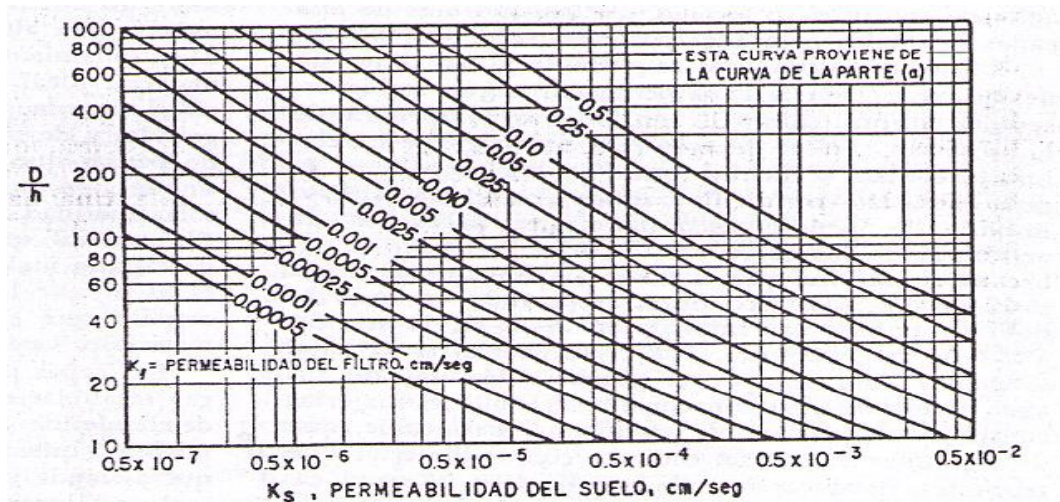
Las capas que se tienen en cuenta aquí son aquellas que están diseñadas para captar el flujo de agua que descende desde la superficie del pavimento y los acotamientos, ya sea porque proviene de los cortes o porque asciende a causa de subpresión. Algunas de sus propiedades se asemejarán a las de una caja que interrumpe la capilaridad, donde el comportamiento del agua está determinado por otras leyes.

Figura 10: Relación de Permeabilidades (K_f/K_s).



Nota. Fuente: Rico Rodríguez, Alfonso 2004

Figura 11: Gráficos de Diseño de Capas Permeables Horizontales



Nota. Fuente: Rico Rodríguez, Alfonso 2004

En los gráficos de diseño de capas permeables, se presentan curvas de diseño para capas horizontales que son permeables. Estas curvas se obtienen a partir de análisis realizados con red de flujo.

La relación D/h se presenta en la figura 10, mostrando cómo se relaciona con la relación de permeabilidades del filtro y el suelo K_f/K_s . En cambio, en la figura 11, se presentan los mismos conceptos, aunque empleando valores individuales de K_f y K_s .

Se pueden emplear curvas para crear estratos rompedores cuya geometría concuerde con la figura (para geometrías distintas, se necesitaría elaborar gráficos equivalentes). Se iniciaría suponiendo el grosor de la capa rompedora (que suele ser de 20 a 40 cm, siendo los 30 cm un valor muy común). Luego, se debería suponer o calcular la permeabilidad del terreno que está debajo de la capa rompedora, por donde asciende el agua por subpresión en este caso. Después, se requiere determinar un valor prudente de h (la altura de saturación en la capa permeable), que por lo general es 4 o 5 cm por debajo del nivel más alto de la capa.

Así, el cálculo de la relación D/h puede emplearse para establecer la permeabilidad que requiere el material del filtro.

La tabla que aparece a continuación muestra las infiltraciones a través de una carpeta que pueden eliminarse de un pavimento, dependiendo de si se coloca o no, debajo de la subbase convencional del mismo, una capa permeable efectiva. La infiltración ocurre en centímetros de lluvia por cada hora.

Tabla 6 Relaciones de infiltración teóricas (según redes de flujo) que pueden ser drenadas de las capas de un pavimento

Material de subbase sobre la capa permeable.	Permeabilidad $\frac{\text{cm}}{\text{seg}}$	Relación de infiltración teórica que puede ser drenada $\frac{\text{cm}}{h}$	
		Sin capa permeable $\frac{\text{cm}}{h}$	Con capa permeable $\frac{\text{cm}}{h}$
Material convencional de subbase, bien graduado.	3×10^{-4}	0.0015	1.25
Arena para concreto con alto contenido de finos limosos y arcillosos.	6×10^{-4}	0.0030	2.5
Arena para concreto con bajo contenido de finos limosos y arcillosos.	6×10^{-3}	0.030	25.0

Nota. Fuente: Rico Rodríguez, Alfonso 2004

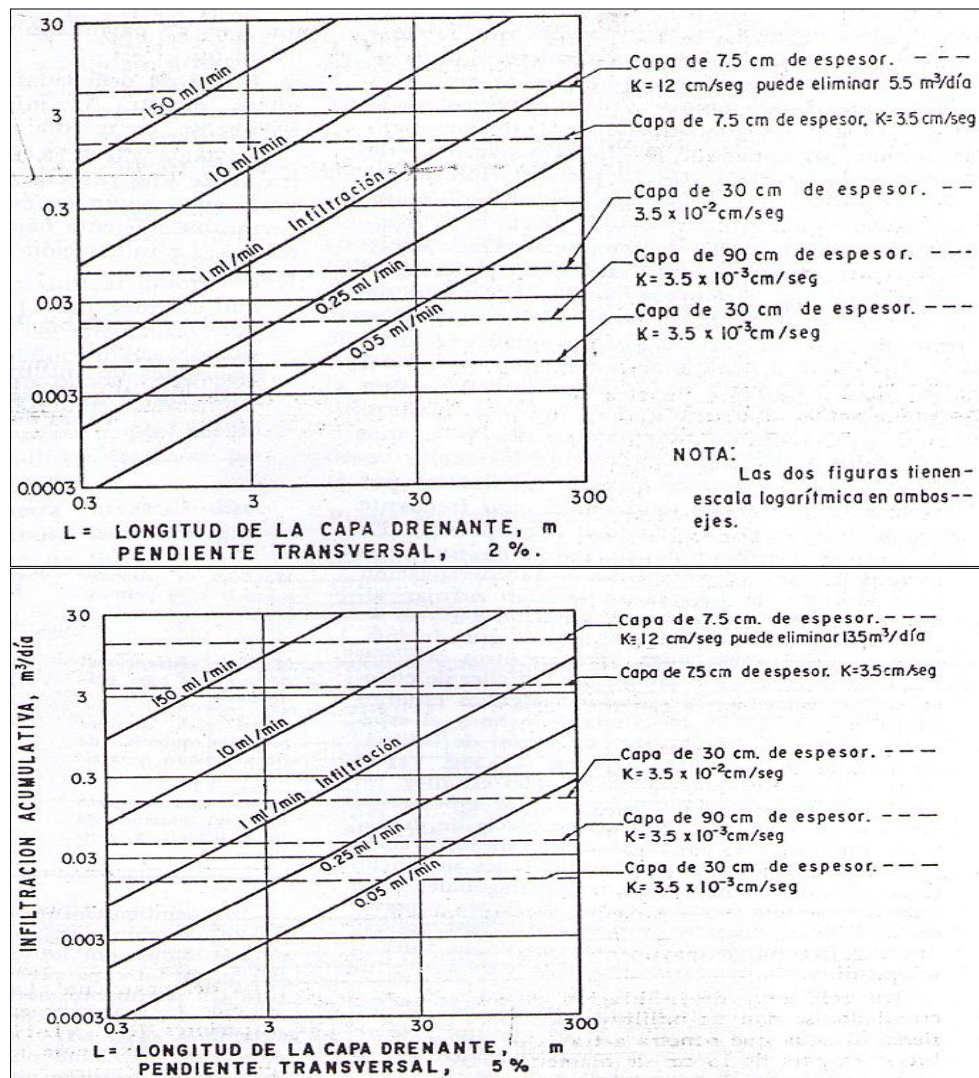
A pesar de que la tabla se refiere a una disposición que, aunque común, no es considerada la mejor opción y que prefiere integrar la capa permeable en la estructura del pavimento para que actúe como subbase cuando el agua proviene de las capas superiores, esta tabla anterior brinda un criterio normativo excelente y pone en relieve el notable poder drenante que se logra al emplear capas horizontales permeables. En realidad, una instalación así puede aumentar la capacidad de drenaje en el interior de un camino o de una pista aérea entre cientos y miles de veces. Por supuesto, se

mencionó anteriormente que estas capas permeables, las cuales estarán sometidas al flujo de agua, tienen que ser diseñadas con los requerimientos de filtro ya establecidos.

Instalar un sistema que recolecte y elimine agua a ambos lados de una capa filtrante es una parte esencial.

El coste de las capas permeables, que suele ser elevado, es un factor clave a tener en cuenta al diseñarlas. En este sentido, sería preferible cualquier disminución en el grosor de la capa que se pueda alcanzar sin reducir demasiado la capacidad de drenaje. No obstante, las capas excesivamente delgadas se tornan constructivamente complicadas al punto de perder su beneficio económico. Quizás no se deberían utilizar capas con un espesor menor a 15 cm, y las de 20 y 30 cm son las más frecuentes; los espesores superiores probablemente incrementen significativamente el costo, especialmente en carreteras.

Figura 12: Capacidad de Descarga de Capas Drenantes



Nota. Fuente: Rico Rodríguez, Alfonso 2004

B. Drenes Longitudinales de Zanja.

Es frecuente que el agua subterránea fluya, en áreas montañosas y con pendientes, de acuerdo a la inclinación del terreno. El nivel freático mantiene una forma parecida a la del terreno, aunque por lo general es menos accidentada. Cuando se lleva a cabo una excavación profunda, como en el caso de los cortes, ocurrirá un flujo hacia dicha excavación que saturará tanto la cama como los taludes del corte.

Un drenaje longitudinal de zanja tiene la capacidad de detener este flujo, como se ilustra en el mismo, donde se muestran las trayectorias del flujo antes y después de colocar dicha instalación. En este caso, el efecto del subdrén de zanja es interceptar y reducir el flujo hacia la cama del corte, así como disminuir en menor medida la zona que podría saturarse en el talud. Los drenes longitudinales que se instalan en las carreteras tienen un propósito, por lo que en ese caso son estructuras cuyo objetivo principal es proteger el pavimento al interceptar un flujo de agua.

El subdrén consiste en una zanja de profundidad apropiada (por lo menos de 1 a 1.5 m, aunque se han hecho hasta de 4.0 cm), la cual tiene un tubo perforado en su parte inferior y está llena de material filtrante; el agua recogida por el tubo se evacua por gravedad hacia algún bajo o cañada donde su descarga no cause daño. Las perforaciones del tubo y el material de filtro deben cumplir con las normas.

Cuando se colocan uno o dos lados de una carretera, o incluso tres o más zanjas, es habitual que la acción de estos drenes longitudinales se combine con interceptores transversales. Si hay subpresión de agua debajo del segmento de la vía terrestre, las zanjas deben ser profundas y cercanas. El relleno permeable debe ser instalado de manera compacta.

Cuando el terreno en que se construyan sea blando y húmedo, deberá cuidarse dar un espesor suficiente de material de filtro en el fondo de la zanja como para garantizar una plantilla estable, que permita dar al tubo pendientes permanentes y para protegerlo; es frecuente construir, en este caso, la plantilla con un concreto pobre.

Los drenes de zanja logran su máximo rendimiento cuando se trata de interrumpir flujos que provienen de los taludes de un corte.

C. Subdrenes Interceptores Transversales

Son aparatos de drenaje similares a los subdrenes de zanja, la única diferencia es que su desarrollo ahora es paralelo al eje de la vía terrestre. El ejemplo habitual de la colocación de estos subdrenes en vías de comunicación, donde se observa el paso de una sección en corte a una en terraplén. En caso de no instalar el subdrén transversal interceptor, existe la posibilidad de que el agua procedente del corte se filtre en el terraplén y cause asentamientos o deslizamientos.

Si se coloca una capa drenante y permeable a cada lado de un dren interceptor, el efecto del mismo puede aumentar significativamente en ciertos tramos. Los drenes interceptores transversales deben tener la habilidad de deshacerse de las aguas que los alcanzan lo más rápido posible; por ello, en ellos son especialmente críticos los requisitos de permeabilidad.

D. Drenes de Penetración Transversal

Ya se han discutido con cierto detalle los mecanismos por los que el agua que satura las masas que quedan a los lados de un corte que se practique durante la construcción de una vía terrestre pueden influir desfavorablemente en la estabilidad de sus taludes; los mismos mecanismos comprometen el equilibrio de una ladera natural a través de la que se establezca un flujo. También se ha indicado cómo la mayor parte de las fallas que pueden achacarse a estos efectos ocurren algún tiempo después de los períodos de precipitación pluvial intensa, indicio de que ése ha sido el tiempo requerido para constituirse los flujos internos que producen acumulaciones de agua en taludes y laderas. No se debe pensar, por supuesto, que la presencia de agua en los taludes de cortes es un fenómeno raro o casual. Al contrario, es algo que se debe predecir sistemáticamente en todos los terrenos donde el nivel freático no esté mucho más bajo que la rasante del camino o donde la precipitación no sea inusualmente escasa. Esto es así porque al realizar un corte, el nivel del agua interior

disminuye hasta su lecho, creando una zona profunda a la presión atmosférica donde el agua de las masas cercanas tiene que fluir. Normalmente, un corte funciona como un drenaje en el terreno donde se levanta.

Un corte puede ser estable bajo una carga hidráulica específica y un cierto nivel de agua subterránea, pero si se añade más agua, es posible que las cargas hidráulicas alcancen un estado en que en el interior del suelo se generen presiones neutrales que causen fallas. Debido a esto, un corte construido hace muchos años puede fallar de manera repentina después de un período con precipitaciones excepcionales.

Los drenes de penetración transversal, también conocidos como drenes horizontales, son sistemas de subdrenaje que abordan específicamente la necesidad de eliminar las presiones causadas por el agua dentro de los taludes del corte, las cuales pueden dar lugar a la falla del corte.

El proceso de perforación tiende a modificar significativamente la pendiente adoptada, por lo general reduciéndola debido a la gravedad. Por supuesto, esto depende en gran medida de la naturaleza y homogeneidad de las tierras perforadas, y hay una tendencia a que la herramienta de ataque siga las trayectorias menos resistentes, como fisuras, grietas o estratos blandos. Cuando se perforan drenes transversales, la existencia de cavidades es generalmente el problema más serio que surge. La descarga puede hacerse libremente a la cuneta o, en sistemas de gran relevancia, a tubos colectores de aproximadamente 20 cm de diámetro que dirigen las aguas hacia lugares seguros. Para prevenir que la vegetación invada el tubo perforado del subdrén a través de las perforaciones y lo obstruya, es necesario dejar sin perforar una o dos metros de la parte más cercana a la salida.

La forma de la zona donde se instalan los drenes de penetración transversal tiene una gran influencia en su longitud, como se verá brevemente más adelante; sin

embargo, es sencillo hacerlos de 50 o 70 m y, a menudo, alcanzan más de 100 m. Por supuesto que el tipo de terreno en el que se instalan tiene una gran influencia en este aspecto.

Por eso, su aplicación natural se encuentra en los taludes de cortes y las pendientes naturales, sobre todo cuando apoyan un terraplén. Para conseguir una buena eficiencia, es necesario contar con numerosos drenes. En terrenos impermeables o masas de roca agrietada que no tienen comunicación interna sencilla, su área de influencia puede ser relativamente reducida, por lo que se necesitan distancias cortas entre ellos. Es habitual verlos a una distancia de cinco metros entre sí y en dos o más hileras separadas por espacios verticales similares; diez metros es un espaciamiento bastante común.

Deben implementarse solo después de llevar a cabo las investigaciones requeridas para asegurar su eficacia y la rentabilidad del método. Esta investigación puede incluir estudios geológicos, análisis de la estabilidad de una pendiente antes o después de una falla, exploraciones visuales del área o alguna combinación de las investigaciones anteriores. La tarea consiste en establecer la secuencia geológica de los materiales, la presencia y el nivel del agua, así como en determinar, al menos cualitativamente, su efecto negativo. A menudo, los primeros drenajes instalados son en realidad exploraciones iniciales, especialmente en áreas donde no hay investigaciones anteriores. La eficacia depende de que el agua sea la causa principal de los problemas de estabilidad y de que esté situada de modo que el nivel freático o la línea de corriente superior del flujo puedan ser interceptados por los drenes. No deben ser instaladas de ninguna manera si hay una situación de inestabilidad, incluso si se observa que el agua subterránea tiene cierto papel.

Los drenes de penetración transversal deben ser instalados de tal forma que sea posible realizarles mantenimiento mientras se lleva a cabo la conservación normal

del camino terrestre. Este mantenimiento implica limpiar su interior, lo que incluye destapar sus perforaciones. Para conseguirlo, se dispone de la maquinaria adecuada, que normalmente consiste en cepillos con cerdas metálicas, los cuales están incorporados a máquinas de funcionamiento mecánico. Esta necesidad a menudo requiere construir túneles o tubos grandes que permitan el acceso a la entrada de los desagües.

La eficacia de un sistema de drenes transversales se puede evaluar mediante el monitoreo de las fluctuaciones en la elevación del espejo acuático en pozos de observación colocados estratégicamente dentro del área drenada.

Los suelos con fragmentos de roca y los que tienen arena fina y limo son los dos tipos de terreno en los que probablemente sea más complicado poner drenes transversales. El primero presenta problemas por la dureza y la disparidad, lo que hace que el proceso sea menos eficiente y más caro; el segundo, debido a su propensión a desmoronarse e irse formando huecos al perforar.

2.3. Definición de Términos Básicos

Acarreo: Incluye el transporte de materiales que no están clasificados, los que provienen del corte y del préstamo. También incluye el transporte de material desperdiciado a una distancia mayor a 1 km menos la distancia de acarreo libre; en este escenario, no se considera sobre acarreo.

Alcantarillas de metal corrugado: Son conductos que se crean por debajo de la subrasante de una carretera u otras obras viales con la finalidad de evacuar el agua superficial.

Área de influencia: Es el campo en el que se mostrarán y/o tendrán repercusión los efectos positivos o negativos de un proyecto.

Corte: Se trata de la excavación que se lleva a cabo en el suelo, siguiendo el trazo del camino o carretera; los cortes tienen lugar a media ladera.

Cuneta: Zanja lateral que normalmente es paralela al eje de la vía o la carretera.

Excavación: Es la operación de extraer y remover cualquier clase de material dentro de los límites de construcción para incorporarlo al camino.

Emp: Empalme a la ruta de la carretera.

PE-5N: La carretera de Ruta 5N, Longitudinal de la Selva Norte corresponde a la ruta norte del Eje longitudinal número PE-5 de la Red Vial Nacional del Perú.

Grado de curvatura máximo: En función del tipo de carretera, se establece un grado máximo de curva que cumpla con las condiciones de seguridad para el tránsito a la velocidad de diseño.

Pendiente máxima: Es la mayor inclinación que se puede emplear en un proyecto y estará condicionada por la topografía del terreno.

Pendiente mínima: Es la inclinación que se emplea para posibilitar el funcionamiento del drenaje.

Rasante: La línea vertical que define el nivel más alto, encima de la línea central, que se planea construir a lo largo de la carretera.

Sección típica: Es la representación gráfica transversal y acotada, que muestra las partes componentes de una carretera.

Taludes: Son los planos inclinados de la terracería, que delimitan los volúmenes de corte o terraplén; y están contenidos entre la cuneta y el terreno natural.

2.4. Formulación de Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

Las características geotécnicas de los suelos y rocas influyen en el mejoramiento de la carretera Emp Pe 5n, Oxapampa - Pte. Milagro, Yaupi - Provincia Pasco y Oxapampa.

2.4.2. Hipótesis específicas

- a. El desarrollo de la carretera se ve afectado por las propiedades geológicas de los suelos y las rocas.
- b. Las características físicas cuantitativas de los suelos y rocas influyen en el mejoramiento de la carretera.

2.5. Identificación de Variables

Se estudian cada una de las variables, las que se correlacionarán y compararán.

Se identificaron las siguientes variables:

2.5.1. Variable independiente

Las características geotécnicas de los suelos y rocas.

2.5.2. Variable dependiente

Mejoramiento de la carretera Emp Pe 5n, Oxapampa - Pte. Milagro, Yaupi - Provincia Pasco y Oxapampa.

2.5.3. Variables intervinientes:

Clima

Peso específico de la roca y suelo.

Política de desarrollo local y regional.

2.6. Definición Operacional de Variables e Indicadores

Tabla 7: *Operacionalización de Variables e Indicadores*

[illegible]

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION

3.1. Tipo de investigación

Dado que esta tesis incluye elementos de interpretación geológica, su desarrollo es descriptivo y explicativo. Se determinará la medida en que sus variables se relacionan directamente con sus resultados. Los resultados serán analizados con el fin de evaluarlos y explicarlos.

3.2. Nivel de Investigación

La investigación tiene el nivel descriptivo y aplicativo.

3.3. Métodos de Investigación

Se ha empleado el método analítico-sintético, que consiste en descomponer inicialmente un todo en sus partes para analizarlas de manera individual (características geológicas y geotécnicas), cada una por separado, y posteriormente se les integra para encontrar una solución global.

El procedimiento analítico-sintético es de gran ayuda para la búsqueda y el procesamiento de datos empíricos, teóricos y metodológicos. El análisis de la información posibilita descomponerla en busca de lo que es esencial en relación con el objeto de

estudio, mientras que la síntesis puede llevar a generalizaciones que van contribuyendo paso a paso a la solución del problema científico como parte de la red de indagaciones necesarias; pero, como método singular, generalmente, no se emplea para la construcción de conocimientos (Rodríguez & Pérez, 2017).

3.4. Diseño de Investigación

Este trabajo de tesis se fundamentará en la recolección objetiva y sistemática de datos de campo, con el objetivo de examinar "cómo son" o "cómo están" las variables analizadas, así como la frecuencia con que un acontecimiento sucede o especificando cuándo o dónde tiene lugar en condiciones naturales, utilizando métodos de observación longitudinales o transversales.

La metodología utilizada incluyó la recolección, captura de datos, caracterización, análisis, adecuación, actualización, procesamiento y creación de información del presente estudio; todos estos procedimientos se basan en las regulaciones y sistemas vigentes en el país.

Se desarrollaron cinco etapas de trabajo:

1. Etapa de gabinete
2. Etapa de campo
3. Etapa Laboratorio
4. Etapa de gabinete II
5. Preparación del informe

Etapas de Gabinete

La información cartográfica y temática disponible se reunió, examinó, categorizó y eligió en línea con los objetivos de la investigación.

Se recolectaron datos de varias entidades, tanto públicas como privadas, incluyendo el Gobierno Regional, Gobiernos locales, INGEMMET y la Sociedad Geológica.

Se seleccionaron, delimitaron y digitalizaron los mapas o cartas catastrales a escala 1:25 000.

Se elaboró el Mapa Base a escala 1:25 000.

Se realizó el planeamiento integral del trabajo de campo.

Etapas de Campo

En el primer trimestre del año, se hicieron tres salidas de campo con el objetivo de comprobar la información geológica adquirida en el gabinete. Para realizar la investigación, se ha recorrido el área por donde pasará la carretera proyectada. Para dibujar el eje y hacer el levantamiento topográfico correspondiente, se han considerado las pendientes permitidas en las regulaciones vigentes para diseñar caminos DG-2001-MTC y en el Manual para el Diseño de Caminos no Pavimentados de Bajo Volumen de Tránsito.

Con el uso del Sistema de Posicionamiento Global (GPS), se llevó a cabo la recolección o mapeo sistemático en campo de las estructuras geológicas y unidades estratigráficas que aparecen en los mapas temáticos iniciales,

El levantamiento sistemático de campo de las unidades estratigráficas se llevó a cabo en calicatas situadas según la delimitación brindada.

Se realizaron los levantamientos geotécnicos insitu en cortes de los ríos y carreteras.

Muestras de suelo fueron tomadas de los cortes y calicatas, siguiendo la estratigrafía, así como de las rocas; esto con el fin de confirmar la litología del área.

Etapas de Laboratorio

Se enviaron las muestras al laboratorio para su análisis.

Se realizaron el análisis de los resultados del laboratorio.

Etapas de Gabinete II

Se elaboró los mapas temáticos definitivos: Ubicación de la zona de trabajo, planos: geológico regional, local y suelos.

Se digitalizaron mapas temáticos definitivos en la base a datos georeferenciados, utilizando el software Map Surf, Autocad y Arc View.

Se utilizaron los planos elaborados por el equipo topográfico responsable de este estudio, para caracterizar la zona.

Se elaboró el estudio geológico y la estratigrafía.

Se elaboró la geomorfología de la zona

Se elaboró la geología estructural de la zona.

Se elaboró los tipos de suelos geotécnicos de la zona.

Se elaboró la evaluación de drenaje.

Se elaboró la evaluación de canteras.

Se elaboró la evaluación de fuentes de aguas.

Etapas de Preparación del Informe

Compilación, integración y edición de la investigación final, que incluye toda la información temática producida hasta ahora.

3.5. Población y Muestra

La población son las carreteras de la provincia de Oxapampa y la muestra es el camino vecinal que empalma a la ruta PE-5N.

3.6. Técnicas e Instrumento de Recolección de Datos

3.6.1. Técnicas

Se analizaron los informes técnicos y geológicos del área de estudio, así como se recopilarán datos de campo sobre las obras geológicas para examinar sus características

en la zona de estudio. También se revisaron los métodos empleados para construir carreteras y obras de arte, así como las técnicas y procedimientos que se utilizan en este tipo de trabajos.

3.7. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos

Se emplearon técnicas convencionales para el tratamiento de datos, aunque también se usaron métodos computarizados en algunos casos.

3.8. Tratamiento Estadístico

El proyecto emplea la estadística descriptiva a nivel básico para averiguar las medias de los contenidos en cuanto a tamaño y forma de los materiales que se utilizarán como agregado para mejorar la carretera.

3.9. Orientación Ética Filosófica y Epistémica

La mejora de la carretera se llevará a cabo teniendo en cuenta que no se ejecutará ninguna actividad que cause un impacto ambiental negativo en el área del proyecto.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

Ubicación y Accesibilidad

El área en estudio se ubica:

- Región: Pasco.
- Provincias: Oxapampa y Pasco
- Distrito: Chontabamba y Paucartambo
- Longitud: Tramo 1: 5+324.04 y Tramo 2: 70+751, Total: 76+075.04

Hay dos vías de acceso terrestre a la zona del proyecto:

La primera opción es La Merced – Oxapampa – Puente Suarez- Chontabamba ubicándose el km 00+000 del Tramo 1.

La segunda opción es: Junín – Carhuamayo- Paucartambo- Huallamayo Milagros, ubicándose el km 70+751 del Tramo 2.

A la fecha existe carretera de tercer orden a nivel de trocha carrozable.

Existen caminos de herradura que comunican los pueblos que se encuentran en el eje del proyecto de la carretera.

El ancho promedio de la carretera es 4.00 m en algunos puntos de la carretera se presentan anchos mayores, permitiendo cruzar y adelantar vehículos que circulan por la vía.

Asimismo, se nota la presencia de muchos cursos de agua que atraviesan el camino, estos son desviados fuera del camino con maderas de las zonas.

Se observa pontones que soportan el paso de peatones y vehículos.

No presenta cunetas a lo largo del tramo y si es que lo hubo se presentan 100% colmatados.

Figura 13: Ubicación de la Zona de Estudio



Nota. Fuente: Propio

Clima

La zona del proyecto se ubica en el sector central oriental de la Cordillera de Los Andes Peruanos.

El clima varía de un lugar a otro, de acuerdo a la posición geográfica y al relieve, se ha distinguido los siguientes tipos de clima:

Yunga

Su clima es templado moderado lluvioso, tibias en las mañanas, calurosas al mediodía y frescas en las noches, se distribuye desde la progresiva 00+000 hasta aproximadamente la progresiva 25+000.

Quechua

Clima templado y seco, con temperaturas frías en los meses de junio a agosto y precipitaciones intensas desde diciembre hasta marzo este clima abarca desde la progresiva 25+000 tramo hasta aproximadamente la progresiva final 71+000.

Geología Regional

La geología regional abarca rocas metamórficas, ígneas y sedimentarias, que abarcan desde el Paleozoico inferior hasta el cuaternario en términos de antigüedad. Las rocas paleozoicas más viejas se encuentran en dirección hacia la cordillera Oriental. En la cordillera Occidental, que presenta una altiplanicie de más de 4,200 metros sobre el nivel del mar, emergen los sedimentos continentales terciarios y el mesozoico marino, con escasas intrusiones miocenas. Las estructuras de las rocas sedimentarias están dobladas y quebradas, con una dirección predominante NNW-SSE.

Estratigrafía

Grupo Pucara (TRJ-p)

Presenta numerosos afloramientos alargados de dirección NO-SE y están moderadamente inclinados, conformada principalmente por calizas y dolomías. Este grupo está dividido en 3 formaciones: Chambará, Aramachay y Condorsinga. En el área de estudio las rocas carbonatadas presentan una morfología suave ondulada con relieves, ocasionalmente escarpados y encañonados, en el eje de la carretera se presenta la Formación Chambará.

Formación Chambará (TRs-c)

Aflora en el eje de la carretera, En las progresivas 1+000 a 1+500, luego 2+500 a 3+000 luego en 5+000 a 5+700. Tiene una potencia de 800 m. esta formación se divide en tres miembros , El miembro inferior o base está compuesta por caliza esparítica de grano fino a medio, color gris claro a oscuro, con capas de espesor que oscilan entre 0.40 m y 2.00 m y que están interrumpidas por venillas de calcita; la reacción al HCl es moderada a fuerte. Luego se encuentra la secuencia dolomitas de grano fino a medio, gris clara a oscura, con estratos cuya potencia varía entre 0.20 m y 1.00 m; estas estratas pueden ser cortadas ocasionalmente por venillas de calcita, su fracturamiento es bajo o moderado, son compactas y masivas; son resistentes a la erosión y no reaccionan al HCl. Los estratos tienen una orientación N337°E y un buzamiento de 50°NE. esta se encuentra en contacto con el miembro medio por una estratificación, tiene una potencia de 200 m. se encuentra en contacto con la roca skarn.

El miembro medio, que es una mezcla de dolomitas gris claro a oscuro de grano fino a medio en capas de entre 0.20 m y 2.00 m de grosor, a veces cortadas por venas calcíticas, poco fracturadas, compactas y masivas, resistentes a la erosión y sin reacción al HCl; calizas esparíticas gris clara a oscura con granos finos o medios; presencia de nódulos irregulares subparalelos a las capas con un aspecto cavernoso; venillas ocasionales de calcita; resistencia a la erosión y fuerte reacción al HCl; Calizas con un grano de medio a fino, de color gris claro a oscuro, con una apariencia cavernosa y resistentes a la erosión; calizas en capas que tienen entre 0.70 m. y 1.50 m. de grosor, de grano medio y color gris oscuro, también con un aspecto cavernoso, venillas de calcita y una resistencia ante la erosión; calizas esparíticas que poseen un grano medio y su color varía entre el gris claro y el gris oscuro, con nódulos irregulares de chert (de 0.10 m. a 0.15 m.) entre ellos, venillas de calcita e igual resistencia frente a la erosión pero una reacción leve al HCl; calizas esparíticas dispersas en bancos de entre 3,00 y 4,00

metros de espesor; presencia de microvenillas calcíticas, compactas y masivas; resistencia a la erosión; reacción intensa al HCl; dolomitas con grano fino a medio, color gris claro y que no reaccionan al HCl en la zona expuesta con una potencia de 300 m.

El miembro superior que es una alternancia de calizas esparíticas de grano fino a medio, gris blanquecina, cuyas capas están orientadas N-155°-E, 45°-NE y tienen 0,50 m. a 1,00 m. de espesor, la reacción al HCl es moderado a fuerte, tiene una potencia de 100 m.

Grupo Mitu (Ps-mi)

Esta unidad tiene mayor incidencia en el área de estudio entre las progresivas 1+800 hasta 2+500 con una potencia de 700 m. Litológicamente, se compone de una serie sedimentaria que incluye areniscas, limolitas y lutitas marrón rojizas con un grano de grosor medio a fino. Infrayace a las facies carbonatadas que pertenecen al Grupo Pucará.

Figura 14: *Grupo Mitu*



Nota. Fuente: Propio

Formación Lantorache N-La

La Misión Japonesa (JICA, 1979) denominó así a una secuencia piroclástica y sedimentos tobáceos que afloran en el sector de Lantorache al Norte de Huancabamba, asimismo esta formación aflora en diversos lugares.

La formación Lantorache se compone de una serie de conglomerados de matriz arenosa semiconsolidada, mezclados con sedimentos tobáceos que son grises claros a blanquecinos y tienen un origen riolítico. Asimismo, hay aglomerados y brechas en los que se pueden observar fragmentos redondeados y angulosos de naturaleza andesítica. La secuencia está conformada en la parte alta por areniscas limosas al fondo, que son seguidas por limoarcilitas de tonalidades rojas, verdosas y blancas en estratos de entre 0.20 y 0.30 m, y finalmente se encuentra con horizontes tobáceos en la cúspide.

El grosor de esta unidad es de aproximadamente 800 m.

Se encuentra intruida por rocas graníticas.

No se han hallado fósiles en esta formación, pero se la considera del Neógeno porque su base es parecida a la de La Merced y los sedimentos no están muy consolidados.

Depósito Aluviales (Qr-al)

Los depósitos aluviales están formados por materiales inconsolidados que las corrientes fluviales actuales depositan en los cauces, debido a inundaciones, aluviones y otras causas. En la zona en cuestión, estos depósitos son el resultado de la acumulación (acarreo) de sedimentos en las quebradas afluentes de los ríos Chorobamba y Paucartambo. Los depósitos se componen de clastos subredondeados o subangulosos con un diámetro entre 0,20 y 0,80 m, así como conglomerados, gravas, arenas, limos y arcillas; todos ellos proceden de rocas intrusivas y sedimentarias que cubren tanto los cauces como los flancos de los ríos mencionados.

A estos depósitos se le asigna una edad del cuaternario reciente.

Rocas Ígneas

Los cuerpos intrusivos forman un stock con dirección NO-SE.

Estas rocas han sido diferenciadas en función de su composición litológica y la cronología de la ubicación; por lo tanto, tenemos: Granito San Ramón y granito de Paucartambo, que son rocas intrusivas no diferenciadas.

Granito San Ramon

Son rocas que emergen desde la progresiva 5+700 hasta la 14+000. Su composición incluye una mayor cantidad de feldespato potásico, cuarzo y plagioclasas biotita. Presentan facies monzogranito-sienogranito y grandes cristales de ortosa con algo de deformación en sus elementos. Estas ortosas tienen maclas de Carlsbad y las biotitas y plagioclasas muestran indicios de una albitización secundaria significativa. Son alcalinos y contienen una gran cantidad de sílice. Están en contacto con el grupo Mitu a lo largo de la progresiva 2+500, que corresponde al Tramo II.

Figura 15: *Granito San Ramón*



Nota. Fuente: Propio

Granito Paucartambo

Un conjunto de rocas plutónicas graníticas de 50 kilómetros de longitud por 20 kilómetros de ancho recibe este nombre. Esta intrusión se desarrolla a lo largo de una región.

En términos generales, la roca es holocristalina, de tonalidad blanca y con grano medio a fino. Contiene feldespato potásico, plagioclasa, cuarzo y una menor cantidad de hornblenda y biotita.

A nivel microscópico, los granitos tienen una textura equigranular de grano fino. La mayoría de ellos contienen minerales imprescindibles como la biotita (de hasta 0.5 mm), el microclino (hasta 0.5 mm) y las plagioclasas euhedrales y anhedrales (con longitudes de hasta 1 mm). Entre los minerales accesorios se encuentran la sericita, la epidota, la clorita, el zircón, la esfena, la hematita y la magnetita. En algunos casos, los granos de cuarzo exhiben una extinción ondulatoria intensa; en otros, es moderada.

Las plagioclasas muestran maclas de la albita y Carsbald, además de laminares en ocasiones, y sericitaciones débiles en algunos casos. Las biotitas se modifican en cloritas y, en menor cantidad, en epidotas y esfenas.

En el área en estudio, se extiende desde la progresiva 14+000 hasta la 71+000. En la progresiva 14+000, entra en contacto con las rocas del granito San Ramón. Se observa una transformación de granito a granodiorita, con disminución de ortoclasa y aumento de minerales máficos. Cuando se examina al microscopio, su textura es hipidiomórfica equigranular y de grano fino. Los minerales fundamentales son plagioclasa, biotita, hornablenda y una cantidad pequeña de feldespato potásico y cuarzo. Las plagioclasas tienen una forma prismática, con un zoneamiento de nivel medio y están moderadamente sericitizadas. La hornblenda se presenta en cristales fibrosos de tonalidad verde clara. Por lo general, la biotita se transforma en epidota y clorita.

Este cuerpo de granito tiene una edad de 224 m.a ubicándolo entre el Permiano inferior al Triásico inferior.

Figura 16: *Granito Paucartambo*



Nota. Fuente: Propio

Tabla 8. Columna Estratigráfica

Unidades Cronoestratigráficas			Unidades Litoestratigráficas		Simbología	Rocas Intrusivas	Descripción Litológica
Era	Sistema	Serie					
CENOZOICO	CUATERNARIO	Holoceno	Depósitos Aluviales		Qh-al		Conglomerados, gravas, arenas, limos y arcillas.
	NEÓGENO	Mioceno	Formación Lantorache		Nm-la		Color gris de lomlitas y areniscas
MESOZOICO	JURÁSICO	Inferior	Grupo Pucara	Formación Chambará	Ts-ch		Calizas, dolomías, gris claro a oscuras.
PALEOZOICO	PÉRMICO	Superior	Grupo Mitu		Ps-m	Granito Paucartambo	Granito color rojizos y grises con intercalaciones de monzograníticos y sienograníticos
						Granito San Ramon	Grupo Mitu son sedimentarios volcánicos rojizos

Nota. Fuente: Propio

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

Geología Estructural

El fallamiento y plegamiento de la zona de estudio, ha sido un control estructural importante para el emplazamiento de los stocks intrusivos.

Pliegues

Estructuralmente en la zona de estudio no se encuentran pliegues.

Fallamientos

Las acciones de compresión que han plegado el área de estudio han conducido a la creación de fallas transversales y longitudinales.

Fallas Longitudinales

En la zona de estudio atraviesa una falla longitudinal a 4 km del eje de la carretera, no tiene influencia de mayor importancia. Esta falla tiene una orientación NE-SO de una longitud regional.

Fallas Transversales

En la zona de estudio existen fallas transversales de orientación NO-SE que atraviesan el eje de la carretera creando zonas de deslizamientos:

Falla 1

Atraviesa al eje de la carretera en la progresiva 28+760, tiene una orientación de N50°O y un buzamiento de 70°NO, con una longitud aproximada de 1.50 Km. se encuentra en rocas tipo granítico.

Esta falla se ocasiona en la etapa de construcción de la carretera en tipo de material suelto, con una inclinación lateral del 80% y poco estable con presencia de partículas granulares no plásticas, con ausencia de piedras mayores que sirvan como anclaje, a ello se suma que la roca natural se encuentra en afloramiento con una inclinación transversal de entre 95% a 105% por donde es fácil que el material suelto del talud de carretera se deslice, generando derrumbes que impiden el tránsito normal en la carretera, produciéndose este efecto en temporadas de secano al desaparecer la Cohesión del material y permitiendo deslizamiento del tipo arenal y en temporadas de lluvia que al ser No plástico y granular pierden estabilidad y se deslizan hacia la parte inferior de talud de la talud superior de la carretera. Así como en la parte inferior del talud

inferior de la carretera produciéndose un socavamiento de la plataforma o la generación de cárcavas. La proyección de talud es hasta 500 metros por debajo de la plataforma.

Figura 17: Falla 1



Nota. Fuente: Propio

Falla 2

Esta se encuentra ubicado en la progresiva 55+060, con una orientación de N40°O y buzamiento de 60° NO, tiene una longitud aproximada de 1.2 Km, se encuentra en rocas graníticas.

El talud forma un deslizamiento de material con 75 a 90 % de inclinación, por lo que no es posible estabilizar material hasta la parte del fondo de aproximadamente 500 metros que culmina al fondo de la quebrada.

Figura 18: *Falla 2*



Nota. Fuente: Propio

Figura 19: *Talud con 75 a 90 % de Inclinación.*



Nota. Fuente: Propio

Geomorfología

La zona de estudio está controlada morfoestructuralmente por la Cordillera Oriental de los Andes del Norte y su extensión hacia el este, llamada Faja Subandina. Según las condiciones climáticas y la litología presente, estas han generado las unidades geomorfológicas que se detallan a continuación:

Laderas Cordilleranas

Se ubica en la zona superior del segmento, desde la progresiva 6+000 hasta cerca de la progresiva 71+000, y se distingue por un relieve montañoso con cerros pronunciados que dan lugar a nevados, cuyas elevaciones varían entre los 3000 y los 4000 metros sobre el nivel del mar. Los valles fluviales son las evidencias que quedan de la acción fluvial y glaciario que modeló esta unidad.

Valles Fluviales

Se ubica en los valles de Oxapampa y Paucartambo desde la progresiva 06+000 hasta 71+000, encontrándose generalmente entre las unidades, llanura amazónica y laderas subandinas con una dirección E-O. Se distingue por tener una sección transversal en "V", con pendientes moderadas, situadas sobre un fondo llano que está colmado de depósitos fluviales y aluviales abundantes e inconsolidados. Estos depósitos están formados por arenas, gravas y limos.

Laderas Cordilleranas

Se distribuye en la parte alta de quebrada por cuya divisoria de microcuenca atraviesa la carretera, presenta pendientes muy pronunciadas, perfiles asimétricos cortados por profundas quebradas. Forma un nexo entre el relieve cordillerano y la faja subandina.

La erosión fluvial es el principal agente modelador del relieve.

Figura 20: *Laderas Cordilleranas y Valles Fluviales.*

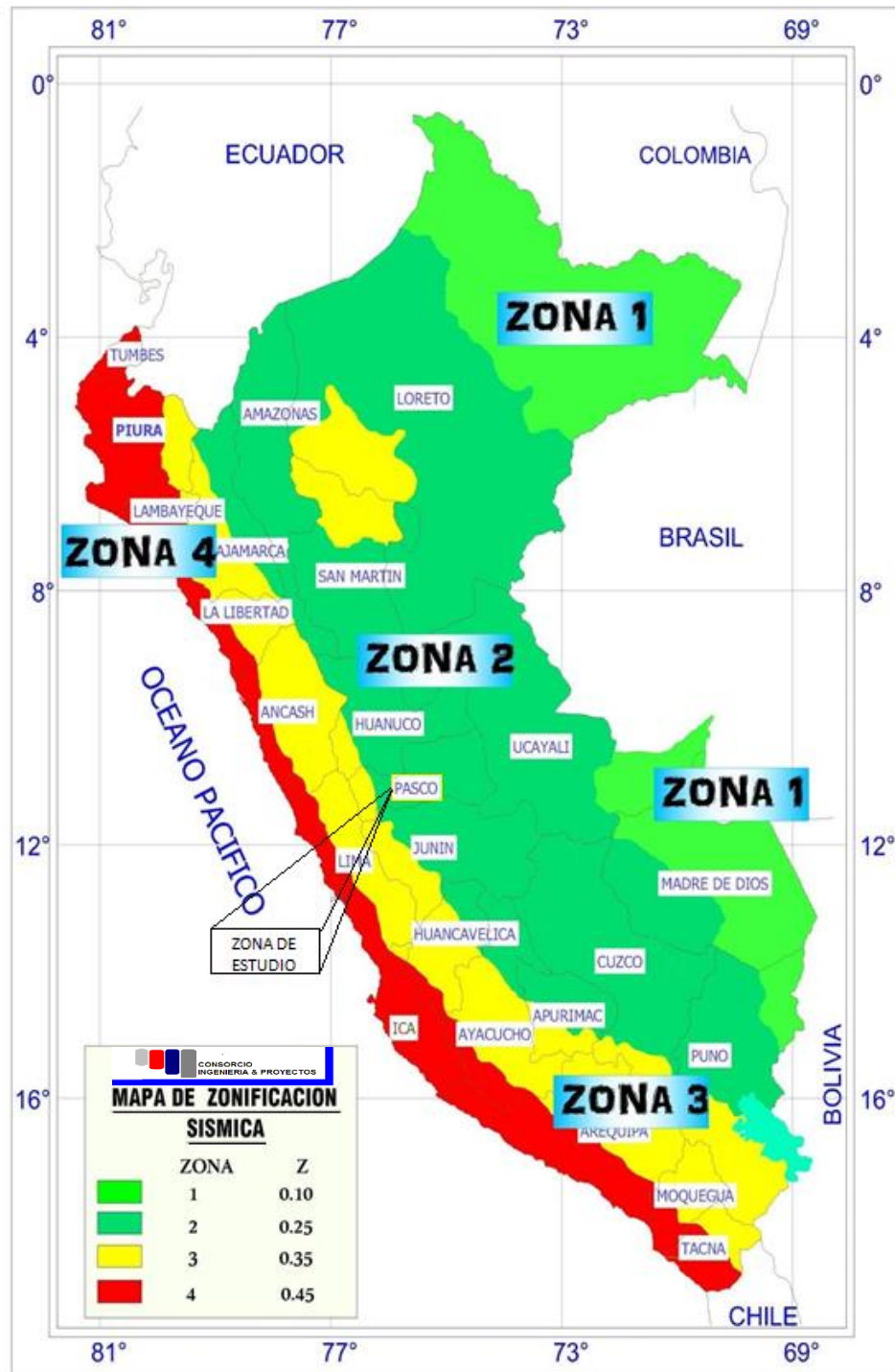


Nota. Fuente: Propio

Características Sísmicas

El Instituto Geofísico del Perú (IGN) ha elaborado un mapa del territorio peruano en el que se establece 3 zonas de actividad sísmica (Zona I, Zona II y Zona III), las cuales presentan diversas características de acuerdo a la mayor o menor actividad sísmica. Este mapa denominado Mapa de Zonificación Sísmica, ha sido tomado para elaborar la “Norma Técnica de Edificación E.030: Diseño Sismorresistente”, del Reglamento Nacional de Construcciones, que fue aprobada por la Resolución Ministerial N° 494-97 MTC/15.04, el 14 de octubre de 1997, referida en adelante como Norma-1997.

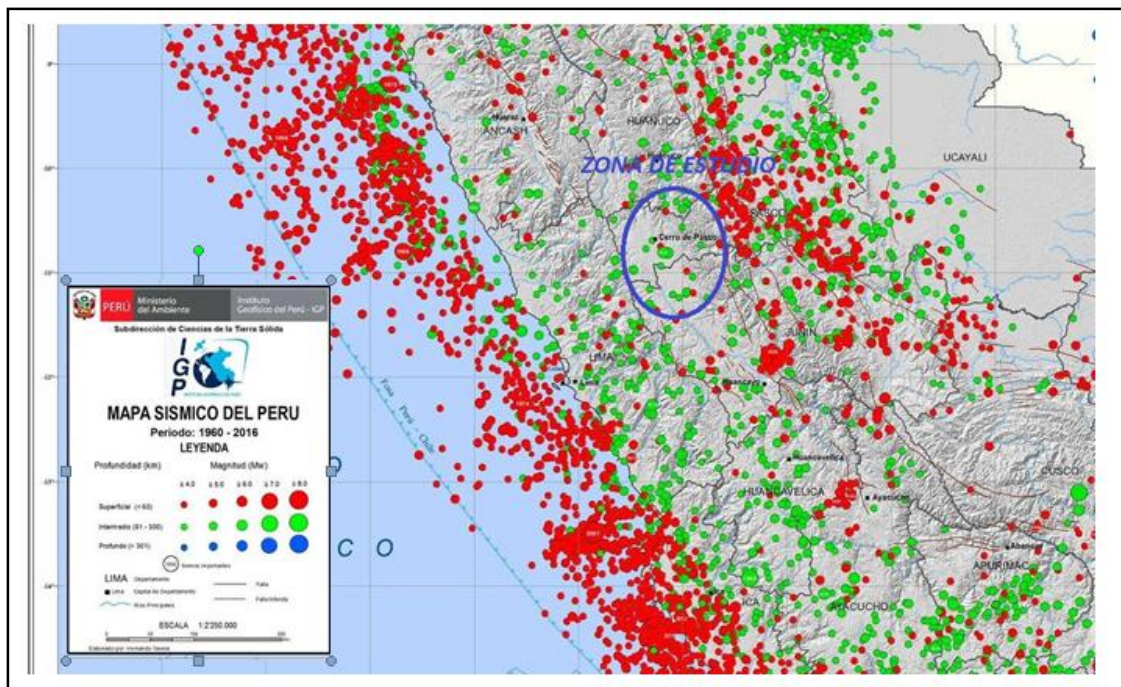
Figura 21: Mapa de Zonificación Sísmica



Nota. Fuente: MTC

Regionalmente, la faja Sub Andina, donde se encuentra el área en estudio (Zona Sísmica 2) muestra la presencia de fallas regionales, tanto longitudinales como transversales, las que eventualmente podrían ser reactivadas ya que corresponde a zonas sísmicas activas durante el presente siglo. En esta Zona los sismos tienen ocurrencia a profundidades mayores de 20 km., siendo de naturaleza superficial a intermedia y pertenecen a unidades de deformación Mesozoicas y Paleozoicas.

Figura 22. Mapa de Magnitudes y profundidad de los sismos ocurridos en la zona.

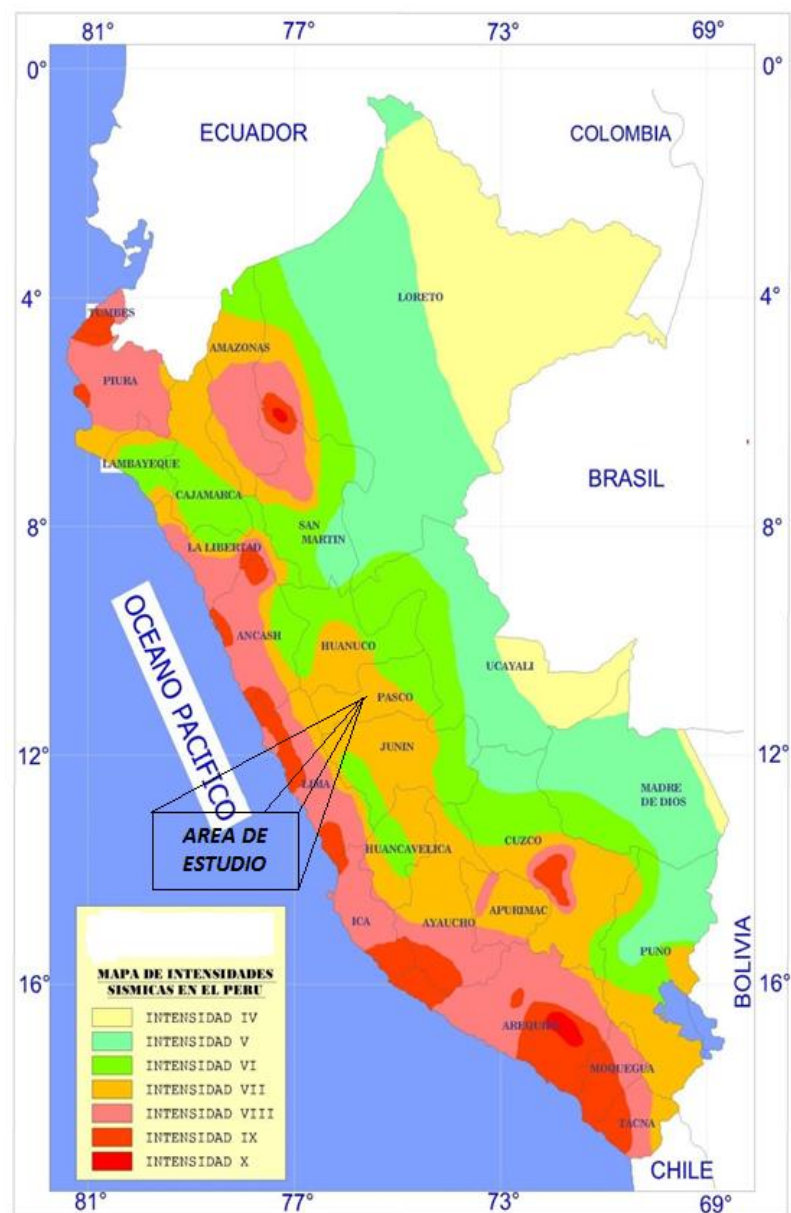


Nota. Fuente: Mapa de Sismicidad del Perú – IGP.

De la figura anterior se determina que la zona de estudio está expuesta a una actividad sísmica de naturaleza superficial a intermedia, con sismos que tienen ocurrencia a profundidades mayores de 20 km., siendo de naturaleza superficial a intermedia, pertenecen a unidades de deformación Mesozoicas y Paleozoicas.

Para el proyecto, con base en el mapa de intensidad sísmica y las normas sismorresistentes E-030 del Reglamento Nacional de Edificaciones, se le asigna una sismicidad moderada, que tiene una intensidad VII en la Escala de Mercalli modificada.

Figura 23. Mapa de Intensidad Sísmica en el área de Estudio.



Nota. Fuente: Mapa de Sismicidad del Perú – IGP.

Parámetros Geotécnicos Según Zonificación Sísmica

Los terremotos son una de las causas principales de la geodinámica externa, que incluye fenómenos como derrumbes, deslizamientos y desprendimiento de rocas. Estos funcionan como catalizadores.

La región tiene una sismicidad moderada, puesto que se sitúa en un área de mediana sismicidad.

Por lo tanto, el área en cuestión está situada en la "Zona 2" del mapa de Zonificación Sísmica de Perú y presenta los parámetros geotécnicos pertinentes, que se detallan a continuación:

Factor de Zona	$Z = 0.25$
Perfil de Suelo tipo	S0
Periodo Predominante	$T_p=0.3s$ $T_L=3.0s$
Factor de amplificación del suelo	$S = 0.80$
Factor de Zona	$Z = 0.5$
Perfil de Suelo tipo	S2
Periodo Predominante	$T_p=0.6s$ $T_L=2.0s$
Factor de amplificación del suelo	$S = 1.20$

La norma correspondiente, en línea con la Norma NT E-0.3, establece una segmentación del territorio en cuatro áreas, a las que se les asignan sus correspondientes parámetros de aceleraciones máximas dentro de un rango de probabilidad específico.

Así, según la Norma NTE 0.30, el proyecto está situado en la zona de influencia de la Zona 2, donde se anticipa que los factores de iso-aceleración máxima del terreno fluctúen entre 0.28 g y 0.30 g en los extremos del proyecto: 0.28 g en la parte oriental y 0.30 g en la parte occidental. en el occidental, con un 10% de probabilidad de sobrepasar en 50 años, como se muestra en el Mapa de Distribución de Iso-aceleraciones.

Por consiguiente, las características sísmicas de la zona de estudio son las siguientes:

Iso-aceleraciones máxima : 0.30g

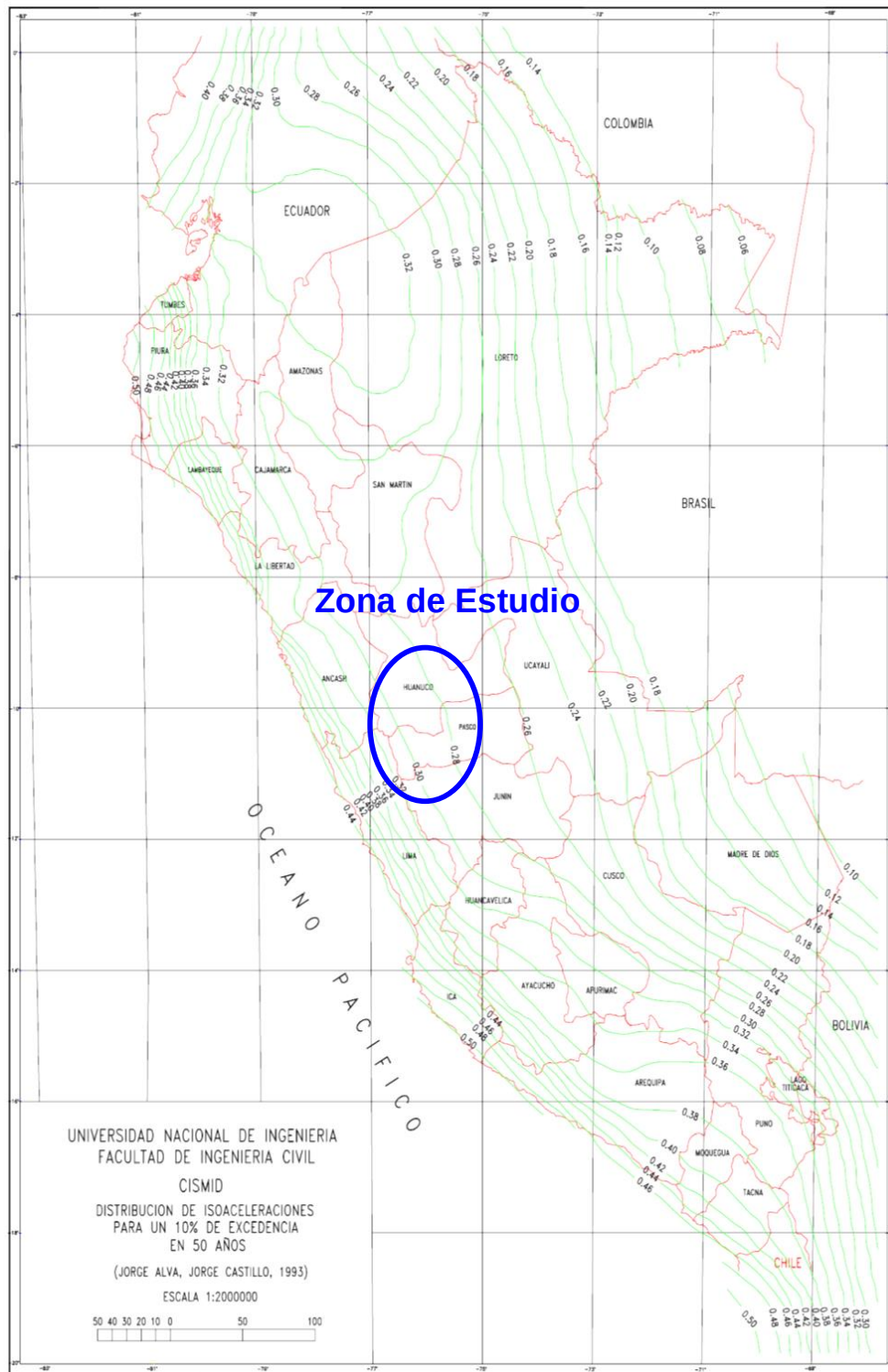
Zonificación Sísmica	:	2
Coeficiente de aceleración (A)	:	0.2
Perfil tipo de suelo (Coeficiente del sitio = S)	:	S1 – S2

Para el diseño, tomamos en cuenta una vida útil de 50 años, con la posibilidad de extenderse un 10%, tal como lo estipula la normativa vigente. Además, es común considerar una aceleración efectiva en lugar de la máxima instrumental, tomando un 0.63% del valor: $a_c = 0.63$ a máx.

Así pues, para el diseño estructural de obras en la zona analizada, la aceleración efectiva será de 0.19 g.

En el caso de obras de retención y diseño de taludes, el método pseudo estático emplea normalmente el 50 % (0.30 g) del valor máximo esperado de aceleración. Por lo tanto, para la zona analizada sería: 0.15 g.

Figura 24. Mapa de Iso-aceleraciones.



Nota. Fuente: IGP.

Material de Corte

Se ha llevado a cabo la categorización de materiales para el corte de talud, considerando las propiedades hidrogeológicas, geodinámicas, estructurales y litológicas. A fin de asegurar la estabilidad del talud, se ha establecido un ángulo de corte desde una perspectiva técnica y económica. La clasificación se ha creado siguiendo la normativa de la Sección 205, "Excavación para Explanaciones", de las normas de la DGC-MTC.

Tabla 9. Clasificación de los materiales de corte.

Tramo	Progresiva		%Material Suelto	%Roca Suelta	%Roca Fija	Talud de corte	Talud de Relleno	Observaciones
	De	A						
1	0+00-	1+500	--	20	80	9:1	1:1,5	Material aluvial
2	1+500	5+000	--	20	80	4:1	1:1,5	Material de deslizamiento coluvial
3	5+000	7+150	10	20	70	4:1	1:1,5	Material Aluvial
4	7+150	7+200	60	20	20	4:1	1:1,5	Granito meteorizado
5	7+200	7+340	10	10	80	8:1	1:1,5	Granito meteorizado requiere voladura
6	7+340	7+370	10	10	80	4:1	1:1,5	Granito meteorizado y Material Limoso arcilloso
7	7+370	15+000	10	20	70	4:1	1:1,5	Intercalaciones granito y Material limo arcilloso
8	15+000	15+030	80	10	10	4:1	1:1,5	Material Arenoso Limoso
9	15+030	71+000	10	80	10	4:1	1;1,15	Intercalación Granito y Material limo arcilloso

Nota. Fuente: Propia.

Caracterización Geotécnica

Caracterización de Tipos de Suelos

Según su Origen

Los suelos analizados provienen de dos clases de material parental: el transportado y el residual. El primero es residual, de la clase mineral, y el segundo es material parental transportado. Los subtipos de este último son: glaciar, fluvioglaciar, fluvial, proluvial, coluvial, deluvial y eluvial.

Suelo Residual: El que surge de la meteorización en el lugar a causa de alteraciones físicas y químicas en las rocas madre, las cuales pertenecen al granito Paucartambo y a las areniscas de la Fm Lantorache. Se hallan sobre las laderas.

Suelo Transportado: Es el material depositado por diversos agentes de transporte, habiéndose reconocido los siguientes subtipos:

Eluvial: Se encuentran al pie de la roca madre, son angulosas y se encuentran inconsolidadas, se encuentran en la parte superior de las laderas. Altamente permeables.

Deluvial: Se encuentran posterior a los suelos anteriores, tiene fragmentos subangulosos, se encuentran en la parte intermedia de las laderas. Tienen una mediana permeabilidad.

Proluvial: Se encuentran al pie de las quebradas, siendo traídas por aguas esporádicas, tienen fragmentos desde subangulosos a redondeados. Altamente permeables y de poca resistencia.

Coluvial: Son llevadas por aguas esporádicas y crean cárcavas, se concentran a pie de montañas y en los sectores bajos de las laderas, son gravas y arenas con formas redondeadas o subredondeadas, y poseen una permeabilidad media.

Aluviales: Compuesta por arenas, gravas y limos arcillosos; estos afloramientos son en su mayoría sub superficiales con propiedades permeables, es decir, con valores de permeabilidad que oscilan entre $K = 10^{-1}$ y 10^{-4} m/s y con una gran capacidad de

almacenaje; se trata de acuíferos libres muy cercanos a la superficie en los cuales el grosor fluctúa entre 0.25 y 1.20 metros.

Fluvioglacial: Acumulaciones de materiales morrénicos semiconsolidados, compuestos por gravas y bloques con una litología de fragmentos rocosos, en matrices arcillo limosas y arenosas, de espesores no especificados y con valores de permeabilidad que oscilan entre $K = 10^{-7}$ y 10^{-4} m/s. Estos son considerados como poco permeables y con una capacidad moderada para almacenar.

Glacial: Material depositado por la acción del avance glaciar.

Según su Estructura

El perfil de suelos de las calicatas se caracterizan porque presentan un horizonte orgánico con una potencia de 0,10 a 0,35 m, para luego tener otro horizonte de suelo residual conformado en su mayoría por rocas alteradas (granítica) y en otras de gravas arcillosas con óxidos limoníticos, hematícos, caoliniticos las cuales tienen una resistencia muy menor comparado con una roca fresca.

Según sus Características Geotécnicas

Para realizar esta evaluación y caracterización de los suelos y rocas se realizó el registro de excavación de cada calicata con las descripciones del campo y la descripción de fotografías, para posteriormente realizar una correlación con los resultados de laboratorio.

Con los resultados de los ensayos de laboratorio, la clasificación de suelos, se llegó a las siguientes características geotécnicas de los suelos:

Tabla 10. Clasificación de suelos

RESUMEN ANALISIS DE SUELOS								
PROGRESIVA	CALICATA	MUESTRA	PROFUNDIDAD	HUMEDAD	LL	LP	CLASIFICACION	
							SUCS	AASTHO
0+000	C-1	E-2	0,50-1,50	1,98	30,56	19,48	GW-GC	A-2-6(0)
1+000	C-2	E-2	0,30 -1,50	1,50	25,04	16,53	SC	A-4(2)
2+000	C-3	E-2	0,20-1,50	5,10	33,02	25,64	GW	A-2-4(0)
3+000	C-4	E-2	0,30--1,50	4,88	32,44	22,67	GC	A-4(1)
4+000	C-5	E-2	0,25-1,50	9,87	26,02	NP	SM	A-1-b(0)
5+000	C-6	E-2	0,35-1,50	3,31	31,01	0,90	GC	A-2-6(0)
6+000	C-7	E-2	0,20-1,50	10,77	29,51	28,32	ML	A-4(4)
7+000	C-8	E-2	0,25-1,50	6,46	31,28	28,89	ML	A-4(8)
8+000	C-9	E-2	0,30-1,50	12,49	26,75	18,75	CL	A-4 (3)
9+000	C-10	E-2	0,30-1,50	13,32	26,49	18,37	SC	A-2-4(0)
10+000	C-11	E-2	0,25-1,50	9,31	17,30	10,20	GC	A-2-4(0)
11+000	C-12	E-2	0,30-1,50	6,52	20,61	16,15	SM-SC	A-2-4(0)
12+000	C-13	E-2	0,25-1,50	11,47	21,91	16,81	GP	A-1-a(0)
13+000	C-14	E-2	0,30-1,50	5,63	31,68	27,04	SM	A-1-b(0)
14+000	C-15	E-2	0,30-1,50	6,31	20,43	14,55	SM-SC	A-1-b(0)
15+000	C-16	E-2	0,15-1,50	6,42	25,23	16,27	SC	A-2-4(0)
16+000	C-17	E-2	0,20-1,50	9,86	17,71	13,09	SP-SC	A-1-a(0)
17+000	C-18	E-2	0,30-1,50	9,40	24,10	19,79	SM-SC	A-1-b(0)
18+000	C-19	E-2	0,30-1,50	7,22	47,82	36,21	SM	A-2-7(0)
19+000	C-20	E-2	0,30-1,50	10,06	30,49	22,83	GC	A-2-4(0)
20+000	C-21	E-2	0,25-1,50	6,27	46,41	41,07	GP	A-1-a(0)
21+000	C-22	E-2	0,25-1,50	10,64	63,69	53,05	SM	A-7-5(2)
22+000	C-23	E-2	0,30-1,50	10,52	27,57	16,73	CL	A-6(6)
23+000	C-24	E-2	0,35-1,50	8,32	24,93	21,48	SM	A-2-4(0)
24+000	C-25	E-2	0,20-1,50	3,46	36,62	21,35	GC	A-2-6(1)
25+000	C-26	E-2	0,20-1,50	13,67	26,02	15,68	GC	A-2-6(0)
26+000	C-27	E-2	0,20-1,50	11,63	28,19	16,35	GC	A-2-6(0)
27+000	C-28	E-2	0,25-1,50	12,01	36,71	22,13	CL	A-6(5)
28+000	C-29	E-2	0,25-1,50	13,92	32,49	20,88	GP-GC	A-2-6(0)
29+000	C-30	E-2	0,35-1,50	12,24	30,63	18,47	SC	A-2-6(0)
30+000	C-31	E-2	0,25-1,50	12,97	24,41	16,30	GC	A-2-4(0)

31+000	C-32	E-2	0,20-1,50	12,33	42,23	24,00	GP-GC	A-2-7(0)
32+000	C-33	E-2	0,35-1,50	13,70	25,63	19,01	GP-GC	A-2-4(0)
33+000	C-34	E-2	0,30-1,50	7,79	32,54	22,67	GC	A-2-4(0)
34+000	C-35	E-2	0,20-1,50	12,97	25,38	20,53	GM-GC	A-2-4(0)
35+000	C-36	E-2	0,35-1,50	4,82	34,38	23,21	GC	A-2-6(0)
36+000	C-37	E-2	0,30-1,50	9,48	27,40	18,72	GC	A-2-4(0)
37+000	C-38	E-2	0,30-1,50	10,84	22,15	16,76	SP-SC	A-1-a(0)
38+000	C-39	E-2	0,20-1,50	11,93	20,68	16,29	GM-GC	A-1-b(0)
39+000	C-40	E-2	0,25-1,50	11,06	24,38	17,98	GP-GC	A-2-4(0)
40+000	C-41	E-2	0,30-1,50	12,16	37,24	24,52	GW-GC	A-2-6(0)
41+000	C-42	E-2	0,30-1,50	10,48	27,37	18,38	GC	A-2-4(0)
42+000	C-43	E-2	0,20-1,50	10,58	17,67	14,99	SM	A-1-b(0)
43+000	C-44	E-2	0,20-1,50	11,54	37,49	26,05	GW	A-2-6(0)
44+000	C-45	E-2	0,30-1,50	8,41	18,37	16,38	GW-GM	A-1-a(0)
45+000	C-46	E-2	0,20-1,50	9,32	33,24	28,50	GW-GM	A-1-a(0)
46+000	C-47	E-2	0,25-1,50	7,52	17,79	12,28	SM-SC	A-1-a(0)
47+000	C-48	E-2	0,20-1,50	6,27	33,85	27,27	ML	A-4(5)
48+000	C-49	E-2	0,20-1,50	5,57	18,47	16,67	SM	A-1-b(0)
49+000	C-50	E-2	0,35-1,50	6,38	33,31	23,80	SM	A-2-4(0)
50+000	C-51	E-2	0,25-1,50	7,68	29,63	21,57	SC	A-4(2)
51+000	C-52	E-2	0,25-1,50	4,64	22,24	16,59	GM-GC	A-1-b(0)
52+000	C-53	E-2	0,20-1,50	4,55	21,47	19,13	GM	A-1-a(0)
53+000	C-54	E-2	0,20-1,55	6,92	20,30	18,97	SP-SM	A-1-a(0)
54+000	C-55	E-2	0,30-1,50	5,98	28,95	8,30	SC	A-6(2)
55+000	C-56	E-2	0,30-1,50	8,32	23,18	17,83	GP-GC	A-1-a(0)
56+000	C-57	E-2	0,20-1,50	7,15	23,23	20,71	GP	A-1-a(0)
57+000	C-58	E-2	0,25-1,50	8,36	31,61	23,23	GP	A-2-4(0)
58+000	C-59	E-2	0,20-1,50	4,02	22,69	21,81	GP-GM	A-1-a(0)
59+000	C-60	E-2	0,30-1,50	5,92	18,55	17,84	GW-GM	A-1-a(0)
60+000	C-61	E-2	0,20-1,50	6,87	18,79	18,05	GW-GM	A-1-a(0)
61+000	C-62	E-2	0,20-1,50	3,81	17,30	16,32	GP	A-1-a(0)
62+000	C-63	E-2	0,25-1,50	3,28	27,59	23,65	GM	A-2-4(0)
63+000	C-64	E-2	0,20-1,50	4,47	23,40	21,15	GM	A-1-b(0)
64+000	C-65	E-2	0,25-1,50	7,28	25,40	22,50	SM	A-2-4(0)
65+000	C-66	E-2	0,20-1,50	9,81	34,36	24,80	SM	A-2-4(0)

66+000	C-67	E-2	0,25-1,50	7,08	39,78	23,12	SC	A-2-6(1)
67+000	C-68	E-2	0,20-1,50	5,32	18,23	16,42	SM	A-1-b(0)
68+000	C-69	E-2	0,15-1,50	6,09	22,41	15,94	GM-GC	A-2-4(0)
69+000	C-70	E-2	0,25-1,50	6,29	18,49	15,74	SM	A-4(1)
70+000	C-71	E-2	0,15-1,50	7,05	23,32	16,32	GM-GC	A-4(1)
71+000	C-72	E-2	0,20-1,50	5,91	28,95	8,30	GP-GC	A-2-6(0)

Nota. Fuente: propia

Se ha dividido el eje de la carretera en tres zonas:

Zona 1 - Suelos Limoarcillosos

Este tipo de suelos están compuestos por arcillas y limos de baja plasticidad que se diferencian por su composición mineralógica, estas se encuentran entre las progresivas 5+000 y 8+000, 21+000 y 22+000, 26+000 y 27+000, 47+000 y 48+000, en estas zonas el compactado debe ser realizado de acuerdo a las técnicas de compactación por amasado o en todo caso es necesario realizar un mezclado con agregados más gruesos o realizar una remoción del suelo para reemplazarlo por otro tipo de suelo. En los sectores de la progresiva 7+150 y 7+340 se deben construir muros secos de 50 m y 20 m de longitud respectivamente para evitar deslizamientos futuros. Además, se debe construir drenajes adecuados en la parte superior.

Zona 2 - Suelos Dispersos

Estos suelos son altamente erosionables y ocasionan deslizamientos y derrumbes, se encuentran identificadas en la progresiva 15+000 al 15+500. Están compuestos de arena fina con limos de una densidad suelta, altamente permeable, que son socavadas por el flujo de las aguas de escorrentía superficial ocasionada por las lluvias. Para que no ocasione colapso en las estructuras es necesario realizar un drenaje adecuado y se debe construir un muro seco de 20 m de largo por 2,5 m de alto.

Zona 3 - Suelos Gravosos y Arenosos

Estos suelos tienen una aceptable resistencia y son los que frecuentemente tienen una estabilidad de taludes muy buena. Están compuestos por Gravas y arenas limoarcillosas. Estos se encuentran aflorando en las progresivas 0+000 y 5+000, 8+000 y 21+000, 22+000 al 26+000, 27+000 al 47+000 y del 48+000 al 71+200.

Caracterización Geotécnica de los Tipos de Rocas

Substrato Rocoso

El eje de la carretera se encuentra en rocas sedimentarias e ígneas.

Resistencia de las Rocas

De acuerdo al ensayo efectuado insitu utilizando el golpe del martillo del geólogo y según The Geological Strength Index (GSI), introducido por Hoek, Kaiser and Bawden (1995), The Index Mass Rock (RMI) de Arild Palmström (2003) que proponen un sistema para estimar la resistencia de las rocas, se realizaron ensayos en el Granito Paucartambo, calizas y areniscas de la Formación Chambara, donde se obtiene los valores de resistencia de los mismos. Se establece los siguientes parámetros de resistencia para las rocas que sirven como fundación a la carretera, pontones, puentes y estabilidad de taludes:

Tabla 11. Resistencia de las rocas

Roca	Resistencia a la Compresión Simple σ_c Mpa
Granito	240
Caliza	200
Areniscas	200

Nota. Fuente: Propio

Análisis de la Estabilidad de Taludes

Se resaltan las propiedades geológicas haciendo énfasis en la conducta geotécnica de los depósitos cuaternarios y afloramientos rocosos que constituyen la plataforma y taludes de la carretera que se está estudiando. Se ha realizado un mapeo de la vía teniendo en cuenta sus propiedades geomorfológicas, geodinámicas, geológicas y geotécnicas, las cuales en realidad representan áreas con una estabilidad o inestabilidad de taludes parecida. También se han determinado las posibles implicaciones que tiene cada uno de estos sectores para el trazado geométrico del diseño de la carretera.

La situación actual de los taludes es sensible a las condiciones ambientales existentes, por lo que cualquier modificación en estos impactará su estabilidad. Por ello, se aconseja evitar la eliminación de vegetación y también cualquier trabajo de drenaje e ingeniería que perturbe el talud. Esto incluye la construcción de canales de riego o caminos dentro del área de influencia de la carretera (50 metros). Es necesario realizar un estudio técnico previo para determinar acciones que prevengan la inestabilidad de los taludes. Si estas sugerencias no se llevan a cabo, es posible que en los sectores que se vean alterados (perturbados) después de este estudio y que no están incluidos en él, surjan hundimientos, derrumbes o deslizamientos no considerados en esta investigación. Luego de realizar el análisis respectivo se tiene: Anexo 01-1

Tabla 12. Estabilidad de taludes

Tramo	Progresiva		Estabilidad de taludes
	De	A	
1	0+00-	1+500	Sin Talud
2	1+500	5+000	E1
3	5+000	7+150	E1
4	7+150	7+200	E2
5	7+200	7+340	E1
6	7+340	7+370	E2
7	7+370	15+000	E1
8	15+000	15+030	E2
9	15+030	71+000	E1

Nota. Fuente: Propio

Los problemas de estabilidad en taludes se presentan en los tramos que tienen una inestabilidad que están relacionados con sobrecargas puntuales de material suelto que requieren ser eliminadas y roca semi-suelta que requiere ser desatada y eliminada mediante trabajos de limpieza y desquinche que deberán realizarse durante las excavaciones y además será controlada por trabajos de drenaje del agua

Para el resto del tramo donde se localiza material inconsolidado, la estabilidad de los taludes está condicionada a la no alteración por sobre niveles críticos de las condiciones de equilibrio límite básicamente relacionadas con los parámetros de cohesión, fricción interna y densidad.

Las zonas identificadas son descritas en el siguiente cuadro:

Tabla 13. Ubicación de drenajes

DRENAJE	
UBICACIÓN	
Progresiva	
0+800	Baden
1+200	lado derecho 80 m
1+760	Pontón
2+500	lado derecho 20 m
2+967	Baden
5+720	alcantarilla
6+500	Baden
10+800	lado izquierdo 100 m
14+000	lado izquierdo 20 m
15+200	Baden
68+240	alcantarilla
68+900	Baden
80+000	Baden

Nota. Fuente: Propio

Que requieren un tratamiento de drenaje de canales de mampostería de roca, para evitar filtraciones de aguas de escorrentía que provocan en el futuro deslizamiento de taludes.

Muros

Se construirá 03 muros tipo seco, que se ubicarán en las siguientes progresivas:

Tabla 14. Ubicación de muros de contención.

MUROS								
Progresiva (Km)	Ubicación	Tipo muro	Problema	Largo (m)	Alto (m)	Tipo de suelo	Angulo de fricción (ϕ)	Densidad Kg/cm ³
7+150	Lado derecho	Seco	Zona Inestable	50,00	2,50	SM A-1-b(0)	28	1,89
7+340	Lado derecho	Seco	Zona inestable	20,00	2,50	SM A-1-b(0)	28,90	1,914
15+000	Lado derecho	Seco	Zona inestable	20,00	2,50	SM A1-b(0)	29,10	1,929

Nota. Fuente: Propio

Para conocer la resistencia del muro realizamos a continuación un:

Análisis Del Muro Seco Con Relleno De Suelo Arcilloso Mixto

Para los tres muros en Tipo de suelo = Arenas limosas

Altura del muro (H)= 2, 50 m

$\phi = 30^\circ$ a 28°

Inclinación= 12°

Capacidad de soporte (C_s)= 143,640Pa

Densidad del muro (γ_w)= 2,5Kg/m³ (roca)

Densidad del suelo (γ_s)= 1,905 Kg/m³ (Promedio)

Ángulo de fricción factorado (ϕ_w)= 0,5

Profundidad del muro (d)= 30cm

Pendiente sobre el muro (i)= 0

Sobrecarga= ninguna

Resistencia al deslizamiento

Fuerza activa aplicada al muro

$$F_A = 0,5 (\gamma_s) (K_A) H^2 = 8\,370 \text{ N/m}$$

Coeficiente de presión activa

$$K_a = \left[\frac{\cos(\beta) \sin(\beta - \phi)}{(\sin(\beta + \phi_w))^{1/2} + \frac{\sin(\phi + \phi_w) \sin(\phi - i)^{1/2}}{\sin(\beta - i)}} \right]^2 = 0,2197$$

Masa total del muro

$$W = \gamma_w (H) (d) = 15000 \text{ N/m}$$

Fuerza vertical del suelo aplicada al muro

$$F_V = F_A \sin(\phi_w) = 4185 \text{ N/m}$$

Fuerza horizontal del suelo, aplicada al muro

$$F_H = F_A \cos(\phi_w) = 7248 \text{ N/m}$$

Fuerza que resiste al deslizamiento

$$FR = (W + F_v) \tan \phi = 11076 \text{ N/m}$$

Factor de seguridad contra deslizamiento

$$FR = 11076 \text{ N/m}$$

$$FS = \frac{FR}{FH} = \frac{11076}{7248} = 1,53 > 1,5 \text{ OK}$$

$$FH = 7248 \text{ N/m}$$

Resistencia al vuelco

Momento de volcamiento

$$M_O = F_H (0,25)H = 3624 \text{ Nm/m}$$

Momento de resistencia a volcamiento

$$M_R = (W) [d/2 + 0,5(H) \tan(90^\circ - \beta)] + (F_v) [d + (0,33)(H) \tan(90^\circ - \beta)] = 11105 \text{ Nm/m}$$

Factor de seguridad contra volcamiento

$$M_R = 11105 \text{ Nm/m}$$

$$FS = \frac{M_R}{M_O} = \frac{11105}{3624} = 3,046 > 2,0 \text{ OK}$$

$$M_O = 3624 \text{ Nm/m}$$

Capacidad de soporte

Presión aplicada en el suelo debajo de la base del bloque

$$\sigma_w = (W + F_v / d) = 28950 \text{ Pa} \quad \sigma_s = 36240 \text{ Pa}$$

Factor de seguridad para soporte

$$\sigma_s = 111050 \text{ Pa}$$

$$FSB = \frac{\sigma_s}{\sigma_w} = \frac{111050}{36240} = 3,06 \geq 2,0 \text{ OK}$$

$$\Sigma w = 36240 \text{ Pa}$$

Análisis Del Muro Seco Con Relleno De Suelo Arcilloso Mixto

Para el muro en Tipo de suelo = Limo de baja plasticidad

Altura del muro (H) = 2,50 m

$$\phi = 15^\circ$$

$$\text{Inclinación} = 12^\circ$$

$$\text{Capacidad de soporte } (C_s) = 143,640 \text{ Pa}$$

$$\text{Densidad del muro } (\gamma_w) = 2,5 \text{ Kg/m}^3 \text{ (roca)}$$

$$\text{Densidad del suelo } (\gamma_s) = 1,73 \text{ Kg/m}^3 \text{ (Promedio)}$$

$$\text{Ángulo de fricción factorado } (\phi_w) = 0,26$$

$$\text{Profundidad del muro } (d) = 80 \text{ cm}$$

$$\text{Pendiente sobre el muro } (i) = 0$$

$$\text{Sobrecarga} = \text{ninguna}$$

$$\text{Resistencia al deslizamiento}$$

$$\text{Fuerza activa aplicada al muro}$$

$$F_A = 0,5 (\gamma_s) (K_A) H^2 = 15224 \text{ N/m}$$

Coefficiente de presión activa

$$K_a = \left[\frac{\cos(\beta) \sin(\beta - \phi)}{(\sin(\beta + \phi_w))^{1/2} + \frac{\sin(\phi + \phi_w) \sin(\phi - i)^{1/2}}{\sin(\beta - i)}} \right]^2 = 0,256$$

Masa total del muro

$$W = \gamma_w (H) (d) = 5000 \text{ N/m}$$

Fuerza vertical del suelo aplicada al muro

$$F_V = F_A \sin(\phi_w) = 3940 \text{ N/m}$$

Fuerza horizontal del suelo, aplicada al muro

$$F_H = F_A \cos(\phi_w) = 14705 \text{ N/m}$$

Fuerza que resiste al deslizamiento

$$F_R = (W + F_V) \tan \phi = 23960 \text{ N/m}$$

Factor de seguridad contra deslizamiento

$$FS = \frac{FR}{FH} = \frac{23960 \text{ N/m}}{14705 \text{ N/m}} = 1,63 > 1,5 \text{ OK}$$

Resistencia al vuelco

Momento de volcamiento

$$M_O = F_H (0,13)H = 4779 \text{ Nm/m}$$

Momento de resistencia a volcamiento

$$M_R = (W) [d/2 + 0,5(H) \tan(90^\circ - \beta)] + (F_V) [d + (0,13)(H) \tan(90^\circ - \beta)] = 43810 \text{ Nm/m}$$

Factor de seguridad contra volcamiento

$$FS = \frac{M_R}{M_O} = \frac{43810 \text{ Nm/m}}{4779 \text{ Nm/m}} = 9,16 > 2,0 \text{ OK}$$

Capacidad de soporte

Presión aplicada en el suelo debajo de la base del bloque

$$\sigma_w = (W + F_V / d) = 19925 \text{ Pa} \quad \sigma_s = 43810 \text{ Pa}$$

Factor de seguridad para soporte

$$FSB = \frac{\sigma_s}{\Sigma w} = \frac{43810 \text{ Pa}}{19925 \text{ Pa}} = 2,19 \geq 2,0 \text{ OK}$$

Es necesario para aumentar la capacidad portante del suelo construir una losa de cimentación de 10 cm de espesor.

Por lo expuesto las dimensiones del muro seco que se recomienda se encuentran cumpliendo los requerimientos de estabilidad.

Fuentes de Agua

Durante la ejecución del proyecto se requiere agua para dos fines:

- 1) Consumo humano

2) Consumo de obra: apisonado, preparación de mortero, regado, etc.

Se tendrá como fuente las aguas superficiales de las quebradas ubicadas a inmediaciones de las obras que lo requieran y en las cercanías al campamento de obra.

Las fuentes principales son las que proporcionan los ríos: Paucartambo y Chorobamba, además, existen en el eje de la carretera fuentes de agua que se resumen a continuación:

Tabla 15. *Ubicación de las fuentes de agua.*

FUENTES DE AGUA	
Progresiva	Persistencia
0+800	Todo el año
2+931.90	Todo el año
6+500	Todo el año
15+080	Todo el año
68+6900	Todo el año
71+00 Acceso 8.50 Kms	Todo el año

Nota. Fuente: Propio

Todas las fuentes de agua no contienen sulfatos, cloruros, ni material nocivo para el concreto y además los puntos 2, 3, 4 y 5 son aptos para el consumo humano.

Canteras

El estudio de canteras se realizó con la finalidad de ver los volúmenes totales, las cuales serán explotadas y deben satisfacer las necesidades de la carretera en mención tanto en calidad y cantidad. Para construir la carretera base, superficie de rodadura, obras de arte, drenaje y obras mayores se requiere material de afirmado que será extraído de las canteras que se ubican en el ámbito del proyecto.

Las tareas comienzan con la localización de las canteras a lo largo de la sección analizada. Una vez localizadas las canteras, se llevan a cabo los estudios exploratorios requeridos y así se escogen las canteras apropiadas.

Se escogen las canteras según la potencia disponible, las propiedades geotécnicas apropiadas para su utilización y se considera la distancia de la zona a ser explotada. Los bancos de materiales que se encontraban ubicados en áreas lejanas y tenían dificultad de acceso a la vía han sido descartadas siempre y cuando tenga opción de otras canteras más cercanas.

En el caso de las canteras de río, la extracción será mecanizada con el uso de maquinaria pesada como un cargador frontal, el traslado se realizará con el uso de camiones volquete. En las canteras de roca será necesario el uso de explosivos para la rotura, el uso de maquinaria pesada como un cargador frontal y el traslado se realizará con el uso de camiones volquete.

Según el estudio de Mecánica de suelos se tiene identificado las siguientes canteras para su uso:

Tabla 16. Ubicación de las canteras

CANTERAS					
Progresiva Coordenadas Nombre	Lado Acceso	Volumen	Volumen utilizable	Materiales Usos	Extracción
0+000 Tramo 2 N8827840 E 0451339 Wharapo	Derecho 50 m	35000 m3	30000 m3	Roca caliza lutitas Subbase Base	Piedra chancada Tractor Cargador Frontal zaranda Voladura
17+000 Desvío Pusapno	Derecho 10 m	80000 m3	70000 m3	Roca granítica Agregados Base	Arena gruesa y fina Tractor Cargador Frontal zaranda
19+060 Pusapno	Derecho 10 m	80000 m3	70000 m3	Roca granítica Agregados Base	Arena gruesa y fina Tractor Cargador Frontal zaranda
26+450 N8814624 E0447185	Derecho 10 m	45000 m3	40000 m3	Roca granítica Agregados Base	Tractor Cargador Frontal zaranda
32+340 N8812305 E0447580	Derecho 10 m	45000 m3	40000 m3	Roca granítica Agregados Base	Piedra Chancada Tractor Cargador Frontal zaranda
71+090 Acceso 5+090 N8814463 E0430929	Izquierdo 10 m	80000 m3	70000 m3	Roca granítica Agregados Base	Arena Fina y gruesa Tractor Cargador Frontal zaranda

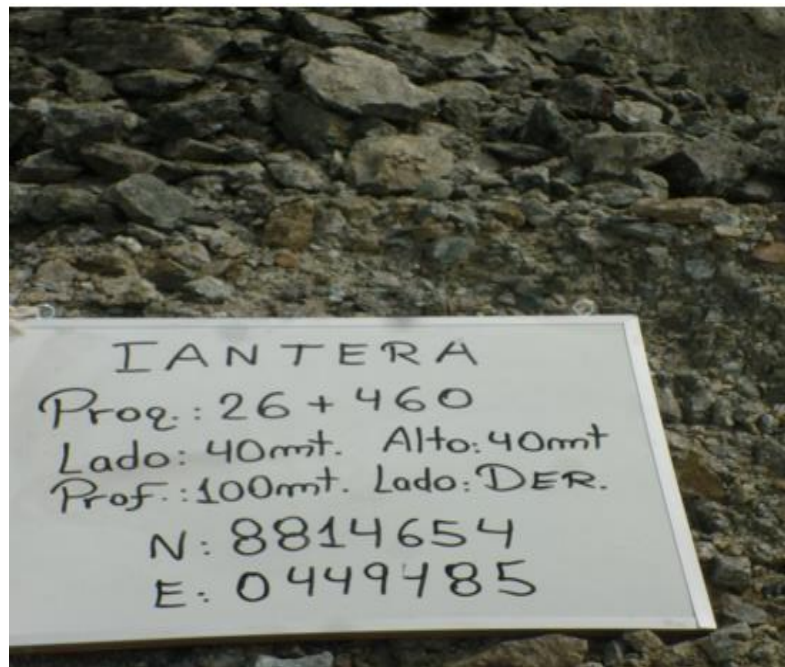
Nota. Fuente: Propio.

Figura 25: *Cantera Wharapo.*



Nota. Fuente: Propio

Figura 26: *Cantera 26+ 460*



Nota: Fuente: Propio

Figura 27: Cantera 32+340



Nota. Fuente: Propio

Ubicación de Depósitos de Material Excedente

La construcción de la nueva carretera implica el corte de material que necesariamente deberá ser trasladado a depósitos de material excedente (botaderos).

Los depósitos de materiales excedentes son áreas en las que se depositarán los residuos de la obra, que provienen de la limpieza, los cortes y los derrumbes (troncos, malezas, piedras, desechos de maquinaria y materia orgánica) que se vayan acumulando a lo largo del proceso de construcción de la carretera. Se sugieren los espacios que se encuentran próximos a la construcción. Se trata de tierras estériles que carecen de cobertura vegetal o tienen muy poca, y no parecen tener ningún uso. Se llevó a cabo la localización de los depósitos siguiendo los criterios que se indican a continuación:

- Evitando zonas de alta productividad agrícola o áreas que sean relevantes desde el punto de vista ambiental, así como las zonas inestables.
- Está prohibido arrojar materiales en los cursos de agua o quebradas, así como en las franjas que se encuentren a una distancia mínima de 30 m. de cada lado del camino vecinal.

- No se autorizará el depósito de materiales en la mitad de la ladera, ni en áreas con fallas geológicas, ni en lugares donde la capacidad del suelo para soportar impida su colocación.
- En el transcurso del proyecto, no se debe permitir en ningún caso que los materiales sobrantes de la obra sean depositados en terrenos colindantes o acumulados de forma temporal a lo largo y ancho del camino vecinal; tampoco se debe permitir que sean arrojados sin restricciones en las laderas de las montañas.
- Para realizar la construcción de los botaderos se debe tener en cuenta:
- Se debe eliminar la capa orgánica del suelo antes de depositar los materiales sobrantes de la obra en las zonas que se han determinado como vertederos. Esta capa, que corresponde a los primeros 20 cm de suelo orgánico, se tiene que ubicar en un sitio propicio para su uso futuro con el fin de restaurar la zona.
- Tras ser depositados en los botaderos, los materiales sobrantes del procedimiento de construcción tienen que ser dispuestos en terrazas y compactados con un mínimo de cuatro pasadas de tractor orugas sobre capas cuyo grosor sea apropiado (0.50 m).
- La pendiente de los botaderos debe ser apropiada para que el drenaje de las aguas superficiales sea libre, lo cual previene la erosión y la infiltración del agua en el cuerpo del botadero.
- Para reducir la infiltración de agua en los materiales acumulados, es necesario compactar las dos capas finales con múltiples pasadas de un tractor de orugas (al menos diez).
- Para restaurar el paisaje de la zona y estabilizar los taludes, es necesario cubrir el botadero con suelo orgánico y volver a plantar vegetación. La revegetación de los botaderos deberá llevarse a cabo utilizando especies autóctonas de la región o, en su lugar, con aquellas que mejoren la tierra y brinden soporte para prevenir la erosión.

Los botaderos se encuentran ubicados de la siguiente manera:

Tabla 17. *Ubicación de botaderos*

BOTADEROS					
UBICACIÓN					
Progresiva	Volumen m3	Lado	Longitud (m)	Ancho (m)	Alto (m)
10+400	Instalación de planta procesadora de Mezcla asfáltica	Derecho	300	100	
38+400	400000	Derecho	200	200	10
60+610	400000	Izquierda	200	200	10
61+420	400000	Izquierda	200	200	10
67+870	400000	Izquierda	200	200	10

Nota. Fuente: Propio

Figura 28: *Botadero para Instalar Planta Procesadora*



Nota. Fuente: Propio

Figura 29: Botadero Progresiva 67+870



Nota. Fuente: Propia

4.3. Prueba de Hipótesis

Hipótesis General

Las características geotécnicas de los suelos y rocas influyen en el mejoramiento de la carretera Emp Pe 5n, Oxapampa - Pte. Milagro, Yaupi - Provincia Pasco y Oxapampa.

Hipótesis Específicas

El desarrollo de la carretera se ve afectado por las propiedades geológicas de los suelos y las rocas.

Las características físicas cuantitativas de los suelos y rocas influyen en el mejoramiento de la carretera.

4.4. Discusión de Resultados

Como se puede verificar las propiedades de los suelos y rocas, permiten realizar el mejoramiento de la carretera, porque tienen las propiedades mecánicas y físicas de un buen suelo para que se pueda afirmar y construir la plataforma de la carretera.

Las fallas que atraviesan la zona, serán tratadas de manera adecuada que permita la estabilidad de la carretera.

Con relación a las canteras podemos afirmar que son las adecuadas para realizar una buena compactación.

Además, podemos afirmar que los botaderos se encuentran cumpliendo las normas.

Entonces podemos decir que las propiedades físicas y mecánicas de los suelos y rocas si influyen en el mejoramiento de una carretera.

CONCLUSIONES

1. El estudio denominado: “Evaluación geotécnica en el mejoramiento de la carretera emp. pe 5n, Oxapampa – pte. Milagro, Yaupi - Provincia Pasco y Oxapampa”, tiene el propósito de mejorar los niveles económicos, culturales y sociales de las comunidades de Oxapampa, Chontabamba y Paucartambo, de la Región de Pasco.
2. El eje de la carretera del proyecto se desarrolla en la divisoria de aguas de la cuenca del río Paucartambo y Chorobamba.
3. La geología regional está dominada por rocas de calizas y areniscas de la Formación Chambara, hasta materiales cuaternarios aluviales y la geología local está conformada por rocas intrusivas como el granito Paucartambo, pórfidos graníticos y monzoníticos y las rocas volcánicas sedimentarias están representadas por la Formación Lantorache.
4. El área de estudio se encuentra controlada morfoestructuralmente por la Cordillera Oriental de los Andes del Norte y su prolongación oriental denominada Faja Subandina.
5. En la zona de estudio existen fallas transversales de orientación N-S y otras de orientación N30O, al eje de la carretera atraviesa dos fallas locales de índole transversal de orientación N 50°O esta se encuentra ubicada en la progresiva 28+760, y la otra falla tiene una orientación de N10E y atraviesa en la progresiva 55+060, en estas zonas se debe reforzar el drenaje y debe mejorarse la compactación de suelos.
6. Los tipos de suelos han sido identificados en cinco zonas:
 - Zona 1 Suelos arcillosos: Estas se encuentran entre las progresivas 5+000 y 8+000, 21+000 y 22+000, 26+000 y 27+000, 47+000 y 48+000, en estas zonas el compactado debe ser realizado de acuerdo a las técnicas de compactación.
 - Zona 2 Suelos dispersos: Se encuentran identificadas en la progresiva 15+000.
 - Zona 3 Suelos gravosos y arenosos: Estos se encuentran aflorando en las progresivas 0+000 y 5+000, 8+000 y 21+000, 22+000 al 26+000, 27+000 al 47+000 y del 48+000 al 71+000.

7. La carretera tiene la siguiente distribución de estabilidad de taludes:
8. Desde E1 hasta E2.
9. Para realizar el drenaje respectivo se debe utilizar los siguientes tipos: Capas permeables en pavimentos, drenes longitudinales de zanja, subdrenes interceptores transversales y drenes de penetración transversal.
10. Se debe utilizar el drenaje adecuado en cada zona identificada.
11. Los muros serán del tipo seco y tendrán la altura de 2, 5 m.
12. Las fuentes de agua cumplen con los requerimientos necesarios para ser usados para consumo humano y para obras.
13. Las canteras ubicadas proporcionaran el material adecuado para realizar las construcciones necesarias.
14. Los botaderos ubicados proporcionan el volumen adecuado para colocar los materiales excedentes.

RECOMENDACIONES

En el sector de las fallas es necesario realizar los siguientes planteamientos de mitigación:

Para la falla 1 se recomienda:

Reforzar la compactación de suelos y se debe realizar drenajes en la parte superior del talud. Se debe realizar una limpieza y enrasado de talud.

Figura 30: *Mitigación en Falla 1*



ROCA
DESCUBIERTA
FAVORABLE PARA
ESTABILIZACION

Nota. Fuente: Propia

1. Implementar, Zanjas de coronación en la parte alta del corte a fin de conducir las aguas de lluvia hacia los laterales evitando que éstos ocasionen erosión lateral.
2. Realizar trabajos de desquinche del material suelto y realizar un peinado de taludes adecuando a una inclinación de estabilidad.
3. Incorporar fitoceldas a fin de incorporar vegetación a fin de estabilizar el talud.
4. En la plataforma utilizar estabilizantes con bitúmenes en este caso emulsiones asfálticas en un espesor mayor a 40 cms, e implementar el sistema de drenaje lateral es decir por las cunetas.

5. Finalmente, la entidad encargada del mantenimiento de esta carretera debe disponer en temporadas de lluvia un equipo mecánico para la limpieza de derrumbes y posible ensanchamiento en caso de que la plataforma se da.

Figura 31: Mitigación Falla 2.



Nota. Fuente: Propia

Para la falla 2 se necesita implementar:

1. Implementar canaletas desde por encima de huella del derrumbe a fin de conducir las aguas generadas por la lluvia hacia los laterales, evitando la erosión de la zona de falla.

Figura 32: Mitigación Falla 2.



Nota. Fuente: Propio

Figura 33: Mitigación Falla 2.



Nota. Fuente: Propio

2. Realizar trabajos de desquinche de rocas descompuestas y piedras en procesos de deslizamiento. El Desquinche de las rocas deberán realizar con explosivos a fin de desintegrar en tamaños menores de roca que eviten el arrastre de materiales hacia la parte inferior, mientras que las piedras grandes en procesos de deslizamiento, se deberá realizar en algunos casos con apoyo de explosivos a modo de cachorro y otras impulsando el

rodamiento. Los trabajos a realizar requieren necesariamente el corte de tránsito vehicular de por lo menos a 300 metros antes y después de la progresiva donde se presenta la falla.

3. Limpieza de derrumbes y recuperación del ancho de plataforma. El Ingeniero Residente debe tener cuidado en que los equipos mecánicos NO DESCARGUEN en la parte inferior de la plataforma para evitar arrastre de material que desestabilice la plataforma, más bien debe considerar la eliminación de estos materiales en botaderos identificados.
4. En la plataforma utilizar estabilizantes con bitúmenes en este caso emulsiones asfálticas en un espesor mayor a 40 cms, e implementar el sistema de drenaje lateral es decir por las cunetas.
5. Finalmente, la entidad encargada del mantenimiento de esta carretera debe disponer en temporadas de lluvia un equipo mecánico para la limpieza de derrumbes y posible ensanchamiento en caso de que la plataforma se de.
6. Para los suelos limo arcillosos y dispersos, los suelos necesitan un tratamiento especial para aumentar su capacidad admisible ya sea con cal u otro químico estabilizante o en todo caso es necesario realizar la remoción del suelo.
7. Se debe mantener la proporción adecuada de la inclinación del talud al realizar los cortes.
8. Se debe realizar el drenaje adecuado en las zonas identificadas.
9. Los materiales de las canteras de agregados de río deben ser empleados luego de realizar el proceso de selección adecuada.
10. Se debe cumplir las normas de construcción de botaderos para minimizar el efecto negativo al Ambiente.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

Espinoza Duran Carlos Eduardo, Tapia Berzoza Leandro Enrique, “Análisis Comparativo entre los métodos de Estabilidad de Taludes”, Proyecto de Graduación previo a la Obtención del grado de Ingeniero Civil, Universidad de Cuenca – Ecuador.

Dr. Jorge Alva Hurtado, Ing. Mariella Geovanna Cañarí Sánchez, “Análisis de la Estabilidad de Taludes de la Costa Verde”, Artículo de Investigación, Perú.

Guillen Martínez Carlos Eduardo, “Estabilización De Taludes En Los Departamentos De Guatemala Y Alta Verapaz, Casos Reales”, Tesis para optar al título de Ingeniero Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Torres Chung Cesar Roberto, “Valorización del Riesgo en Deslizamientos”, Tesis para Optar el Título de Ingeniero Civil, Universidad Ricardo Palma, Lima – Perú.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones – Dirección General de Caminos, ‘Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carreteras -2000’

Braja M. Das, “Principios de Ingeniería de Cimentaciones”, Quinta Edición, México D.F.: Editorial Thomson 2006.

Crespo Villalaz, Carlos. “Mecánica de suelos y cimentaciones”, 4da. Ed. México D.F.: Editorial Limusa. 1995.

Rico Rodríguez, Alfonso. “La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres 1 : Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas”. México: Limusa, 2008.

John Soto, J. R. (2011). Cybertesis. Obtenido de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2011/bmfcij.65p/doc/bmfcij.65p.pdf>

Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos Área de aguas superficiales. (diciembre de 2010). Autoridad Nacional del Agua. Obtenido de http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/evaluacion_rh_superficiales_rio_mantaro_0.pdf

Espinoza Durán, C. E., & Tapia Berzoza, F. E. (2013). Análisis comparativo entre los métodos de estabilidad de taludes aplicados a las presas de tienotarra del Proyecto PACALORI.

Obtenido de [dspace.ucuenca.edu.ec:](https://dspace.ucuenca.edu.ec/)

<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/4572/1/TESIS.pdf>

Ticlla, T. (2021). Evaluación de las características geotécnicas del suelo de las principales canteras para afirmado de carreteras del distrito de Chota. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil]. Universidad Nacional Autónoma de Chota, Cajamarca, Perú.

Bocanegra, D., & Flores, C. (2021). Evaluación geológica y geotécnica y su relación con una propuesta de mejoramiento de suelos reforzados en la carretera Yurimaguas–Munichis, provincia de Alto Amazonas, departamento de Loreto.

Ccopa Olave, C. G. (2021). Estudio geológico y geotécnico para el mejoramiento y ampliación de la carretera vecinal tramo Nueva Luz–Ramal Yoquiri, distrito de Quellouno–La Convención–Cusco.

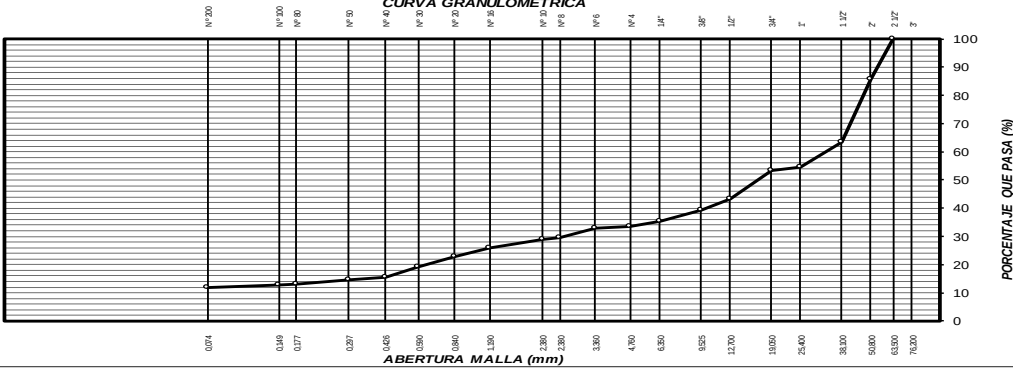
Goicochea, P. A., & Vidaurre, B. M. (2020). Controles geotécnicos para la estabilidad de taludes entre las progresivas km4 + 100 – km6 + 500 de la carretera Cajamarca – Chamis (Tesis de licenciatura). Repositorio de la Universidad Privada del Norte. Recuperado de <https://hdl.handle.net/11537/26265>.

Mamani Tunque, J. R., & Salcedo Mamani, M. D. (2024). Estudio Geológico, Geotecnico y Geofísico para el Mejoramiento de Transitabilidad vial en el tramo Sahuayaco-Colcapampa (progr. 0+ 000 km-13+ 700 km) del Distrito de Santa Teresa, Provincia de la Convención, Departamento del Cusco-2024.

Joyo, F., (2019). Modelo geológico-geotécnico para definir excavación de laderas por banqueo en rocas sedimentarias para obras viales. Construcción de la carretera Kimbiri-Kepashiato, tramo Cielo Punku Quebrada Honda (km 1+000 al km 5+000) [Tesis, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/10371>

- Bonilla, R., (2018). Estudio geológico y geotécnico en el mejoramiento de la carretera dv. Alcas, Acobamba, Huayruro – región Huánuco [Tesis, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/466>
- Márquez, A., (2007). Estudio geotécnico de la carretera Coyllurqui - Chahuay - Ñahuinlla - Charcas del distrito de Coyllurqui [Tesis, Universidad Nacional de Ingeniería]. <http://hdl.handle.net/20.500.14076/16280>
- Ochoa, M. (2014). Estudio geotécnico de suelos para diseñar la estructura del pavimento en la carretera Ticaco - Candarave, tramo Aricota – Quilahuani (km 146+500 – km 151+500). [Tesis de pregrado, Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann – Tacna] Repositorio institucional.

ANEXOS

	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETOS Y ASFALTOS MULTIPROYECTOS FULL CALIDAD E.I.R.L. Jr. Huascar N° 230 - El Tambo Telef. Cel. N° 954461847 y Cel. 964914490	" CALIDAD Y CONFIANZA EN EL CONTROL DE SUS MATERIALES." 						
ANALISIS GRANULOMETRICO ASTM D 421 MTC E 107								
PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL: EMP. PE-5N A (OXAPAMPA) - SANTO DOMINGO - CHONTABAMBA, CON ACCESO A PUSAPNO - PTE. LORETO - YAUPI - PTE. MILAGRO, PROVINCIAS DE PASCO Y OXAPAMPA, PASCO SOLICITA : Ing. Welser BASURTO PORTA UBICACIÓN : PROVINCIAS DE PASCO Y OXAPAMPA - DEPARTAMENTO DE PASCO CALICATA : PROG. 0+000 FECHA: 26/06/2015 TECNICO DAVID RAMOS PIÑAS								
Pag. 1 de 1								
MALLAS SERIE AMERICANA	ANALISIS GRANULOMETRICO					DESCRIPCION DE LA MUESTRA		
	ABERTURA (mm)	Pesos Retenidos	RET (%)	PASA (%)	ESPECIFIC. "A-2"			
3"	76.200	0.00			0	Boloneria > 3" : 0.00		
2 1/2"	63.500	0.00		100		Grava 3" - N° 4 : 66.46		
2"	50.800	618.37	14.31	85.69	100	Arena N°4 - N° 200 : 21.77		
1 1/2"	38.100	949.96	22.38	63.31		Finos < N° 200 : 11.77		
1"	25.400	370.90	8.74	54.57	100 100	Fraccion (SUMA N°8:N°200) 296.64		
3/4"	19.050	52.35	1.23	53.34	80 100			
1/2"	12.700	266.85	10.02	43.32				
3/8"	9.525	103.78	3.90	39.42	65 100			
1/4"	6.350	139.97	4.03	35.39				
N° 4	4.750	64.34	1.85	33.54	50 85			
N° 6	3.360	6.85	0.48	33.06		DATOS DE LIMITES DE ATTERBERG		
N° 8	2.380	47.62	3.36	29.70		LIMITE LIQUIDO 30.55		
N° 10	2.000	10.41	0.73	28.96	33 67	LIMITE PLASTICO 19.58		
N°16	1.190	45.35	3.20	25.76		INDICE PLASTICIDAD 10.97		
N° 20	0.840	40.86	2.88	22.88		CLASIFICACION		
N° 30	0.590	53.87	3.80	19.08		SUCS AASHTO		
N° 40	0.426	51.46	3.63	15.45	20 45	GW-GC A-2-6 (0)		
N° 50	0.297	14.20	1.00	14.45		CALICATA ESTRATO		
N° 80	0.177	19.86	1.40	13.05		PROG. 0+000 Unico		
N° 100	0.149	6.16	0.43	12.62		PROFUNDIDAD (m) 1.50		
N° 200	0.074	11.97	0.84	11.77	5 20			
-200		166.87	11.77	-				
Peso Inicial:		3042.00						
CURVA GRANULOMETRICA								
								
Comentario : La interpretacion de los resultados de ensayo es de exclusiva responsabilidad del solicitante, salvo recomendaciones adjuntas								
FIRMAS AUTORIZADAS David Ramos Piñas								

ANALISIS GRANULOMETRICO



**LABORATORIO DE
SUELOS, CONCRETOS Y
ASFALTOS**
MULTIPROYECTOS
FULL CALIDAD E.I.R.L.

Jr. Huascar N° 230 - El Tambo
Telef. Cel. N° 954461847 y Cel. 964914490

" CALIDAD Y CONFIANZA
EN EL CONTROL DE SUS
MATERIALES."



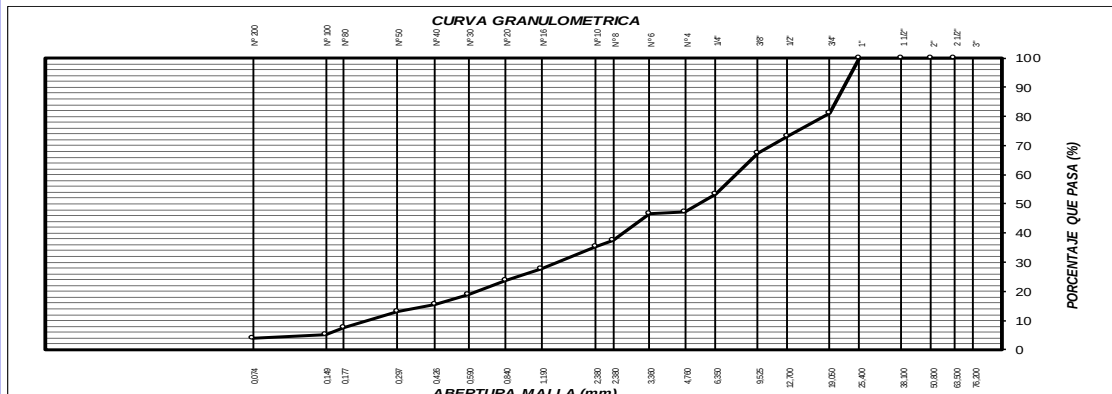
ANALISIS GRANULOMETRICO
ASTM D 421 MTC E 107

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL: EMP. PE-5N A (OXAPAMPA) - SANTO DOMINGO - CHONTABAMBA,
CON ACCESO A PUSAPNO - PTE. LORETO - YAUPÍ - PTE. MILAGRO, PROVINCIAS DE PASCO Y OXAPAMPA, PASCO
SOLICITA : Ing. Welser BASURTO PORTA
UBICACIÓN : PROVINCIAS DE PASCO Y OXAPAMPA - DEPARTAMENTO DE PASCO
CALICATA : PROG. 2+000
FECHA: 26/06/2015
TECNICO DAVID RAMOS PIÑAS

Pag. 1 de 1

MALLAS SERIE AMERICANA	ANALISIS GRANULOMETRICO						DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
	ABERTURA (mm)	Pesos Retenidos	RET (%)	PASA (%)	ESPECIFIC. "A-2"			
3"	76.200	0.00			0		Boloneria > 3" :	0.0
2 1/2"	63.500	0.00		100			Grava 3" - N° 4 :	52.60
2"	50.800	0.00	0.00	100	100		Arena N°4 - N° 200 :	43.6
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	100.00			Finos < N° 200 :	3.8
1"	25.400	0.00	0.00	100.00	100	100	Fraccion (SUMA N°8:N°200)	549.1
3/4"	19.050	113.62	18.80	81.20	80	100		
1/2"	12.700	106.00	7.92	73.28				
3/8"	9.525	78.81	5.88	67.40	65	100		
1/4"	6.350	155.33	14.12	53.28				
N° 4	4.760	64.64	5.88	47.40	50	85		
N° 6	3.360	9.44	0.73	46.67			DATOS DE LIMITES DE ATTERBERG	
N° 8	2.380	121.26	9.34	37.34			LIMITE LIQUIDO	33.02
N° 10	2.000	26.89	2.07	35.27	33	67	LIMITE PLASTICO	25.64
N° 16	1.190	98.06	7.55	27.72			INDICE PLASTICIDAD	7.38
N° 20	0.840	50.05	3.85	23.86			CLASIFICACION	
N° 30	0.590	66.31	5.11	18.76			SUCS	AASHTO
N° 40	0.426	42.18	3.25	15.51	20	45	GW	A-2-4 (0)
N° 50	0.297	30.53	2.35	13.16				
N° 80	0.177	71.80	5.53	7.63				
N° 100	0.149	32.57	2.51	5.12			CALICATA	
N° 200	0.074	17.44	1.34	3.78	5	20	PROG. 2+000	ESTRATO
-200		49.08	3.78	-			PROFUNDIDAD (m)	Unico
								1.50

Peso Inicial: **1134.00**



Comentario : La interpretacion de los resultados de ensayo es de exclusiva responsabilidad del solicitante, salvo recomendaciones adjuntas

FIRMAS AUTORIZADAS

David Ramos Piñas



**LABORATORIO DE
SUELOS, CONCRETOS Y
ASFALTOS**
MULTIPROYECTOS
FULL CALIDAD E.I.R.L.

Jr. Huascar N° 230 - El Tambo
Telef. Cel. N° 954461847 y Cel. 964914490

" CALIDAD Y CONFIANZA
EN EL CONTROL DE SUS
MATERIALES."



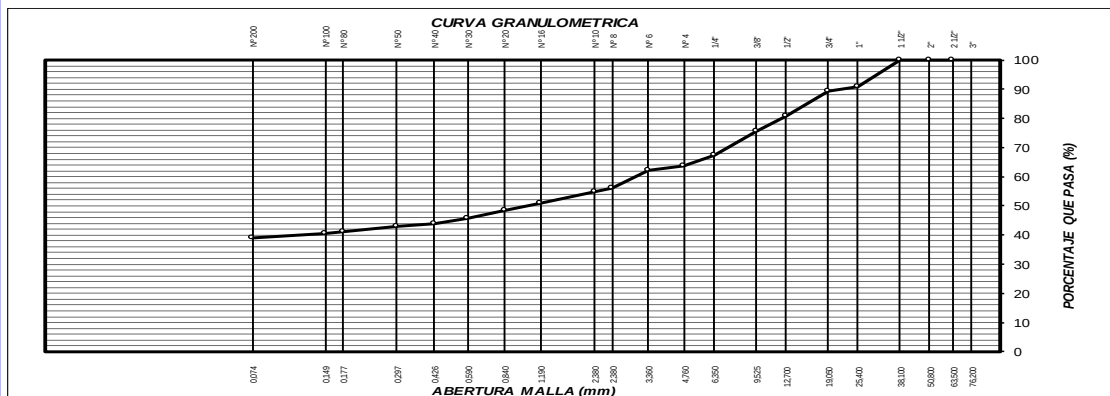
ANALISIS GRANULOMETRICO
ASTM D 421 MTC E 107

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL: EMP. PE-5N A (OXAPAMPA) - SANTO DOMINGO - CHONTABAMBA,
CON ACCESO A PUSAPNO - PTE. LORETO - YAUPI - PTE. MILAGRO, PROVINCIAS DE PASCO Y OXAPAMPA, PASCO
SOLICITA : Ing. Welser BASURTO PORTA
UBICACIÓN : PROVINCIAS DE PASCO Y OXAPAMPA - DEPARTAMENTO DE PASCO
CANTERA : PROG. 3+000
FECHA: 26/06/2015
TECNICO DAVID RAMOS PIÑAS

Pag. 1 de 1

MILLAS SERIE AMERICANA	ANALISIS GRANULOMETRICO						DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
	ABERTURA (mm)	Pesos Retenidos	RET (%)	PASA (%)	ESPECIFIC. "A-2"			
3"	76.200	0.00					Boloneria > 3" :	0.0
2 1/2"	63.500	0.00		100		0	Grava 3" - N° 4 :	36.23
2"	50.800	0.00	0.00	100		100	Arena N°4 - N° 200 :	24.7
1 1/2"	38.100	188.53	0.00	100.00			Finos < N° 200 :	39.1
1"	25.400	302.93	9.18	90.82	100	100	Fraccion (SUMA N°8:N°200)	180.0
3/4"	19.050	42.69	1.29	89.52	80	100		
1/2"	12.700	150.12	8.80	80.73				
3/8"	9.525	87.30	5.11	75.61	65	100		
1/4"	6.350	131.68	8.16	67.45				
N° 4	4.760	59.33	3.68	63.77	50	85		
N° 6	3.360	13.08	1.70	62.08			DATOS DE LIMITES DE ATTERBERG	
N° 8	2.380	44.94	5.83	56.25			LIMITE LIQUIDO	32.44
N° 10	2.000	9.45	1.23	55.02	33	67	LIMITE PLASTICO	22.67
N° 16	1.190	32.56	4.23	50.79			INDICE PLASTICIDAD	9.77
N° 20	0.840	18.48	2.40	48.40			CLASIFICACION	
N° 30	0.590	21.25	2.76	45.64			SUCS	AASHTO
N° 40	0.426	13.56	1.76	43.88	20	45	GC	A-4 (1)
N° 50	0.297	7.29	0.95	42.93			CALICATA	
N° 80	0.177	14.14	1.83	41.10			ESTRATO	
N° 100	0.149	5.29	0.69	40.41			PROG. 3+000	Unico
N° 200	0.074	10.36	1.34	39.07	5	20	PROFUNDIDAD (m)	1.50
-200		257.02	33.35	-				

Peso Inicial: **1410.00**



Comentario : La interpretacion de los resultados de ensayo es de exclusiva responsabilidad del solicitante, salvo recomendaciones adjuntas

FIRMAS AUTORIZADAS

David Ramos Piñas



MFC
MULTIPROYECTOS
FULL CALIDAD E.I.R.L.

**LABORATORIO DE
SUELOS, CONCRETOS Y
ASFALTOS**

MULTIPROYECTOS

FULL CALIDAD E.I.R.L.

Jr. Huascar N° 230 - El Tambo
Telef. Cel. N° 954461847 y Cel. 964914490

**" CALIDAD Y CONFIANZA
EN EL CONTROL DE SUS
MATERIALES."**



ANALISIS GRANULOMETRICO

ASTM D 421

MTC E 107

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL: EMP. PE-5N A (OXAPAMPA) - SANTO DOMINGO - CHONTABAMBA, CON ACCESO A PUSAPNO - PTE. LORETO - YAUPÍ - PTE. MILAGRO, PROVINCIAS DE PASCO Y OXAPAMPA, PASCO

SOLICITA : Ing. Welser BASURTO PORTA

UBICACIÓN : PROVINCIAS DE PASCO Y OXAPAMPA - DEPARTAMENTO DE PASCO

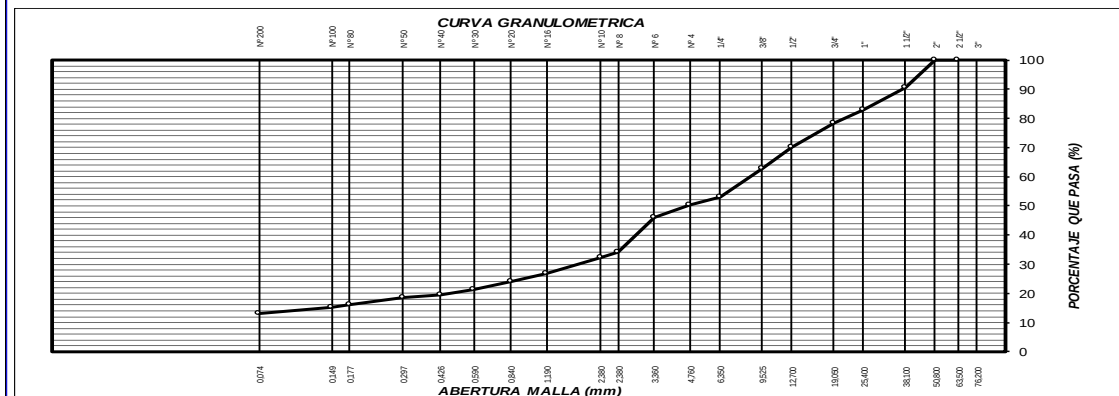
CALICATA : PROG. 5+000

FECHA: 26/06/2015

TECNICO DAVID RAMOS PIÑAS

Pag. 1 de 1

MALLAS SERIE AMERICANA	ANALISIS GRANULOMETRICO					DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
	ABERTURA (mm)	Pesos Retenidos	RET (%)	PASA (%)	ESPECIFIC. "A-2"		
3"	76.200	0.00				Bolonería > 3" :	0.0
2 1/2"	63.500	0.00		100	0	Grava 3" - N° 4 :	49.69
2"	50.800	0.00	0.00	100	100	Arena N°4 - N° 200 :	37.2
1 1/2"	38.100	186.06	9.33	90.67		Finos < N° 200 :	13.1
1"	25.400	156.90	7.86	82.81	100 100	Fraccion (SUMA N°8-N°200)	202.3
3/4"	19.050	88.00	4.41	78.40	80 100		
1/2"	12.700	126.51	8.27	70.13			
3/8"	9.525	111.81	7.31	62.82	65 100		
1/4"	6.350	134.80	9.92	52.90			
N° 4	4.760	35.26	2.59	50.31	50 85		
N° 6	3.360	25.12	4.35	45.96		DATOS DE LIMITES DE ATTERBERG	
N° 8	2.380	68.53	11.86	34.10		LIMITE LIQUIDO	31.31
N° 10	2.000	11.15	1.93	32.17	33 67	LIMITE PLASTICO	0.90
N° 16	1.190	30.58	5.29	26.88		INDICE PLASTICIDAD	30.41
N° 20	0.840	15.56	2.69	24.18			
N° 30	0.590	16.34	2.83	21.36		CLASIFICACION	
N° 40	0.426	10.35	1.79	19.56	20 45	SUCS	AASHTO
N° 50	0.297	6.35	1.10	18.47		GC	A-2-6 (0)
N° 80	0.177	13.13	2.27	16.19			
N° 100	0.149	5.20	0.90	15.29		CALICATA	
N° 200	0.074	12.87	2.23	13.06	5 20	PROG. 5+000	ESTRATO
-200		75.48	13.06	-		PROFUNDIDAD (m)	Unico
Peso Inicial:		1130.00					



Comentario : La interpretacion de los resultados de ensayo es de exclusiva responsabilidad del solicitante, salvo recomendaciones adjuntas

FIRMAS AUTORIZADAS

David Ramos Piñas



**LABORATORIO DE
SUELOS, CONCRETOS Y
ASFALTOS**
MULTIPROYECTOS
FULL CALIDAD E.I.R.L.

Jr. Huascar N° 230 - El Tambo
Telef. Cel. N° 954461847 y Cel. 964914490

" CALIDAD Y CONFIANZA
EN EL CONTROL DE SUS
MATERIALES."



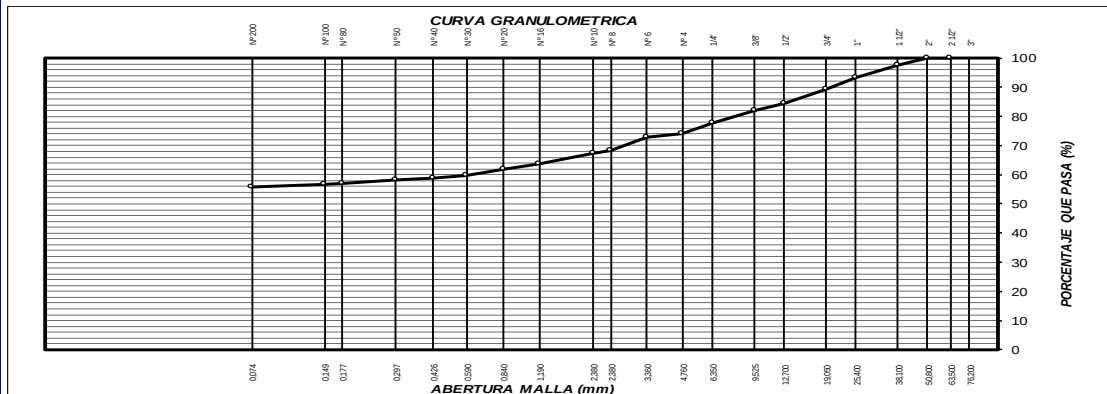
ANALISIS GRANULOMETRICO
ASTM D 421 MTC E 107

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL: EMP. PE-5N A (OXAPAMPA) - SANTO DOMINGO - CHONTABAMBA, CON ACCESO A PUSAPNO - PTE. LORETO - YAUPI - PTE. MILAGRO, PROVINCIAS DE PASCO Y OXAPAMPA, PASCO
SOLICITA : Ing. Welser BASURTO PORTA
UBICACIÓN : PROVINCIAS DE PASCO Y OXAPAMPA - DEPARTAMENTO DE PASCO
CALICATA : PROG. 6+000
FECHA: 26/06/2015
TECNICO DAVID RAMOS PIÑAS

Pag. 1 de 1

MILLAS SERIE AMERICANA	ANALISIS GRANULOMETRICO						DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
	ABERTURA (mm)	Pesos Retenidos	RET (%)	PASA (%)	ESPECIFIC. "A-2"			
3"	76.200	0.00					Boloneria > 3" :	0.0
2 1/2"	63.500	305.79		100	0		Grava 3" - N° 4 :	25.75
2"	50.800	147.94	0.00	100	100		Arena N°4 - N° 200 :	18.4
1 1/2"	38.100	51.65	2.52	97.48			Finos < N° 200 :	55.9
1"	25.400	85.47	4.17	93.31	100	100	Fraccion (SUMA N°8-N°200)	206.5
3/4"	19.050	79.35	3.87	89.44	80	100		
1/2"	12.700	159.70	4.91	84.53				
3/8"	9.525	83.73	2.58	81.95	65	100		
1/4"	6.350	94.43	4.22	77.73				
N° 4	4.760	78.06	3.48	74.25	50	85		
N° 6	3.360	14.84	1.27	72.98			DATOS DE LIMITES DE ATTERBERG	
N° 8	2.380	54.99	4.69	68.29			LIMITE LIQUIDO	29.51
N° 10	2.000	12.05	1.03	67.26	33	67	LIMITE PLASTICO	28.92
N° 16	1.190	40.92	3.49	63.77			INDICE PLASTICIDAD	0.59
N° 20	0.840	22.31	1.90	61.86			CLASIFICACION	
N° 30	0.590	22.96	1.96	59.90			SUCS	AASHTO
N° 40	0.426	13.83	1.18	58.72	20	45	ML	A-4 (4)
N° 50	0.297	6.82	0.58	58.14				
N° 80	0.177	13.56	1.16	56.98				
N° 100	0.149	4.20	0.36	56.62			CALICATA	ESTRATO
N° 200	0.074	8.54	0.73	55.89	5	20	PROG. 6+000	Unico
-200		654.65	55.89	-			PROFUNDIDAD (m)	1.50

Peso Inicial: **1650.00**



Comentario : La interpretacion de los resultados de ensayo es de exclusiva responsabilidad del solicitante, salvo recomendaciones adjuntas

FIRMAS AUTORIZADAS

David Ramos Piñas



**LABORATORIO DE
SUELOS, CONCRETOS Y
ASFALTOS**
MULTIPROYECTOS
FULL CALIDAD E.I.R.L.

Jr. Huascar N° 230 - El Tambo
Telef. Cel. N° 954461847 y Cel. 964914490

" CALIDAD Y CONFIANZA
EN EL CONTROL DE SUS
MATERIALES."



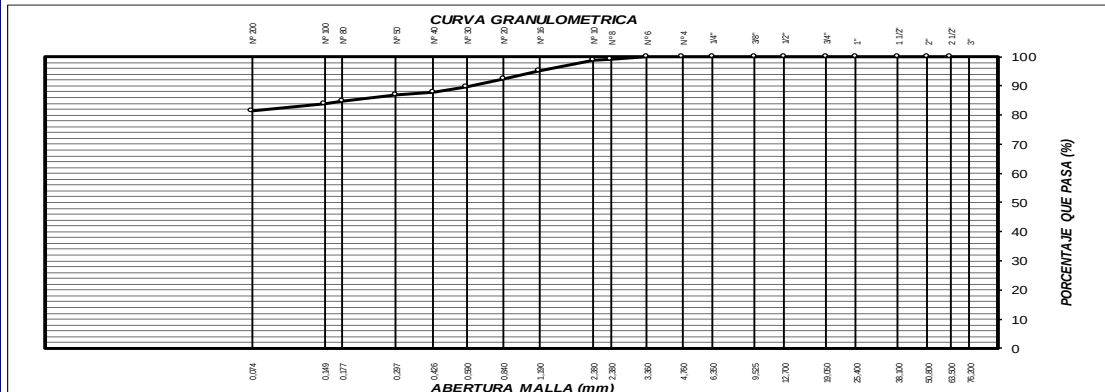
ANALISIS GRANULOMETRICO
ASTM D 421 MTC E 107

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL: EMP. PE-5N A (OXAPAMPA) - SANTO DOMINGO - CHONTABAMBA, CON ACCESO A PUSAPNO - PTE. LORETO - YAUPI - PTE. MILAGRO, PROVINCIAS DE PASCO Y OXAPAMPA, PASCO
SOLICITA : Ing. Welser BASURTO PORTA
UBICACIÓN : PROVINCIAS DE PASCO Y OXAPAMPA - DEPARTAMENTO DE PASCO
CALICATA : PROG. 7+000
FECHA: 26/06/2015
TECNICO DAVID RAMOS PIÑAS

Pag. 1 de 1

MALLAS SERIE AMERICANA	ANALISIS GRANULOMETRICO					DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
	ABERTURA (mm)	Pesos Retenidos	RET (%)	PASA (%)	ESPECIFIC. "A-2"		
3"	76.200	0.00				Boloneria > 3" :	0.0
2 1/2"	63.500	0.00		100	0	Grava 3" - N° 4 :	0.00
2"	50.800	0.00	0.00	100	100	Arena N°4 - N° 200 :	18.5
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	100.00		Finos < N° 200 :	81.5
1"	25.400	0.00	0.00	100.00	100 100	Fraccion (SUMA N°8:N°200)	48.8
3/4"	19.050	0.00	0.00	100.00	80 100		
1/2"	12.700	0.00	0.00	100.00			
3/8"	9.525	0.00	0.00	100.00	65 100		
1/4"	6.350	0.00	0.00	100.00			
N° 4	4.760	0.00	0.00	100.00	50 85		
N° 6	3.360	0.00	0.00	100.00			
N° 8	2.380	2.23	0.73	99.27		DATOS DE LIMITES DE ATTERBERG	
N° 10	2.000	1.29	0.42	98.84	33 67	LIMITE LIQUIDO	31.28
N° 16	1.190	11.37	3.74	95.11		LIMITE PLASTICO	28.89
N° 20	0.840	7.74	2.54	92.56		INDICE PLASTICIDAD	2.39
N° 30	0.590	8.95	2.94	89.62		CLASIFICACION	
N° 40	0.426	5.47	1.80	87.82	20 45	SUCS	AASHTO
N° 50	0.297	3.03	1.00	86.83		ML	A-4 (8)
N° 80	0.177	6.26	2.06	84.77			
N° 100	0.149	2.47	0.81	83.96		CALICATA	
N° 200	0.074	7.46	2.45	81.51	5 20	PROG. 7+000	ESTRATO
-200		248.00	81.51	-		PROFUNDIDAD (m)	Unico
							1.50

Peso Inicial: 1135.00



Comentario : La interpretacion de los resultados de ensayo es de exclusiva responsabilidad del solicitante, salvo recomendaciones adjuntas

FIRMAS AUTORIZADAS

David Ramos Piñas



**LABORATORIO DE
SUELOS, CONCRETOS Y
ASFALTOS**
MULTIPROYECTOS
FULL CALIDAD E.I.R.L.

Jr. Huascar N° 230 - El Tambo
Telef. Cel. N° 954461847 y Cel. 964914490

" CALIDAD Y CONFIANZA
EN EL CONTROL DE SUS
MATERIALES."



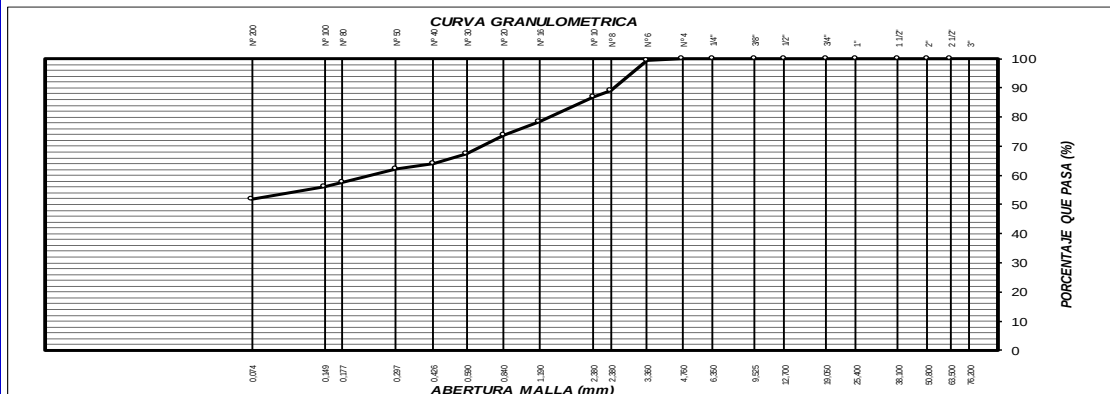
ANALISIS GRANULOMETRICO
ASTM D 421 MTC E 107

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL: EMP. PE-5N A (OXAPAMPA) - SANTO DOMINGO - CHONTABAMBA, CON ACCESO A PUSAPNO - PTE. LORETO - YAUPI - PTE. MILAGRO, PROVINCIAS DE PASCO Y OXAPAMPA, PASCO
SOLICITA : Ing. Welser BASURTO PORTA
UBICACIÓN : PROVINCIAS DE PASCO Y OXAPAMPA - DEPARTAMENTO DE PASCO
CALICATA : PROG. 8+000
FECHA: 26/06/2015
TECNICO DAVID RAMOS PIÑAS

Pag. 1 de 1

MALLAS SERIE AMERICANA	ANALISIS GRANULOMETRICO					DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
	ABERTURA (mm)	Pesos Retenidos	RET (%)	PASA (%)	ESPECIFIC. "A-2"		
3"	76.200	0.00				Boloneria > 3" :	0.0
2 1/2"	63.500	0.00		100	0	Grava 3" - N° 4 :	0.00
2"	50.800	0.00	0.00	100	100	Arena N°4 - N° 200 :	48.1
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	100.00		Finos < N° 200 :	51.9
1"	25.400	0.00	0.00	100.00	100 100	Fraccion (SUMA N°8:N°200)	153.6
3/4"	19.050	0.00	0.00	100.00	80 100		
1/2"	12.700	0.00	0.00	100.00			
3/8"	9.525	0.00	0.00	100.00	65 100		
1/4"	6.350	0.00	0.00	100.00			
N° 4	4.760	0.00	0.00	100.00	50 85		
N° 6	3.360	1.53	0.44	99.56		DATOS DE LIMITES DE ATTERBERG	
N° 8	2.380	36.47	10.42	89.14		LIMITE LIQUIDO	26.75
N° 10	2.000	7.65	2.19	86.96	33 67	LIMITE PLASTICO	18.75
N° 16	1.190	29.69	8.48	78.47		INDICE PLASTICIDAD	8.00
N° 20	0.840	16.70	4.77	73.70			
N° 30	0.590	21.87	6.25	67.45		CLASIFICACION	
N° 40	0.426	12.29	3.51	63.94	20 45	SUCS	AASHTO
N° 50	0.297	6.59	1.88	62.06		CL	A-4 (3)
N° 80	0.177	15.47	4.42	57.64			
N° 100	0.149	5.38	1.54	56.10		CALICATA	
N° 200	0.074	14.82	4.23	51.87	5 20	PROG. 8+000	ESTRATO
-200		181.54	51.87	-		PROFUNDIDAD (m)	Unico
							1.50

Peso Inicial: 350.00



Comentario : La interpretacion de los resultados de ensayo es de exclusiva responsabilidad del solicitante, salvo recomendaciones adjuntas

FIRMAS AUTORIZADAS

David Ramos Piñas



**LABORATORIO DE
SUELOS, CONCRETOS Y
ASFALTOS**
MULTIPROYECTOS
FULL CALIDAD E.I.R.L.

Jr. Huascar N° 230 - El Tambo
Telef. Cel. N° 954461847 y Cel. 964914490

" CALIDAD Y CONFIANZA
EN EL CONTROL DE SUS
MATERIALES."



ANALISIS GRANULOMETRICO

ASTM D 421

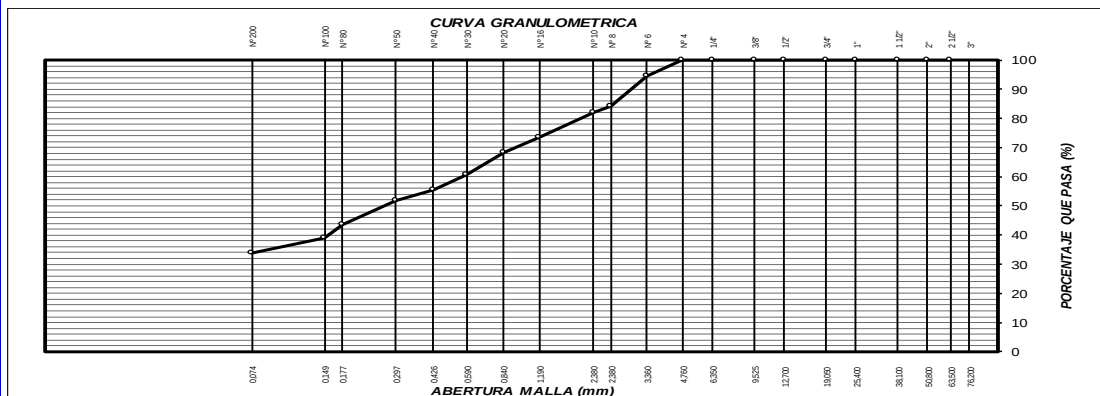
MTC E 107

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL: EMP. PE-5N A (OXAPAMPA) - SANTO DOMINGO - CHONTABAMBA, CON ACCESO A PUSAPNO - PTE. LORETO - YAUPI - PTE. MILAGRO, PROVINCIAS DE PASCO Y OXAPAMPA, PASCO
SOLICITA : Ing. Welser BASURTO PORTA
UBICACIÓN : PROVINCIAS DE PASCO Y OXAPAMPA - DEPARTAMENTO DE PASCO
CALICATA : PROG. 9+000
FECHA: 26/06/2015
TECNICO DAVID RAMOS PIÑAS

Pag. 1 de 1

MILLAS SERIE AMERICANA	ANALISIS GRANULOMETRICO						DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
	ABERTURA (mm)	Pesos Retenidos	RET (%)	PASA (%)	ESPECIFIC. "A-2"			
3"	76.200	0.00					Boloneria > 3" :	0.0
2 1/2"	63.500	0.00		100	0		Grava 3" - N° 4 :	0.00
2"	50.800	0.00	0.00	100	100		Arena N°4 - N° 200 :	66.3
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	100.00			Finos < N° 200 :	33.7
1"	25.400	0.00	0.00	100.00	100	100	Fracccion (SUMA N°8:N°200)	549.2
3/4"	19.050	0.00	0.00	100.00	80	100		
1/2"	12.700	0.00	0.00	100.00				
3/8"	9.525	0.00	0.00	100.00	65	100		
1/4"	6.350	0.00	0.00	100.00				
N° 4	4.760	0.00	0.00	100.00	50	85		
N° 6	3.360	47.98	5.33	94.67			DATOS DE LIMITES DE ATTERBERG	
N° 8	2.380	95.32	10.59	84.08			LIMITE LIQUIDO	26.49
N° 10	2.000	19.25	2.14	81.94	33	67	LIMITE PLASTICO	18.37
N° 16	1.190	75.15	8.35	73.59			INDICE PLASTICIDAD	8.12
N° 20	0.840	47.56	5.28	68.31			CLASIFICACION	
N° 30	0.590	69.88	7.76	60.54			SUCS	AASHTO
N° 40	0.426	46.74	5.19	55.35	20	45	SC	A-2-4 (0)
N° 50	0.297	30.67	3.41	51.94				
N° 80	0.177	74.27	8.25	43.69				
N° 100	0.149	42.37	4.71	38.98			CALICATA	
N° 200	0.074	47.73	5.30	33.68	5	20	PROG. 9+000	ESTRATO
-200		303.10	33.68	-			PROFUNDIDAD (m)	Unico
								1.50

Peso Inicial: **900.00**



Comentario : La interpretacion de los resultados de ensayo es de exclusiva responsabilidad del solicitante, salvo recomendaciones adjuntas

FIRMAS AUTORIZADAS

David Ramos Piñas



**LABORATORIO DE
SUELOS, CONCRETOS Y
ASFALTOS**
MULTIPROYECTOS
FULL CALIDAD E.I.R.L.

Jr. Huascar N° 230 - El Tambo
Telef. Cel. N° 954461847 y Cel. 964914490

" CALIDAD Y CONFIANZA
EN EL CONTROL DE SUS
MATERIALES."



ANALISIS GRANULOMETRICO

ASTM D 421

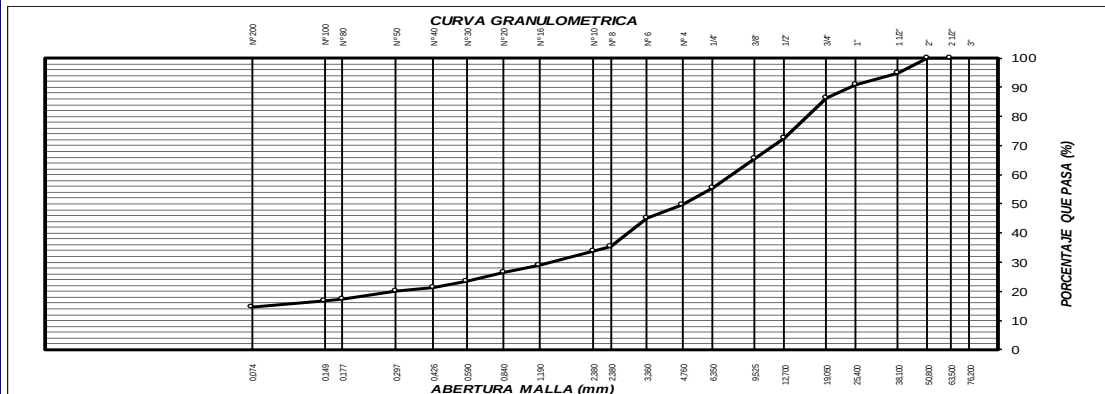
MTC E 107

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL: EMP. PE-5N A (OXAPAMPA) - SANTO DOMINGO - CHONTABAMBA, CON ACCESO A PUSAPNO - PTE. LORETO - YAUPI - PTE. MILAGRO, PROVINCIAS DE PASCO Y OXAPAMPA, PASCO
SOLICITA : Ing. Welser BASURTO PORTA
UBICACIÓN : PROVINCIAS DE PASCO Y OXAPAMPA - DEPARTAMENTO DE PASCO
CALICATA : PROG. 10+000
FECHA: 26/06/2015
TECNICO DAVID RAMOS PIÑAS

Pag. 1 de 1

MILLAS SERIE AMERICANA	ANALISIS GRANULOMETRICO					DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
	ABERTURA (mm)	Pesos Retenidos	RET (%)	PASA (%)	ESPECIFIC. "A-2"		
3"	76.200	0.00				Boloneria > 3" :	0.0
2 1/2"	63.500	0.00		100	0	Grava 3" - N° 4 :	50.30
2"	50.800	0.00	0.00	100	100	Arena N°4 - N° 200 :	35.1
1 1/2"	38.100	102.10	5.03	94.97		Finos < N° 200 :	14.6
1"	25.400	82.36	4.06	90.91	100 100	Fraccion (SUMA N°8-N°200)	259.0
3/4"	19.050	96.08	4.73	86.18	80 100		
1/2"	12.700	318.81	13.70	72.48			
3/8"	9.525	160.74	6.90	65.58	65 100		
1/4"	6.350	144.84	9.96	55.62			
N° 4	4.760	86.11	5.92	49.70	50 85		
N° 6	3.360	35.91	4.59	45.11		DATOS DE LIMITES DE ATTERBERG	
N° 8	2.380	76.52	9.78	35.33		LIMITE LIQUIDO	17.30
N° 10	2.000	12.08	1.54	33.79	33 67	LIMITE PLASTICO	10.20
N° 16	1.190	37.33	4.77	29.02		INDICE PLASTICIDAD	7.10
N° 20	0.840	19.94	2.55	26.47		CLASIFICACION	
N° 30	0.590	24.19	3.09	23.38		SUCS	AASHTO
N° 40	0.426	16.46	2.10	21.28	20 45	GC	A-2-4 (0)
N° 50	0.297	8.49	1.08	20.19			
N° 80	0.177	21.29	2.72	17.47			
N° 100	0.149	6.77	0.87	16.61		CALICATA	
N° 200	0.074	15.93	2.04	14.57	5 20	PROG. 10+000	ESTRATO
-200		114.05	14.57	-		PROFUNDIDAD (m)	Unico
							1.50

Peso Inicial: **1380.00**



Comentario : La interpretacion de los resultados de ensayo es de exclusiva responsabilidad del solicitante, salvo recomendaciones adjuntas

FIRMAS AUTORIZADAS

David Ramos Piñas



**LABORATORIO DE
SUELOS, CONCRETOS Y
ASFALTOS**
MULTIPROYECTOS
FULL CALIDAD E.I.R.L.

Jr. Huascar N° 230 - El Tambo
Telef. Cel. N° 954461847 y Cel. 964914490

" CALIDAD Y CONFIANZA
EN EL CONTROL DE SUS
MATERIALES."



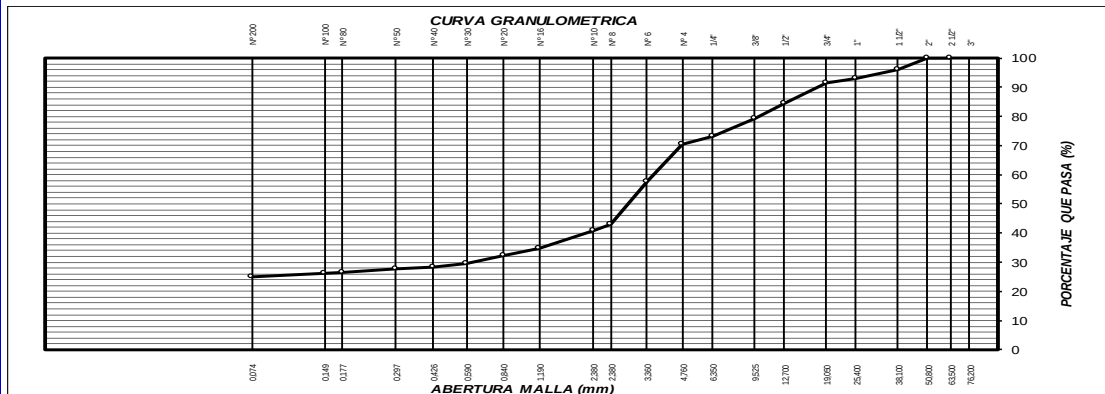
ANALISIS GRANULOMETRICO
ASTM D 421 MTC E 107

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL: EMP. PE-5N A (OXAPAMPA) - SANTO DOMINGO - CHONTABAMBA, CON ACCESO A PUSAPNO - PTE. LORETO - YAUPÍ - PTE. MILAGRO, PROVINCIAS DE PASCO Y OXAPAMPA, PASCO
SOLICITA : Ing. Welser BASURTO PORTA
UBICACIÓN : PROVINCIAS DE PASCO Y OXAPAMPA - DEPARTAMENTO DE PASCO
CALICATA : PROG. 11+000
FECHA: 8/07/2015
TECNICO DAVID RAMOS PIÑAS

Pag. 1 de 1

MILLAS SERIE AMERICANA	ANALISIS GRANULOMETRICO				DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
	ABERTURA (mm)	Pesos Retenidos	RET (%)	PASA (%)		
3"	76.200	0.00			Boloneria > 3" :	0.0
2 1/2"	63.500	0.00		100	Grava 3" - N° 4 :	29.45
2"	50.800	0.00	0.00	100	Arena N°4 - N° 200 :	45.5
1 1/2"	38.100	108.78	4.02	95.98	Finos < N° 200 :	25.0
1"	25.400	76.12	2.82	93.16	Fraccion (SUMA N°8-N°200)	258.6
3/4"	19.050	46.25	1.71	91.45		
1/2"	12.700	188.23	6.93	84.52		
3/8"	9.525	140.65	5.18	79.34		
1/4"	6.350	218.34	6.09	73.25		
N° 4	4.760	96.57	2.70	70.55		
N° 6	3.360	74.59	12.80	57.75	DATOS DE LIMITES DE ATTERBERG	
N° 8	2.380	86.79	14.90	42.85	LIMITE LIQUIDO	20.61
N° 10	2.000	12.52	2.15	40.70	LIMITE PLASTICO	16.15
N° 16	1.190	34.32	5.89	34.81	INDICE PLASTICIDAD	4.46
N° 20	0.840	14.77	2.53	32.28		
N° 30	0.590	15.53	2.67	29.61	CLASIFICACION	
N° 40	0.426	7.53	1.29	28.32	SUCS	AASHTO
N° 50	0.297	3.90	0.67	27.65	SM-SC	A-2-4 (0)
N° 80	0.177	6.63	1.14	26.51		
N° 100	0.149	2.02	0.35	26.17	CALICATA	ESTRATO
N° 200	0.074	6.75	1.16	25.01	PROG. 11+000	Unico
-200		145.71	25.01	-	PROFUNDIDAD (m)	1.50

Peso Inicial: **1286.00**



Comentario :

FIRMAS AUTORIZADAS

David Ramos Piñas



**LABORATORIO DE
SUELOS, CONCRETOS Y
ASFALTOS**

**MULTIPROYECTOS
FULL CALIDAD E.I.R.L.**

Jr. Huascar N° 230 - El Tambo
Telef. Cel. N° 954461847 y Cel. 964914490

**" CALIDAD Y CONFIANZA
EN EL CONTROL DE SUS
MATERIALES."**



ANALISIS GRANULOMETRICO

ASTM D 421 MTC E 107

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL: EMP. PE-5N A (OXAPAMPA) - SANTO DOMINGO - CHONTABAMBA, CON ACCESO A PUSAPNO - PTE. LORETO - YAUPI - PTE. MILAGRO, PROVINCIAS DE PASCO Y OXAPAMPA, PASCO

SOLICITA : Ing. Welser BASURTO PORTA

UBICACIÓN : PROVINCIAS DE PASCO Y OXAPAMPA - DEPARTAMENTO DE PASCO

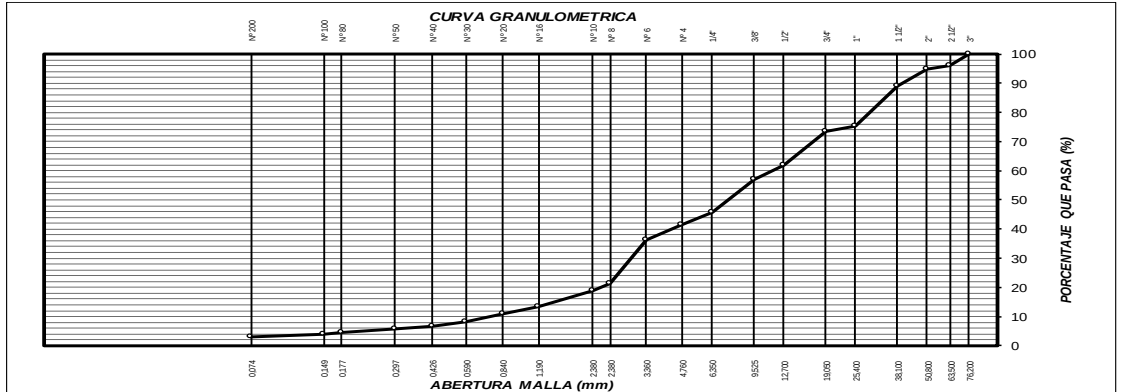
CALICATA : PROG. 12+000

FECHA: 8/07/2015

TECNICO DAVID RAMOS PIÑAS

Pag. 1 de 1

MALLAS SERIE AMERICANA	ANALISIS GRANULOMETRICO					DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
	ABERTURA (mm)	Pesos Retenidos	RET (%)	PASA (%)			
						Boloneria > 3" :	0.0
						Grava 3" - N° 4 :	54.64
						Arena N°4 - N° 200 :	38.6
						Finos < N° 200 :	2.9
						Fraccion (SUMA N°8-N°200)	295.7
3"	76.200	0.00	0.00	100			
2 1/2"	63.500	421.15	3.88	96.118			
2"	50.800	121.22	1.12	95			
1 1/2"	38.100	62.11	5.84	89.16			
1"	25.400	146.23	13.76	75.40			
3/4"	19.050	20.05	1.89	73.51			
1/2"	12.700	136.31	11.55	61.96			
3/8"	9.525	60.08	5.09	56.87			
1/4"	6.350	192.02	11.18	45.69			
N° 4	4.760	72.41	4.21	41.48			
N° 6	3.360	41.89	5.32	36.16			
N° 8	2.380	117.17	14.89	21.27			
N° 10	2.000	17.80	2.26	19.01			
N°16	1.190	43.99	5.59	13.42			
N° 20	0.840	19.87	2.52	10.89			
N° 30	0.590	22.06	2.80	8.09			
N° 40	0.426	11.56	1.47	6.62			
N° 50	0.297	6.19	0.79	5.83			
N° 80	0.177	11.48	1.46	4.37			
N° 100	0.149	3.66	0.47	3.91			
N° 200	0.074	8.26	1.05	2.86			
-200		22.49	2.86	-			
Peso Inicial:		1558.00					
						DATOS DE LIMITES DE ATTERBERG	
						LIMITE LIQUIDO	21.91
						LIMITE PLASTICO	16.81
						INDICE PLASTICIDAD	5.10
						CLASIFICACION	
						SUCS	AASHTO
						GP	A-1-a (0)
						CALICATA	
						PROG. 12+000	ESTRATO
						PROFUNDIDAD (m)	Unico
							1.50



Comentario :

FIRMAS AUTORIZADAS

David Ramos Piñas



**LABORATORIO DE
SUELOS, CONCRETOS Y
ASFALTOS**

**MULTIPROYECTOS
FULL CALIDAD E.I.R.L.**

Jr. Huascar N° 230 - El Tambo
Telef. Cel. N° 954461847 y Cel. 964914490

" CALIDAD Y CONFIANZA
EN EL CONTROL DE SUS
MATERIALES."



ANALISIS GRANULOMETRICO

ASTM D 421

MTC E 107

PROYECTO

:

MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL: EMP. PE-5N A (OXAPAMPA) - SANTO DOMINGO - CHONTABAMBA, CON ACCESO A PUSAPNO - PTE. LORETO - YAUPÍ - PTE. MILAGRO, PROVINCIAS DE PASCO Y OXAPAMPA, PASCO

SOLICITA

:

Ing. Welser BASURTO PORTA

UBICACIÓN

:

PROVINCIAS DE PASCO Y OXAPAMPA - DEPARTAMENTO DE PASCO

CALICATA

:

PROG. 13+000

FECHA:

:

8/07/2015

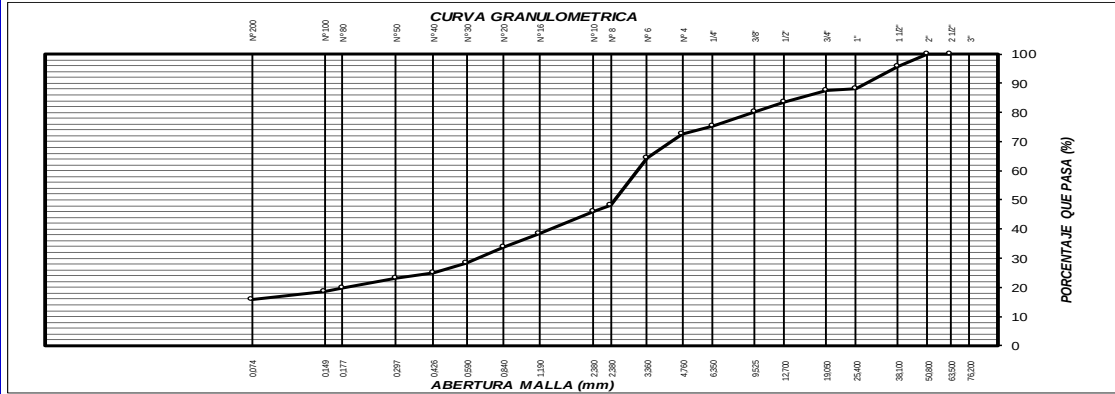
TECNICO

:

DAVID RAMOS PIÑAS

Pag. 1 de 1

MILLAS SERIE AMERICANA	ANALISIS GRANULOMETRICO				DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
	ABERTURA (mm)	Pesos Retenidos	RET (%)	PASA (%)		
					Boloneria > 3" :	0.0
					Grava 3" - N° 4 :	27.38
					Arena N°4 - N° 200 :	56.7
					Finos < N° 200 :	16.0
					Fracccion (SUMA N°8-N°200)	195.3
3"	76.200	0.00				
2 1/2"	63.500	0.00		100		
2"	50.800	0.00	0.00	100		
1 1/2"	38.100	102.21	4.14	95.86		
1"	25.400	192.14	7.77	88.09		
3/4"	19.050	12.13	0.49	87.60		
1/2"	12.700	108.04	4.12	83.48		
3/8"	9.525	88.15	3.36	80.12		
1/4"	6.350	144.07	4.73	75.39		
N° 4	4.760	84.52	2.77	72.62		
N° 6	3.360	29.39	8.12	64.50		
N° 8	2.380	58.64	16.21	48.29		
N° 10	2.000	8.58	2.37	45.92		
N° 16	1.190	27.59	7.63	38.29		
N° 20	0.840	15.88	4.39	33.90		
N° 30	0.590	20.12	5.56	28.34		
N° 40	0.426	11.68	3.23	25.11		
N° 50	0.297	6.69	1.85	23.26		
N° 80	0.177	12.67	3.50	19.76		
N° 100	0.149	4.07	1.12	18.64		
N° 200	0.074	9.71	2.68	15.95		
-200		57.72	15.95	-		
Peso Inicial: 994.00						
					DATOS DE LIMITES DE ATTERBERG	
					LIMITE LIQUIDO	31.68
					LIMITE PLASTICO	27.04
					INDICE PLASTICIDAD	4.64
					CLASIFICACION	
					SUCS	AASHTO
					SM	A-1-b (0)
					CALICATA	
					PROG. 13+000	ESTRATO
					PROFUNDIDAD (m)	Unico
						1.50



Comentario :

FIRMAS AUTORIZADAS

David Ramos Piñas



**LABORATORIO DE
SUELOS, CONCRETOS Y
ASFALTOS**
MULTIPROYECTOS
FULL CALIDAD E.I.R.L.

Jr. Huascar N° 230 - El Tambo
Telef. Cel. N° 954461847 y Cel. 964914490

" CALIDAD Y CONFIANZA
EN EL CONTROL DE SUS
MATERIALES."



ANALISIS GRANULOMETRICO

ASTM D 421

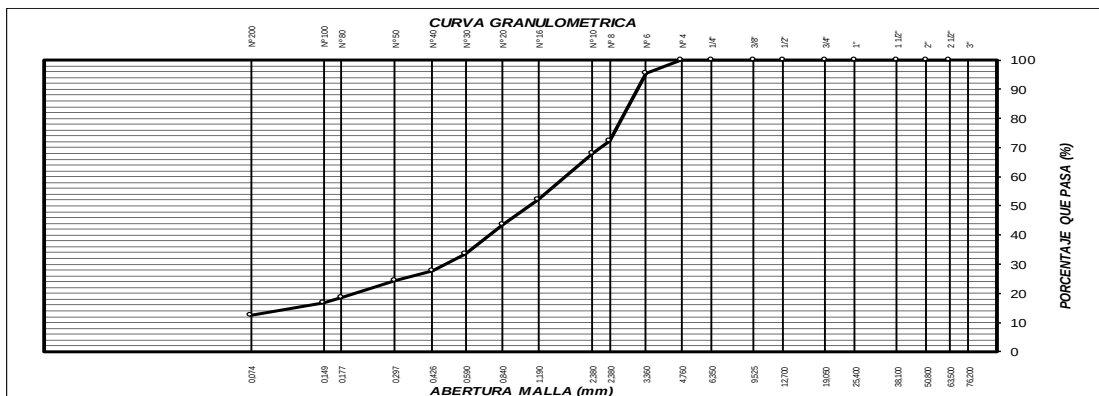
MTC E 107

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL: EMP. PE-5N A (OXAPAMPA) - SANTO DOMINGO - CHONTABAMBA, CON ACCESO A PUSAPNO - PTE. LORETO - YAUPÍ - PTE. MILAGRO, PROVINCIAS DE PASCO Y OXAPAMPA, PASCO
SOLICITA : Ing. Welser BASURTO PORTA
UBICACIÓN : PROVINCIAS DE PASCO Y OXAPAMPA - DEPARTAMENTO DE PASCO
CALICATA : PROG. 14+000
FECHA: 8/07/2015
TECNICO DAVID RAMOS PIÑAS

Pag. 1 de 1

MILLAS SERIE AMERICANA	ANALISIS GRANULOMETRICO				DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
	ABERTURA (mm)	Pesos Retenidos	RET (%)	PASA (%)		
3"	76.200	0.00			Boloneria > 3" :	0.0
2 1/2"	63.500	0.00		100	Grava 3" - N° 4 :	0.00
2"	50.800	0.00	0.00	100	Arena N°4 - N° 200 :	87.7
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	100.00	Finos < N° 200 :	12.3
1"	25.400	0.00	0.00	100.00	Fraccion (SUMA N°8:N°200)	246.8
3/4"	19.050	0.00	0.00	100.00		
1/2"	12.700	0.00	0.00	100.00		
3/8"	9.525	0.00	0.00	100.00		
1/4"	6.350	0.00	0.00	100.00		
N° 4	4.760	0.00	0.00	100.00		
N° 6	3.360	13.59	4.59	95.41	DATOS DE LIMITES DE ATTERBERG	
N° 8	2.380	68.73	23.22	72.19	LIMITE LIQUIDO	20.43
N° 10	2.000	12.47	4.21	67.98	LIMITE PLASTICO	14.55
N° 16	1.190	47.23	15.96	52.02	INDICE PLASTICIDAD	5.88
N° 20	0.840	24.95	8.43	43.59		
N° 30	0.590	30.05	10.15	33.44	CLASIFICACION	
N° 40	0.426	17.21	5.81	27.63	SUCS	AASHTO
N° 50	0.297	9.42	3.18	24.44	SM-SC	A-1-b (0)
N° 80	0.177	17.66	5.97	18.48		
N° 100	0.149	5.52	1.86	16.61	CALICATA	ESTRATO
N° 200	0.074	12.69	4.29	12.32	PROG. 14+000	Unico
-200		36.48	12.32	-	PROFUNDIDAD (m)	1.50

Peso Inicial: **296.00**



Comentario :

FIRMAS AUTORIZADAS

David Ramos Piñas



**LABORATORIO DE
SUELOS, CONCRETOS Y
ASFALTOS**
MULTIPROYECTOS
FULL CALIDAD E.I.R.L.

Jr. Huascar N° 230 - El Tambo
Telef. Cel. N° 954461847 y Cel. 964914490

" CALIDAD Y CONFIANZA
EN EL CONTROL DE SUS
MATERIALES."

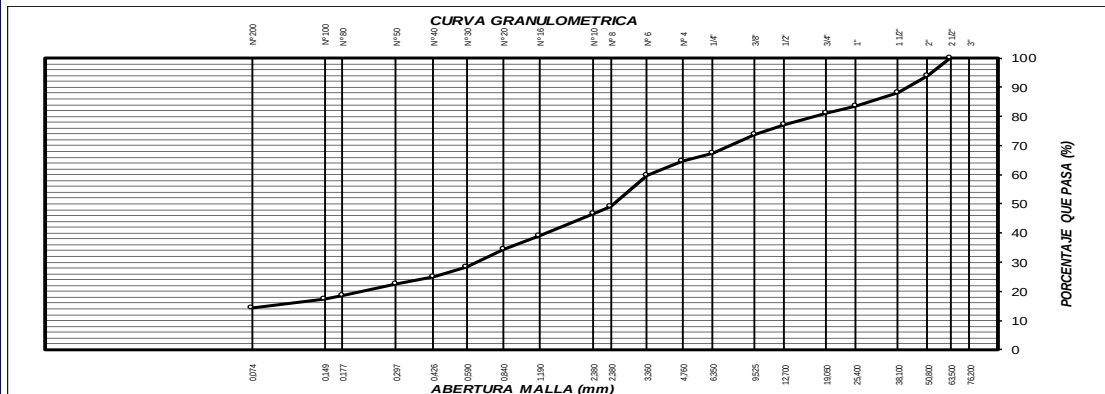


ANALISIS GRANULOMETRICO
ASTM D 421 MTC E 107

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL: EMP. PE-5N A (OXAPAMPA) - SANTO DOMINGO - CHONTABAMBA, CON ACCESO A PUSAPNO - PTE. LORETO - YAUPÍ - PTE. MILAGRO, PROVINCIAS DE PASCO Y OXAPAMPA, PASCO
SOLICITA : Ing. Welser BASURTO PORTA
UBICACIÓN : PROVINCIAS DE PASCO Y OXAPAMPA - DEPARTAMENTO DE PASCO
CALICATA : PROG. 15+000
FECHA: 8/07/2015
TECNICO DAVID RAMOS PIÑAS

Pag. 1 de 1

MILLAS SERIE AMERICANA	ANALISIS GRANULOMETRICO				DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
	ABERTURA (mm)	Pesos Retenidos	RET (%)	PASA (%)		
3"	76.200	0.00	0.00		Boloneria > 3" :	0.0
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	100	Grava 3" - N° 4 :	35.41
2"	50.800	308.21	6.00	94	Arena N°4 - N° 200 :	50.3
1 1/2"	38.100	172.03	5.90	88.10	Finos < N° 200 :	14.3
1"	25.400	128.09	4.39	83.71	Fraccion (SUMA N°8-N°200)	245.3
3/4"	19.050	76.31	2.62	81.09		
1/2"	12.700	96.11	3.82	77.27		
3/8"	9.525	90.15	3.59	73.68		
1/4"	6.350	180.42	6.39	67.29		
N° 4	4.760	76.08	2.70	64.59		
N° 6	3.360	25.55	4.93	59.66		
N° 8	2.380	55.55	10.72	48.93		
N° 10	2.000	11.12	2.15	46.79		
N° 16	1.190	40.52	7.82	38.97		
N° 20	0.840	23.38	4.51	34.45		
N° 30	0.590	31.09	6.00	28.45		
N° 40	0.426	17.94	3.46	24.99		
N° 50	0.297	12.31	2.38	22.61		
N° 80	0.177	20.87	4.03	18.58		
N° 100	0.149	6.93	1.34	17.25		
N° 200	0.074	15.19	2.93	14.31		
-200		74.15	14.31	-		
Peso Inicial: 1462.00						
					DATOS DE LIMITES DE ATTERBERG	
					LIMITE LIQUIDO	25.23
					LIMITE PLASTICO	16.27
					INDICE PLASTICIDAD	8.96
					CLASIFICACION	
					SUCS	AASHTO
					SC	A-2-4 (0)
					CALICATA	
					PROG. 15+000	ESTRATO
					PROFUNDIDAD (m)	Unico
						1.50



Comentario :

FIRMAS AUTORIZADAS

David Ramos Piñas



**LABORATORIO DE
SUELOS, CONCRETOS Y
ASFALTOS**
MULTIPROYECTOS
FULL CALIDAD E.I.R.L.

Jr. Huascar N° 230 - El Tambo
Telef. Cel. N° 954461847 y Cel. 964914490

" CALIDAD Y CONFIANZA
EN EL CONTROL DE SUS
MATERIALES."



ANALISIS GRANULOMETRICO

ASTM D 421

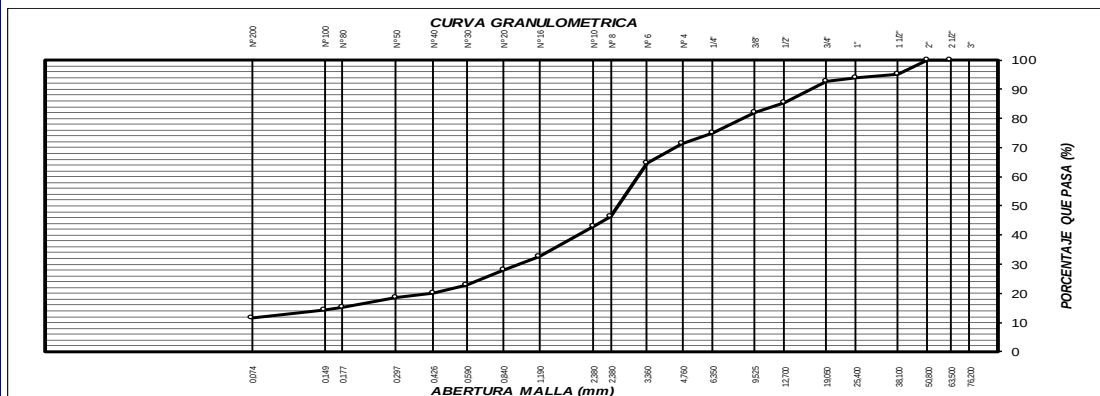
MTC E 107

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL: EMP. PE-5N A (OXAPAMPA) - SANTO DOMINGO - CHONTABAMBA, CON ACCESO A PUSAPNO - PTE. LORETO - YAUPÍ - PTE. MILAGRO, PROVINCIAS DE PASCO Y OXAPAMPA, PASCO
SOLICITA : Ing. Welser BASURTO PORTA
UBICACIÓN : PROVINCIAS DE PASCO Y OXAPAMPA - DEPARTAMENTO DE PASCO
CALICATA : PROG. 16+000
FECHA: 8/07/2015
TECNICO DAVID RAMOS PIÑAS

Pag. 1 de 1

MILLAS SERIE AMERICANA	ANALISIS GRANULOMETRICO				DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
	ABERTURA (mm)	Pesos Retenidos	RET (%)	PASA (%)		
3"	76.200	0.00			Boloneria > 3" :	0.0
2 1/2"	63.500	0.00		100	Grava 3" - N° 4 :	28.72
2"	50.800	0.00	0.00	100	Arena N°4 - N° 200 :	59.9
1 1/2"	38.100	238.15	4.76	95.24	Finos < N° 200 :	11.4
1"	25.400	62.31	1.24	94.00	Fraccion (SUMA N°8-N°200)	277.6
3/4"	19.050	60.04	1.20	92.80		
1/2"	12.700	232.14	7.44	85.36		
3/8"	9.525	100.02	3.21	82.15		
1/4"	6.350	286.23	7.22	74.93		
N° 4	4.760	144.65	3.65	71.28		
N° 6	3.360	31.59	6.50	64.78		
N° 8	2.380	90.38	18.59	46.19		
N° 10	2.000	15.29	3.15	43.04		
N° 16	1.190	50.52	10.39	32.65		
N° 20	0.840	21.75	4.47	28.17		
N° 30	0.590	25.21	5.19	22.99		
N° 40	0.426	14.17	2.92	20.07		
N° 50	0.297	7.84	1.61	18.46		
N° 80	0.177	16.22	3.34	15.12		
N° 100	0.149	4.62	0.95	14.17		
N° 200	0.074	13.32	2.74	11.43		
-200		55.55	11.43	-		
					DATOS DE LIMITES DE ATTERBERG	
					LIMITE LIQUIDO	17.71
					LIMITE PLASTICO	13.09
					INDICE PLASTICIDAD	4.62
					CLASIFICACION	
					SUCS	AASHTO
					SP-SC	A-1-a (0)
					CALICATA	
					PROG. 16+000	ESTRATO
					PROFUNDIDAD (m)	Unico
						1.50

Peso Inicial: **1470.00**



Comentario :

FIRMAS AUTORIZADAS

David Ramos Piñas



**LABORATORIO DE
SUELOS, CONCRETOS Y
ASFALTOS**
MULTIPROYECTOS
FULL CALIDAD E.I.R.L.

Jr. Huascar N° 230 - El Tambo
Telef. Cel. N° 954461847 y Cel. 964914490

" CALIDAD Y CONFIANZA
EN EL CONTROL DE SUS
MATERIALES."



ANALISIS GRANULOMETRICO

ASTM D 421

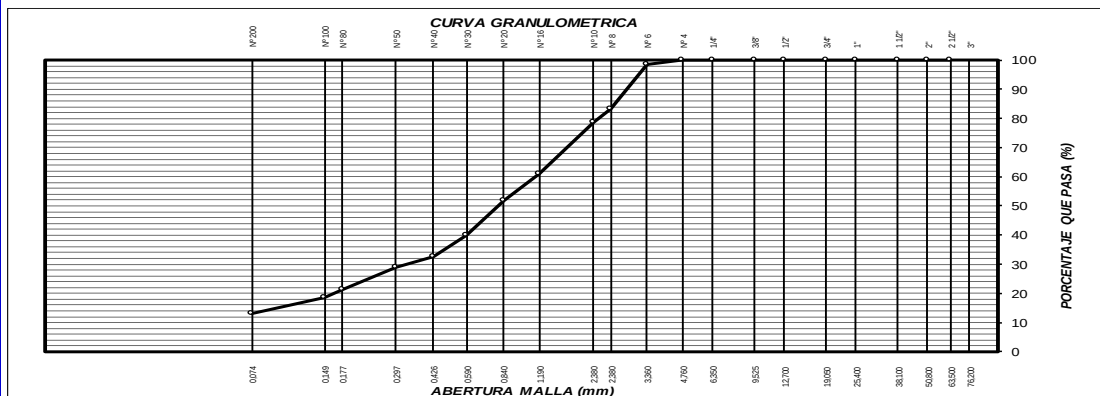
MTC E 107

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL: EMP. PE-5N A (OXAPAMPA) - SANTO DOMINGO - CHONTABAMBA, CON ACCESO A PUSAPNO - PTE. LORETO - YAUPÍ - PTE. MILAGRO, PROVINCIAS DE PASCO Y OXAPAMPA, PASCO
SOLICITA : Ing. Welser BASURTO PORTA
UBICACIÓN : PROVINCIAS DE PASCO Y OXAPAMPA - DEPARTAMENTO DE PASCO
CALICATA : PROG. 17+000
FECHA: 8/07/2015
TECNICO DAVID RAMOS PIÑAS

Pag. 1 de 1

MILLAS SERIE AMERICANA	ANALISIS GRANULOMETRICO				DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
	ABERTURA (mm)	Pesos Retenidos	RET (%)	PASA (%)		
3"	76.200	0.00			Boloneria > 3" :	0.0
2 1/2"	63.500	0.00		100	Grava 3" - N° 4 :	0.00
2"	50.800	0.00	0.00	100	Arena N°4 - N° 200 :	86.8
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	100.00	Finos < N° 200 :	13.2
1"	25.400	0.00	0.00	100.00	Fraccion (SUMA N°8:N°200)	260.3
3/4"	19.050	0.00	0.00	100.00		
1/2"	12.700	0.00	0.00	100.00		
3/8"	9.525	0.00	0.00	100.00		
1/4"	6.350	0.00	0.00	100.00		
N° 4	4.760	0.00	0.00	100.00		
N° 6	3.360	5.18	1.62	98.38	DATOS DE LIMITES DE ATTERBERG	
N° 8	2.380	48.65	15.20	83.18	LIMITE LIQUIDO	24.10
N° 10	2.000	14.33	4.48	78.70	LIMITE PLASTICO	19.79
N° 16	1.190	57.04	17.83	60.88	INDICE PLASTICIDAD	4.31
N° 20	0.840	29.13	9.10	51.77		
N° 30	0.590	37.52	11.73	40.05	CLASIFICACION	
N° 40	0.426	23.49	7.34	32.71	SUCS	AASHTO
N° 50	0.297	12.29	3.84	28.87	SM-SC	A-1-b (0)
N° 80	0.177	24.34	7.61	21.26		
N° 100	0.149	8.30	2.59	18.67	CALICATA	
N° 200	0.074	17.61	5.50	13.16	PROG. 17+000	ESTRATO
-200		42.12	13.16	-	PROFUNDIDAD (m)	Unico
						1.50

Peso Inicial: **320.00**



Comentario :

FIRMAS AUTORIZADAS

David Ramos Piñas



**LABORATORIO DE
SUELOS, CONCRETOS Y
ASFALTOS**
MULTIPROYECTOS
FULL CALIDAD E.I.R.L.

Jr. Huascar N° 230 - El Tambo
Telef. Cel. N° 954461847 y Cel. 964914490

" CALIDAD Y CONFIANZA
EN EL CONTROL DE SUS
MATERIALES."



ANALISIS GRANULOMETRICO

ASTM D 421

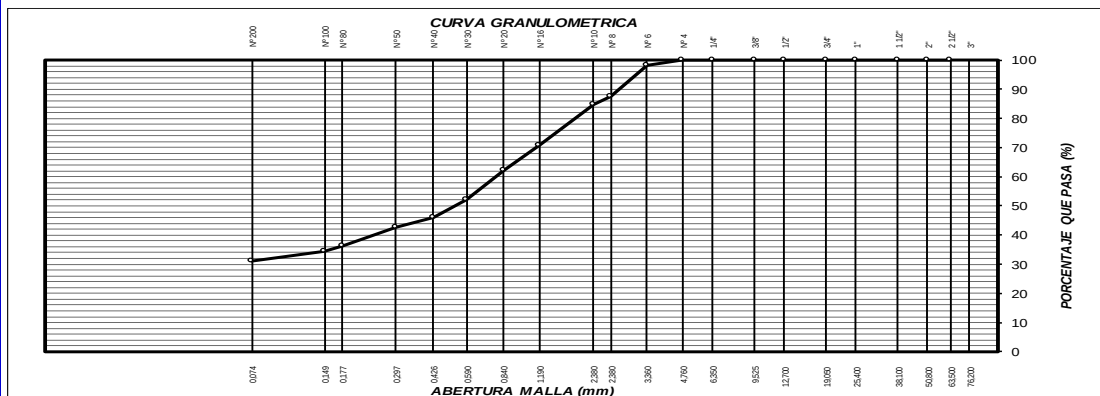
MTC E 107

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL: EMP. PE-5N A (OXAPAMPA) - SANTO DOMINGO - CHONTABAMBA, CON ACCESO A PUSAPNO - PTE. LORETO - YAUPÍ - PTE. MILAGRO, PROVINCIAS DE PASCO Y OXAPAMPA, PASCO
SOLICITA : Ing. Welser BASURTO PORTA
UBICACIÓN : PROVINCIAS DE PASCO Y OXAPAMPA - DEPARTAMENTO DE PASCO
CALICATA : PROG. 18+000
FECHA: 8/07/2015
TECNICO DAVID RAMOS PIÑAS

Pag. 1 de 1

MILLAS SERIE AMERICANA	ANALISIS GRANULOMETRICO				DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
	ABERTURA (mm)	Pesos Retenidos	RET (%)	PASA (%)		
3"	76.200	0.00			Boloneria > 3" :	0.0
2 1/2"	63.500	0.00		100	Grava 3" - N° 4 :	0.0
2"	50.800	0.00	0.00	100	Arena N°4 - N° 200 :	68.8
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	100.00	Finos < N° 200 :	31.2
1"	25.400	0.00	0.00	100.00	Fraccion (SUMA N°8-N°200)	173.2
3/4"	19.050	0.00	0.00	100.00		
1/2"	12.700	0.00	0.00	100.00		
3/8"	9.525	0.00	0.00	100.00		
1/4"	6.350	0.00	0.00	100.00		
N° 4	4.760	0.00	0.00	100.00		
N° 6	3.360	4.96	1.88	98.12	DATOS DE LIMITES DE ATTERBERG	
N° 8	2.380	28.16	10.67	87.45	LIMITE LIQUIDO	47.82
N° 10	2.000	7.13	2.70	84.75	LIMITE PLASTICO	36.21
N° 16	1.190	37.01	14.02	70.73	INDICE PLASTICIDAD	11.61
N° 20	0.840	22.27	8.44	62.30		
N° 30	0.590	26.93	10.20	52.10	CLASIFICACION	
N° 40	0.426	16.36	6.20	45.90	SUCS	AASHTO
N° 50	0.297	8.60	3.26	42.64	SM	A-2-7 (0)
N° 80	0.177	16.59	6.28	36.36		
N° 100	0.149	5.23	1.98	34.38	CALICATA	ESTRATO
N° 200	0.074	8.45	3.20	31.18	8/07/2015	Unico
-200		82.31	31.18	-	PROFUNDIDAD (m)	1.50

Peso Inicial: **264.00**



Comentario :

FIRMAS AUTORIZADAS

David Ramos Piñas



**LABORATORIO DE
SUELOS, CONCRETOS Y
ASFALTOS**
MULTIPROYECTOS
FULL CALIDAD E.I.R.L.

Jr. Huascar N° 230 - El Tambo
Telef. Cel. N° 954461847 y Cel. 964914490

" CALIDAD Y CONFIANZA
EN EL CONTROL DE SUS
MATERIALES."



ANALISIS GRANULOMETRICO

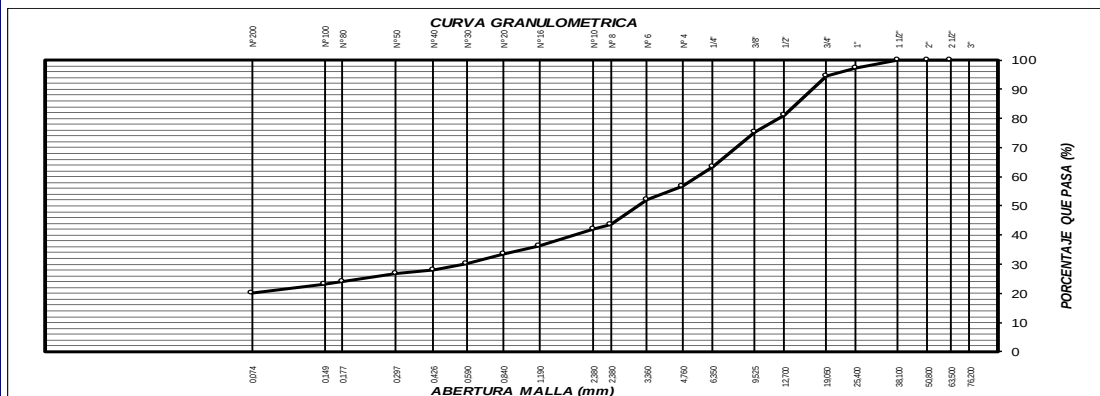
ASTM D 421

MTC E 107

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL: EMP. PE-5N A (OXAPAMPA) - SANTO DOMINGO - CHONTABAMBA, CON ACCESO A PUSAPNO - PTE. LORETO - YAUPÍ - PTE. MILAGRO, PROVINCIAS DE PASCO Y OXAPAMPA, PASCO
SOLICITA : Ing. Welser BASURTO PORTA
UBICACIÓN : PROVINCIAS DE PASCO Y OXAPAMPA - DEPARTAMENTO DE PASCO
CALICATA : PROG. 19+000
FECHA: 8/07/2015
TECNICO DAVID RAMOS PIÑAS

Pag. 1 de 1

MILLAS SERIE AMERICANA	ANALISIS GRANULOMETRICO				DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
	ABERTURA (mm)	Pesos Retenidos	RET (%)	PASA (%)		
3"	76.200	0.00			Boloneria > 3" :	0.0
2 1/2"	63.500	0.00		100	Grava 3" - N° 4 :	43.4
2"	50.800	0.00	0.00	100	Arena N°4 - N° 200 :	36.4
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	100.00	Finos < N° 200 :	20.2
1"	25.400	62.12	2.84	97.16	Fraccion (SUMA N°8-N°200)	221.1
3/4"	19.050	56.23	2.57	94.59		
1/2"	12.700	244.15	13.57	81.02		
3/8"	9.525	104.09	5.78	75.24		
1/4"	6.350	250.54	11.72	63.52		
N° 4	4.760	148.07	6.93	56.59		
N° 6	3.360	28.86	4.38	52.21		
N° 8	2.380	56.03	8.51	43.70		
N° 10	2.000	10.11	1.53	42.17		
N° 16	1.190	38.47	5.84	36.33		
N° 20	0.840	17.89	2.72	33.61		
N° 30	0.590	22.89	3.47	30.14		
N° 40	0.426	13.47	2.04	28.09		
N° 50	0.297	8.13	1.23	26.86		
N° 80	0.177	18.48	2.81	24.06		
N° 100	0.149	6.74	1.02	23.03		
N° 200	0.074	18.75	2.85	20.19		
-200		132.98	20.19	-		
Peso Inicial: 1238.00						
					DATOS DE LIMITES DE ATTERBERG	
					LIMITE LIQUIDO	30.49
					LIMITE PLASTICO	22.83
					INDICE PLASTICIDAD	7.66
					CLASIFICACION	
					SUCS	AASHTO
					GC	A-2-4 (0)
					CALICATA	
					PROG. 19+000	ESTRATO
					PROFUNDIDAD (m)	Unico
						1.50



Comentario :

FIRMAS AUTORIZADAS

David Ramos Piñas



Multiproyectos
FULL CALIDAD E.I.R.L.

**LABORATORIO DE
SUELOS, CONCRETOS Y
ASFALTOS**

MULTIPROYECTOS
FULL CALIDAD E.I.R.L.

Jr. Huascar N° 230 - El Tambo
Telef. Cel. N° 954461847 y Cel. 964914490

**" CALIDAD Y CONFIANZA
EN EL CONTROL DE SUS
MATERIALES."**



ANALISIS GRANULOMETRICO

ASTM D 421 MTC E 107

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL: EMP. PE-5N A (OXAPAMPA) - SANTO DOMINGO - CHONTABAMBA, CON ACCESO A PUSAPNO - PTE. LORETO - YAUPÍ - PTE. MILAGRO, PROVINCIAS DE PASCO Y OXAPAMPA, PASCO

SOLICITA : Ing. Welser BASURTO PORTA

UBICACIÓN : PROVINCIAS DE PASCO Y OXAPAMPA - DEPARTAMENTO DE PASCO

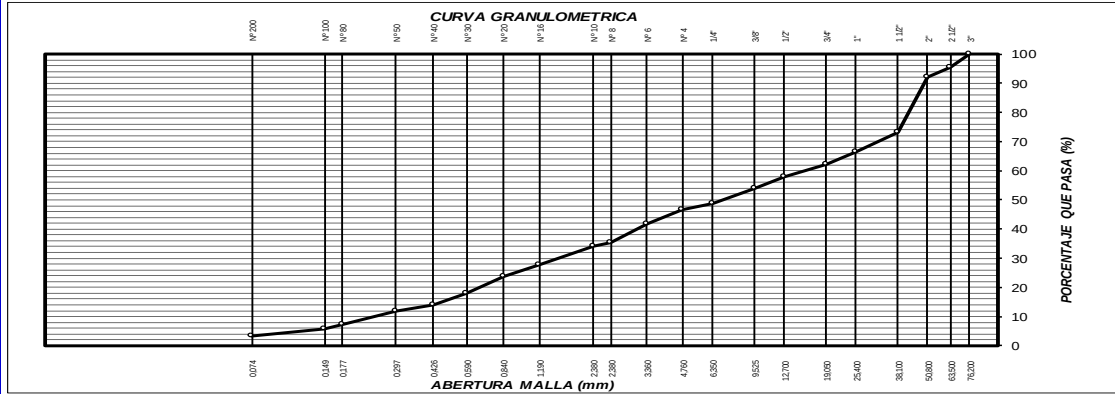
CALICATA : PROG. 20+000

FECHA: 8/07/2015

TECNICO DAVID RAMOS PIÑAS

Pag. 1 de 1

MILLAS SERIE AMERICANA	ANALISIS GRANULOMETRICO				DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
	ABERTURA (mm)	Pesos Retenidos	RET (%)	PASA (%)		
3"	76.200	0.00		100	Boloneria > 3" :	0.0
2 1/2"	63.500	315.21	4.44	95.563	Grava 3" - Nº 4 :	49.1
2"	50.800	253.14	3.56	92	Arena Nº4 - Nº 200 :	43.1
1 1/2"	38.100	360.02	18.72	73.28	Finos < Nº 200 :	3.4
1"	25.400	128.06	6.66	66.62	Fraccion (SUMA N°8:N°200)	225.1
3/4"	19.050	84.17	4.38	62.24		
1/2"	12.700	60.13	4.22	58.02		
3/8"	9.525	58.26	4.09	53.93		
1/4"	6.350	96.08	5.16	48.77		
Nº 4	4.760	42.54	2.28	46.49		
Nº 6	3.360	26.51	4.81	41.68		
Nº 8	2.380	34.24	6.21	35.47		
Nº 10	2.000	8.25	1.50	33.98		
Nº 16	1.190	34.22	6.20	27.77		
Nº 20	0.840	22.44	4.07	23.70		
Nº 30	0.590	32.24	5.85	17.86		
Nº 40	0.426	21.34	3.87	13.99		
Nº 50	0.297	12.38	2.24	11.74		
Nº 80	0.177	24.86	4.51	7.24		
Nº 100	0.149	8.62	1.56	5.67		
Nº 200	0.074	12.56	2.28	3.40		
-200		18.73	3.40	-		
Peso Inicial: 1654.00						



Comentario :

FIRMAS AUTORIZADAS

David Ramos Piñas