

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



T E S I S

**Evaluación geotécnica para el mejoramiento de suelos de la
carretera Oyón – Ambo del tramo II en las divisorias Cerro de
Pasco - Chacayán, 2023**

**Para optar el título profesional de:
Ingeniero Geólogo**

Autor:

Bach. Henry Anderson MENDOZA ESPINOZA

Asesor:

Dr. José Fermín HINOJOSA DE LA SOTA

Cerro de Pasco – Perú – 2025

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



T E S I S

**Evaluación geotécnica para el mejoramiento de suelos de la
carretera Oyón – Ambo del tramo II en las divisorias Cerro de
Pasco - Chacayán, 2023**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Julio Alejandro MARCELO AMES
PRESIDENTE

Mg. Javier LOPEZ ALVARADO
MIEMBRO

Mg. Eder Guido ROBLES MORALES
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión

Facultad de Ingeniería

Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 286-2025-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 para el mejoramiento de suelos de la carretera Oyón –

Ambo del tramo II en las divisorias Cerro de Pasco - Chacayán, 2023”

Apellidos y nombres del tesista

Bach. Henry Anderson MENDOZA ESPINOZA

Apellidos y nombres del Asesor:

Dr. José Fermín HINOJOSA DE LA SOTA

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería Geológica

Índice de Similitud

17 %

APROBADO

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

Cerro de Pasco, 12 de junio del 2025



Firmado digitalmente por PALOMINO
ISIDRO Ruben Edgar FAU
20154605046 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 12.06.2025 19:01:24 -05:00

DEDICATORIA

A mis distinguidos y queridos padres Don Miguel Ángel Mendoza Matos y Doña Hermelinda Espinoza Sanchez, quienes con mucho esmero, constancia y entereza me brindaron su apoyo incondicional a mi incesante proceso profesional y personal.

AGRADECIMIENTO

Del mismo modo, expreso mi gratitud a todas las personas que participaron y promovieron con el desarrollo de mi investigación; docentes, compañeros de trabajo que, con sus comentarios de mejora, sugerencias, debate, revisión, proporciono el presente tema de investigación; así mismo hago extensivo de una manera muy excepcional a mi asesor el ingeniero José Hinojosa De La Sota por el asesoramiento en la concreción de este significativo proyecto.

RESUMEN

El presente estudio se realizó entre las progresivas km. 200+480 al km. 204+830, ubicado en la provincia Daniel Alcides Carrión, Región Pasco. Los objetivos de la investigación, están encaminados a desarrollar la evaluación geotécnica para el mejoramiento de suelos de la carretera Oyón – Ambo del tramo II en las divisorias Cerro de Pasco - Chacayán, entre las progresivas km. 200+480 al km. 204+830, considerando las características geológicas, físico-mecánicas y las características de la cantera. La metodología consideró que la investigación es de tipo aplicada, con un diseño descriptivo no experimental y transversal, aplicando instrumentos como registro de excavaciones, mapas geotécnicos, tablas de ensayos de suelos tablas de calicatas aplicada a datos geológicos y geotécnicos en la extensión de las progresivas desde el kilómetro 203+880 al kilómetro 204+100. Los resultados de la investigación determinan que el área de investigación yace sobre roca metamórfica esquistos del neo proterozoico del complejo Marañon y en estructuras estratigráficas del Cuaternario representado por depósitos coluviales, aluviales y terraza del río Chaupihuaranga. Asimismo, se encontró suelos en su mayoría arcillosos de mediana, gravas desintegradas sueltas o semisueltas medianamente húmedas y de acuerdo a los criterios “Suelo de potencial expansivo”, “Carga Admisible” y “Baja Capacidad de Soporte del Suelos: AASHTO 93”, se deduce que estos suelos deben de ser sustituidos o no debido dependiendo de sus propiedades físicas y mecánicas. Respecto al análisis de capacidad admisible para los muros a lo largo de todo el sector, se ha tomado en cuenta los parámetros físicos, mecánicos, dimensiones de la sub estructura, habiéndose determinado una capacidad admisible mínima de 1.1 kg/cm². Finalmente, se determinó que los depósitos cuaternarios están constituidos por arena arcillosa con grava, grava arcillosa con arena, grava pobremente gradada con limo y arena, y en menor proporción por arcilla arenosa de baja plasticidad (CL).

Palabras clave: calicata, ensayos, evaluación geotécnica, suelo, subrasante.

ABSTRACT

The present study was carried out between the progressive km. 200+480 per km. 204+830, located in the Daniel Alcides Carrión province, Pasco Region. Los objetivos de la investigación, están encaminados a desarrollar la evaluación geotécnica para el mejoramiento de suelos de la carretera Oyón – Ambo del tramo II en las divisorias Cerro de Pasco - Chacayán, entre las progresivas km. 200+480 al km. 204+830, considerando las características geológicas, físico-mecánicas y las características de la cantera. The methodology considered that the research is of an applied type, with a non-experimental and transversal descriptive design, applying instruments such as excavation records, geotechnical maps, soil test tables, pit tables applied to geological and geotechnical data in the extension of the progressives from kilometer 203+880 to kilometer 204+100. The results of the research determine that the research area lies on metamorphic schist rock from the Neo Proterozoic of the Marañon complex and on Quaternary stratigraphic structures represented by colluvial, alluvial deposits and terrace of the Chaupihuaranga River. Likewise, soils were found, mostly medium clay, loose or semi-loose disintegrated gravel, moderately moist and according to the criteria “Soil with expansive potential”, “Allowable Load” and “Low Soil Support Capacity: AASHTO 93”, It follows that these soils should be replaced or not depending on their physical and mechanical properties. Regarding the analysis of admissible capacity for the walls throughout the entire sector, the physical and mechanical parameters and dimensions of the substructure have been taken into account, having determined a minimum admissible capacity of 1.1 kg/cm². Finally, it was determined that the Quaternary deposits are made up of clayey sand with gravel, clayey gravel with sand, poorly graded gravel with silt and sand, and to a lesser extent by sandy clay of low plasticity (CL).

Keywords: test pit, tests, geotechnical evaluation, soil, subgrade

INTRODUCCIÓN

La zona de estudio está ubicada en la provincia Daniel Alcides Carrión, Región Pasco en las divisorias de Cerro de Pasco – Chacayán y comprenden las progresivas del km. 200+480 al km. 204+830. Geológicamente está enmarcado en la zona alto andina, los cuales muestran valles y cadenas montañosas.

La cartografía realizada a lo largo del trazo, determinó una lito estratigrafía en el sector inicial con afloramiento de rocas ígneas volcánicas de aglomerados y andesitas. En el sector medio predominan las rocas sedimentarias calizas y areniscas y en el sector final; rocas esquistos. Como cobertura de la masa rocosa se han evaluado depósito cuaternario recientes, depósitos morrénicos, aluviales, bofedales y fluvio aluviales.

El estudio busca evaluar los suelos desde un enfoque geotécnico, cuyo fin es definir áreas de suelos blandos y determinar las profundidades de mejoramiento de suelos mediante la técnica de calicateo.

La investigación tiene como objetivo evaluar geotécnicamente el área para realizar el mejoramiento de suelos de la carretera Oyón-Ambo en el tramo II, divisorias Cerro de Pasco – Chacayán, para ello se determinaron las características geológicas, físico – mecánicas de los suelos.

El desarrollo de la investigación se estructuró en 4 capítulos. En el Capítulo I, se muestra la identificación y determinación del problema, también los objetivos de la investigación y la justificación y limitaciones de la investigación. En el Capítulo II, se detalla el marco teórico, donde se indica los antecedentes de otras investigaciones referidas a nuestro tema de investigación y bases teóricas que describen las variables a analizar. En el Capítulo III, se define la metodología y técnicas de investigación. En el Capítulo IV, se describe los resultados y discusión donde se incluye la prueba de hipótesis. Finalizando con las conclusiones y recomendaciones.

ÍNDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	
ÍNDICE	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE TABLAS	

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

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	4
	1.4.1. Objetivo general	4
	1.4.2. Objetivos específicos	4
1.5.	Justificación de la investigación	4
1.6.	Limitaciones de la investigación	5

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes de estudio	7
2.2.	Bases teóricas – científicas	10
2.3.	Definición de términos básicos	15
2.4.	Formulación de hipótesis	17
	2.4.1. Hipótesis general	17
	2.4.2. Hipótesis específicas	17
2.5.	Identificación de variables	18
2.6.	Definición operacional de variables e indicadores	18

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1.	Tipo de investigación.....	19
3.2.	Nivel de investigación	19
3.3.	Métodos de investigación	19
3.4.	Diseño de investigación	20
3.5.	Población y muestra.....	20
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	20
3.7.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	21
3.8.	Tratamiento estadístico	21
3.9.	Orientación ética filosófica y epistémica.....	21

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Descripción del trabajo de campo.....	22
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados	23
4.3.	Prueba de hipótesis	121
4.4.	Discusión de resultados	123

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación y accesibilidad del proyecto	24
Figura 2 Plano de geología regional.....	33
Figura 3 Plano geológico local A	38
Figura 4 Plano geológico local B	38
Figura 5 Plano geotécnico local km 200+600-203+300	55
Figura 6 Plano geotécnico local km 203+300-205+900	56
Figura 7 Plano de geodinámica externa km 203+200-km 205+900	57
Figura 8 Plano de geodinámica externa km 200+600-km 203+300	58
Figura 9 Plano de sectores inestables	64
Figura 10 Medidas de solución de sectores inestables	70
Figura 11 Lado Izquierdo de la vía	79
Figura 12 Lado derecho de la vía	79
Figura 13 Lado izquierdo de la vía.....	80
Figura 14 Esquema de esfuerzos inducidos por un camión tipo C3	89
Figura 15 Esfuerzos inducidos por un camión tipo C3	89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables	18
Tabla 2 Resultados de ensayos de las muestras realizados en el Trazo Principal (PL)	72
Tabla 3 Resultados de ensayos de las muestras auxiliares realizados en el Trazo Principal (AU).....	73
Tabla 4 Ensayos de las muestras obtenidas para Mejoramiento, en el Trazo Principal (MJ)	73
Tabla 5 Sectores de rocas identificados en el Trazo Principal	74
Tabla 6 % de CBR en función a la subrasante para zona de mejoramiento	74
Tabla 7 Sectores de mejoramiento identificados (Solución convencional).....	75
Tabla 8 Resultados de ensayos en muestras obtenidas en los sectores de Mejoramiento	75
Tabla 9 Profundidades de mejoramiento	76
Tabla 10 Ensayo y pruebas realizados.....	77
Tabla 11 Evaluación de reflectometría.....	78
Tabla 12 Lado izquierdo.....	80
Tabla 13 Lado derecho	80
Tabla 14 Resultados de ensayos de muestras realizadas km 203+910.....	81
Tabla 15 Resultados de ensayos de muestras realizadas km 204+030.....	81
Tabla 16 Resultados de ensayos de muestras realizadas km 204+030.....	82
Tabla 17 Índice de liquidez	83
Tabla 18 Índice de consistencia.....	84
Tabla 19 Índice de compresibilidad.....	86
Tabla 20 Potencial de expansión	87

Tabla 21 Guía para la consistencia de suelos de grano fino	88
Tabla 22 Resultados de ensayos en muestras obtenidas de las calicatas	93
Tabla 23 Suelos con potencial expansivo - Lado Izquierdo	93
Tabla 24 Suelos con potencial expansivo - Lado Derecho.....	94
Tabla 25 Carga Admisible – Lado Izquierdo	94
Tabla 26 Carga Admisible – Lado Derecho	94
Tabla 27 Criterio. Baja de Capacidad de Soporte (AASHTO 93) – Lado Izquierdo	94
Tabla 28 Criterio. Baja de Capacidad de Soporte (AASHTO 93) – Lado Derecho	94
Tabla 29 Resumen de Sectores de Mejoramiento y sus respectivas profundidades- Lado Izquierdo.....	95
Tabla 30 Resumen de Sectores de Mejoramiento y sus respectivas profundidades - Lado Derecho.....	95
Tabla 31 Sectorización final de mejoramientos	96
Tabla 32 Distribución porcentual integral de los materiales de cantera.....	100
Tabla 33 Distribución porcentual de agregados	101
Tabla 34 Resultados de ensayos de laboratorio, cantera Huachus	102
Tabla 35 Eficiencia y disponibilidad de la cantera.....	104
Tabla 36 Eficiencia y disponibilidad de la cantera.....	104
Tabla 37 Usos y rendimientos de la cantera	105
Tabla 38 Resultados de ensayos de laboratorio, cantera Juanita - Macizo Rocoso.....	108
Tabla 39 Eficiencia y disponibilidad de la cantera.....	112
Tabla 40 Procesamiento y rendimiento de los fragmentos rocosos.....	113
Tabla 41 Usos y rendimientos de la cantera	119

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

A nivel mundial las vías terrestres son primordiales, porque generan beneficios económicos y sociales permitiendo solucionar las necesidades básicas de trabajo, educación, salud entre otras actividades y como consecuencia mejorar la calidad de vida de sus habitantes; pero esto va depender que las vías terrestres se encuentren en buenas condiciones y para lo cual es necesario que se posea un plan de conservación, también contar con presupuesto y si esto no se verifica, las vías sufrirán deterioro de diferentes índoles, entre ellos por acción climatológica, de intemperismo o ser susceptibles a riesgos geológicos.

Actualmente, en el Perú se viene ejecutando la carretera interoceánica central para comunicarse con Brasil, el cual comunicará a su paso varias regiones como Lima, Pasco, Huánuco y Ucayali. En la interoceánica se encuentra el tramo Oyón-Ambo, que corresponde específicamente al Tramo II de las divisorias Cerro de Pasco a divisoria Chacayán. El tramo presenta características muy variadas tanto en su topografía y su geología y en ciertos tramos es muy importante realizar

estudios geológico y geotécnico para mejorar las características del suelo de las carreteras, ya que posteriormente se realizarán el pavimentado de dichas vías.

En las áreas de investigación mencionadas, cabe indicar que en anteriores estudios no han sido evaluadas, debido a que en este sector todavía no se habían ejecutado las explanaciones. Por tanto, la zona de investigación corresponde estrictamente a los kilómetros 200+48, 204+830; 203+88, 203+960 y 203+96, 204+10, que forman parte de la carretera Oyón-Ambo. A la fecha en dichas progresivas no se han identificado sectores críticos, sin embargo, por sus características físicos-mecánicas de los suelos afectan a las condiciones estructurales de la plataforma. Según Ugaz (2016), menciona que el mejoramiento de la subrasante es muy importante al momento de que se diseñan los pavimentos, por lo tanto, se debe tener en cuenta realizar las estabilizaciones del suelo, el cambio en la propiedad de capacidades de soportes, durabilidades, comprensibilidad, permeabilidades y estabilidades volumétricas a cortos y largos plazos.

La presente investigación, busca realizar la evaluación geotécnica de los suelos, con la finalidad de definir las zonas o sectores de suelos blandos a fin de determinar las profundidades de mejoramientos de suelos mediante calicatero y en función a los resultados obtenidos del análisis de los estratos encontrados y sus condiciones físico-mecánicas se usarán los criterios técnicos pertinentes a fin de determinar las profundidades de mejoramiento de suelos ya que la calidad un suelo de fundación interviene en la definición del trazo y los espesores de la estructura del pavimento, así como también los trabajos de mantenimiento que serán requeridos durante la vida útil del pavimento.

1.2. Delimitación de la investigación

1.2.1. Delimitación espacial

La investigación se encuentra en la Región de Pasco, provincia de Daniel Alcides Carrión, distrito de Chacayán y en límites geográficos con la provincia de Ambo de la región Huánuco, específicamente en el kilómetro 200 al kilómetro 204, teniendo como coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18S el siguiente detalle:

- Inicio de tramo II: E : 326297.057 N : 8
825939.045
- Final de tramo II: E : 343465.514 N : 8
848666.0039

1.2.2. Delimitación temporal

Los datos que se utilizaron en la presente investigación comprendieron los periodos de 2021 hasta setiembre del 2022, los cuales fueron obtenidas directamente en el lugar y que posteriormente fueron analizadas por un laboratorio de suelos especializado y acreditado.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cómo desarrollar una evaluación geotécnica para el mejoramiento de suelos de la carretera Oyón – Ambo del tramo II en las divisorias Cerro de Pasco - Chacayán, entre las progresivas Km. 200+480 al Km. 204+830, 2023?

1.3.2. Problemas específicos

- a) ¿Cuáles son las características geológicas de la carretera Oyón – Ambo del tramo II en las divisorias Cerro de Pasco - Chacayán, 2023, entre las progresivas Km. 200+480 al Km. 204+830, 2023?

- b) ¿Cuáles son las características físico-mecánicas de las muestras de suelos de la subrasante entre las progresivas Km. 200+480 al Km. 204+830, 2023?
- c) ¿Cuáles son las características de la cantera a ser utilizados como material de sub-base y base entre las progresivas Km. 200+480 al Km. 204+830, 2023.

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Desarrollar la evaluación geotécnica para el mejoramiento de suelos de la carretera Oyón – Ambo del Tramo II en las Divisorias Cerro de Pasco - Chacayán, entre las progresivas km. 200+480 al km. 204+830.

1.4.2. Objetivos específicos

- a) Determinar las características geológicas de la carretera Oyón – Ambo del tramo II en las divisorias Cerro de Pasco - Chacayán, 2023, entre las progresivas km. 200+480 al km. 204+830.
- b) Determinar las características físico-mecánicas de las muestras de suelos de la subrasante entre las progresivas km. 200+480 al km. 204+830.
- c) Determinar las características de la cantera a ser utilizados como material de sub-base y base entre las progresivas km. 200+480 al km. 204+830.

1.5. Justificación de la investigación

1.5.1. Justificación teórica

Se justifica la investigación, porque es un aporte donde se utilizó los procedimientos para una adecuada evaluación geotécnica de suelos, los cuales

permitieron mejorar las características de los suelos blandos y que posteriormente serán pavimentadas, ésta metodologías pueden ser replicadas en investigaciones similares.

Asimismo, una evaluación geotécnica adecuada contribuye al mejoramiento del suelo para la construcción de una carretera más duradera, minimizando los costos de mantenimiento y reparación a largo plazo y al identificar los materiales adecuados y la comprensión de las propiedades del suelo permiten una asignación eficiente de los recursos, reduciendo costos y evitando desperdicios.

1.5.2. Justificación social

El presente trabajo de investigación es conveniente porque beneficia directamente e indirectamente a los habitantes de la zona y su área de influencia; ya que la ejecución del proyecto que corresponde a la carretera Ambo-Oyón mejora la infraestructura vial, facilitando el transporte y el comercio, impulsando el desarrollo económico y social de las comunidades aledañas.

1.6. Limitaciones de la investigación

Toda investigación presenta sus propias limitaciones, en este caso el área se encuentra alejado de la ciudad capital y encontrar mano de obra especializada en la toma de muestras se hace difícil y para salir de esta limitante primero se tienen que capacitar a los trabajadores para que realicen un trabajo efectivo lo cual genera costos y mayor tiempo.

El tramo específico de la carretera Oyón – Ambo en las divisorias Cerro de Pasco - Chacayán presentan desafíos logísticos debido a su ubicación geográfica y topografía. La accesibilidad limitada restringe el transporte de

equipos y personal, lo que retrasa el cronograma de la investigación y limitar la cantidad de muestras que se pueden recolectar y analizar.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

2.1.1. Antecedentes internacionales

Cortés y Gutiérrez (2018) en el trabajo de investigación que realizaron “Evaluación Geotécnica del suelo de 1km de vía no pavimentada, exponiendo el comportamiento físico y mecánico del mismo en el Municipio de Melgar – Tolima” en Colombia. El objetivo principal fue evaluar geotécnicamente el comportamiento del suelo en 1Km de vía no pavimentada en el Municipio de Melgar – Tolima. Se realizó un estudio basado en comportamientos físicos y mecánicos presentados en la vía, considerando muestras de suelos extraídos de la vía la Cajita; estos se analizaron mediante laboratorios. Se realizaron tres (3) apiques con el fin de conocer las características y parámetros de la subrasante. Los soportes tomados en este kilómetro de vía fue cada 500 m. con medidas de 0.50 m x 0.50 m x 0.50 m de subrasante, ya que al realizar los apiques encontramos una capa de recebo de 0.20 m de espesor. Los resultados encontrados en los ensayos de laboratorio de granulometría muestran que según

los sistemas de clasificación de la AASHTO se tiene un suelo que pertenece al grupo A-1, sub grupo A-1-b, lo que quiere decir que contiene materiales con fragmentos de piedra, grava y arena, lo que equivale a un terreno de fundación entre excelente a bueno.

Acuña y García (2017) en la investigación denominada “Caracterización geológica-geotécnica del tramo I de la carretera Comején-Waslala” (Matagalpa-RACN)” en Nicaragua. El estudio tuvo como objetivo principal caracterizar las condiciones geológicas y geotécnicas de la carretera Nic.05 del tramo I: Comején-Waslala para su rehabilitación. La metodología empleada consistió en trabajo de campo, trabajo de gabinete. Se presentó los ensayos de laboratorio de 314 sondeos en los 31.30 km, donde los suelos presentan de manera general las características del tipo de grava areno-limosa. (profundidad 0.30m) clasificada por el método AASHTO M 145 de tipo A-2-6 y A-2-4, y a mayor profundidad hasta 1.50 m donde se encontró arcilla, arcilla arenosa y arcilla gravosa tipo A-7-6 y A-7-5 y arenas con arcillas y gravas con arcillas tipo A-6 y A-5.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Huamán (2019) realizó la investigación denominada “Estudio Geodinámico Geotécnico para el Mejoramiento y ampliación de la carretera San Marino-Vilcabamba en su primer tramo puente Chaullay-Oyara- distrito de Vilcabamba - La Convención-Cusco (0+000 A 27+360 Km)”. Tuvo como objetivo determinar cuál es la influencia de realizar el estudio geodinámico y geotécnico en el mejoramiento de la carretera San Marino-Vilcabamba. La investigación es un estudio descriptivo no experimental, donde se aplicaron estudios de ingeniería. Los resultados que se obtuvieron demuestran que los fenómenos geodinámicos que más afectan la plataforma vial son los

deslizamientos con 7.6%, derrumbes 0.9% y caída de bloques con 0.7% en talud superior, mientras que en talud inferior se tiene la erosión pluvial con 3.4% y la erosión fluvial con 1.3%, el sector más comprometido es desde puente Chaullay hasta los sectores de Mesacancha e Ipal. Asimismo, El CBR de diseño al 95 % de la MDS y el Modulo Resiliente (Mr) de diseño en (PSI) por sectores homogéneos de la subrasante en general son homogéneos, lo que califican como una subrasante de buena a extraordinaria.

Ochoa (2014) desarrolló la investigación titulado: “Estudio Geotécnico de Suelos para diseñar la estructura del Pavimento en la Carretera Ticaco - Candarave, Tramo Aricota – Quilahuani (km 146+500 – km 151+500)”. El objetivo general ha sido realizar el estudio geotécnico de suelos para diseñar la estructura del pavimento en la carretera Ticaco – Candarave, tramo Aricota– Quilahuani. La investigación desarrolló una metodología basada en trabajos de campos y ensayos de laboratorio que se utilizaron para caracterizar los suelos. Los resultados encontrados indican que el tramo de la carretera estudiada, se observa cuatro tipos de suelos en el suelo de fundación, distribuido de la siguiente manera: Suelos GP y SP desde el km 146+500 hasta el km 150+000. Suelos GW-GM y SP-SM desde el km 150+000 hasta el km 151+500. Existe una zona puntual como en la progresiva 146+500 donde el suelo está conformado por un suelo GC que tiene un IP=18% (suelo arcilloso), en este caso se debe eliminar el material inadecuado y colocar un material de reemplazo con CBR mayor a 10% e IP menor a 10%.

2.2. Bases teóricas – científicas

2.2.1. Estudios geotécnicos en carreteras

Según García (2007) enuncia que un estudio geotécnico vial debe contener todos los datos e interpretaciones relevantes para el diseño y la fase de construcción. Estas interpretaciones se elaboran en base a ensayos de campo y de laboratorio adecuados al tipo de proyecto para el que se solicita (construcciones mayores o menores), incluyendo recomendaciones en cimientos y taludes.

En este marco técnico se entiende inicialmente que la geotecnia es la parte del conocimiento de ciencias físicas que tiene por objeto estudiar la interrelación y comportamiento de los suelos, las rocas y de la combinación de ellos con el fin de diseñar obras de ingeniería en que ellos intervengan en forma segura y económica. Los estudios geotécnicos se basan inicialmente en el análisis e interpretación de la geología y los conocimientos teóricos de la geología, combinados con la práctica y la experiencia, tienen una importante aplicación para resolver problemas que se presentan en las grandes obras de ingeniería.

La interrelación en geotécnica se basa en la mecánica de suelos y la mecánica de rocas. La mecánica de suelos es la ciencia dedicada al estudio y comportamiento del suelo en relación con su aplicación en la Ingeniería Civil, es decir en el desarrollo constructivo. Es entendida como la aplicación de las leyes de la física al comportamiento mecánico de los suelos.

De acuerdo a González de Vallejo (2002) indica que la mecánica de rocas es la ciencia que se ocupa de estudiar el comportamiento de las masas de roca bajo la acción de las fuerzas producidas, ya sean por fenómenos natural eso como resultado de excavaciones o construcciones hechas por el hombre. Para lograr este fin se requiere determinar las propiedades mecánicas del macizo rocoso,

mediante ensayos de campo o de laboratorio, cuyos resultados cuantitativos son utilizados en fórmulas matemáticas, en modelos mecánicos a escala o en correlaciones empíricas que permitan evaluar las condiciones pertinentes en un problema específico.

2.2.2. Estudio geológico preliminar

Los estudios geológicos preliminares realizan la caracterización del macizo rocoso abarcando una extensión considerable de la zona de estudio (geología regional), estos estudios corresponden a todos aquellos trabajos de gabinete realizados mediante una recopilación, validación, análisis y proceso de información como; hojas geológicas a escala 1:100.000 o 1:50.000, estudios geológicos realizados en lugares aledaños a la zona de estudio y diferente bibliografía, obteniendo así como resultado final una descripción geológica del área de estudio que permita proporcionar datos para en la selección de rutas, por esta razón, es necesario contar con las rutas propuestas, considerando que estas deberán tener su correspondiente diseño geométrico preliminar (escala hasta 1:25.000), así como una sección transversal de la estructura de la vía, de esta manera también se obtendrá volúmenes referenciales tanto de movimientos de tierra como de otros materiales (bases, subbases, materiales de préstamo).

2.2.3. Estudio geotécnico

Caracterización de la subrasante

Se denomina subrasante a la explanada de suelo que servirá de soporte para las capas que conforman una carretera (Capas estructurales y capa de rodadura), así como también soportara las cargas debidas al tránsito, en condiciones climáticas determinadas. Por ello la suma importancia que requiere el estudio geotécnico de la subrasante a lo largo del proyecto vial, ya que de ello

dependerá un correcto diseño estructural de la carretera, y por ello un adecuado funcionamiento de la misma.

Exploración de la subrasante

Para la realizar prospecciones en campo se deberá realizar un programa de prospección geotécnica en la cual se plantea el tipo de sondeo requerido en la abscisa correspondiente, con el fin de determinar las propiedades físicas o mecánicas deseadas en cada caso específico.

Actividades in situ

Las actividades in situ para la exploración de la subrasante son todos los sondeos planteados en número y profundidad ya sea para la campana geotécnica primaria o complementaria, se destalla a continuación:

Tipos de sondeos.

Los sondeos dependiendo de las características que se desee determinar del material pueden ser.

Sondeos por métodos directos.

Son los más utilizados en carreteras y tienen como objetivo determinar las propiedades del suelo mediante observaciones in situ.

Sondeos superficiales (calicatas).

Este tipo de sondeos son requeridos en los casos en que la profundidad a la que se desea obtener una muestra es relativamente pequeña (hasta 2 metros, desde el nivel del proyecto) y se tiene suelos firmes o muy firmes. Con estas se obtiene muestras alteradas e inalteradas de suelo para su posterior caracterización en laboratorio, estas deben ser documentadas dejando constancia de los siguientes datos.

- Ubicación con sus respectivas coordenadas.

- Fecha de realización.
- Registro fotográfico.
- Descripción visual del suelo observado.
- Tipo de ensayo realizado in situ (si fuera el caso)

Sondeos profundos (perforaciones).

Este tipo de sondeos son requeridos en los casos en que; la profundidad requerida de prospección sea mayor que la alcanzada con una calicata, se requiera de reconocimiento del terreno bajo nivel freático, terrenos altamente deslizables, terrenos con pendientes demasiado empinadas, rellenos sanitarios con gases tóxicos o se requiera travesar capas de suelo muy resistentes o rocas. Dichos sondeos pueden ser a presión, percusión o rotación dependiendo de la dureza del material a penetrar. Además, este tipo de prospecciones tienen la ventaja de poder realizar una toma de muestras inalteradas a profundidades relativamente grandes.

La perforación y muestreo con tubo de pared delgada “shelby”, se lo realiza conforme a la normativa ASTM D 1587, esto en caso de suelos que puedan ser penetrados por el Tubo de pared delgada, es decir aquellos que no contengan grava, o partículas cementadas de gran tamaño. El muestreo en suelos donde el tubo de pared delgada no tenga alcance (Suelos duros) se utilizará el Muestreo de suelos mediante Tubo con camisa interior de anillos, cuyo procedimiento está descrito en la Normativa ASTM D 3550. En caso de requerirse obtener núcleos de roca o de suelos demasiado duros, se procede a realizar la Perforación con broca de Diamante para investigaciones en Sitio, el procedimiento está definido en la normativa ASTM D 2113.

Los muestreos deben ser documentadas dejando constancia de los siguientes datos:

- Ubicación con sus respectivas coordenadas.
- Datos que identifiquen el tipo de sondeo y equipo de perforación.
- Fecha de realización del sondeo.
- Registro fotográfico.
- Descripción visual del suelo observado.
- Datos de la ejecución del sondeo (velocidad de perforación, presión de perforación, etc.)

2.2.4. Estabilización de suelos en obras viales

Como se ha mencionado los suelos expansivos son un gran problema debido a su inestabilidad volumétrica, es por esta razón que se ha desarrollado métodos que ayuden a controlar y mejorar la estabilidad de los suelos que sirven como cimentación de la estructura vial (subrasante).

Existe una diversidad de tipo de estabilizaciones, entre las más difundidas están las siguientes.

Estabilización Mecánica.

Este tipo de estabilización consiste en procesos de compactación, que consiste aumentar la densidad del suelo y así mejorar las propiedades del suelo, entre las mejoras obtenidas por este tipo de mejoramiento están; Incremento de la densidad, reducción de la compresibilidad ante asentamientos, disminución de la relación de vacíos, disminución de la permeabilidad.

Estabilización Física.

Este tipo de estabilización consiste en mejorar el suelo con la adición de materiales que mejoran el comportamiento del suelo, pero no cambian la estructura química del suelo, entre los métodos existentes están: Granulometría y Geotextiles.

Estabilización Química.

Este método involucra la utilización de sustancias químicas que provoca el cambio de la constitución del suelo mejorado, entre los métodos utilizados son:

- Mejoramiento con cal.
- Mejoramiento con cemento Portland.
- Mejoramiento con asfalto.
- Mejoramiento con cloruro de sodio.
- Mejoramiento con cloruro de sodio.

Estabilización biológica.

Este tipo de método involucra la inclusión de material orgánico para mezclarlo en el suelo a estabilizar. Entre los métodos de estabilización biológica están:

- Estabilización con inclusión de bacterias.
- Estabilización con enzimas orgánicas.

2.2.5. Estudio de canteras

Una cantera, es un depósito natural de material apropiado para ser utilizado en la construcción, rehabilitación, mejoramiento y/o mantenimiento de las carreteras (MTC, 2018, p. 6). La cantera es definida como el lugar geográfico de donde se extraen o explotan agregados pétreos para la industria de la construcción. (Arangurí, 2015, p. 12)

2.3. Definición de términos básicos

- ***Subrasante:*** La subrasante hace referencia al terreno natural que se encuentra en el sitio, la cual no presenta ninguna modificación por medios mecánicos.
- ***Capacidad portante:*** Es la capacidad que tiene el terreno para soportar las cargas debido al transporte que circula por la vía.

- ***Calicata:*** Excavación superficial que se realiza en un terreno, con la finalidad de permitir la observación de los estratos del suelo a diferentes profundidades y eventualmente obtener muestras generalmente disturbadas.
- ***Cantera:*** Deposito natural de material apropiado para ser utilizado en la construcción, rehabilitación, mejoramiento y/o mantenimiento de las carreteras.
- ***Capacidad de carga del terreno:*** Es la resistencia admisible del suelo de cimentación considerando factores de seguridad apropiados al análisis que se efectúa.
- ***Capacidad de carga ultima del terreno:*** Es la presión requerida para producir la falla del terreno, sin considerar factores de seguridad.
- ***Carretera:*** Camino para el tránsito de vehículos motorizados, de por lo menos dos ejes, con características geométricas definidas de acuerdo a las normas técnicas vigentes en el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- ***CBR (California Bearing Ratio):*** Valor relativo de soporte de un suelo o material, que se mide por la penetración de una fuerza dentro de una masa de suelo.
- ***Compactación:*** Proceso manual o mecánico que tiende a reducir el volumen total de vacíos de suelos, mezclas bituminosas, morteros y concretos frescos de cemento Pórtland.
- ***Estudio de suelos:*** Documento técnico que engloba el conjunto de exploraciones e investigaciones de campo, ensayos de laboratorio y análisis de gabinete que tiene por objeto estudiar el comportamiento de los suelos y sus respuestas ante las sollicitaciones de carga.

- **Explicación:** Movimiento de tierra para obtener la plataforma de la carretera (calzada o superficie de rodadura, bermas y cunetas).
- **Límite líquido:** Contenido de agua del suelo entre el estado plástico y el líquido de un suelo.
- **Límite plástico:** Contenido de agua de un suelo entre el estado plástico y el semisólido.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

Desarrollando la evaluación geotécnica contribuye al mejoramiento de suelos de la carretera Oyón – Ambo del Tramo II en las Divisorias Cerro de Pasco - Chacayán, entre las progresivas Km. 200+480 al Km. 204+830.

2.4.2. Hipótesis específicas

- a) Si se determinan las características geológicas contribuyen al mejoramiento de la carretera Oyón – Ambo del Tramo II en las Divisorias Cerro de Pasco - Chacayán, entre las progresivas km. 200+480 al km. 204+830, 2023.
- b) Si se determinan las características físico-mecánicas del suelo de la subrasante contribuyen al mejoramiento de la carretera Oyón – Ambo del Tramo II en las Divisorias Cerro de Pasco - Chacayán, entre las progresivas km. 200+480 al km. 204+830, 2023.
- c) Si se determinan las características de la cantera a ser utilizados como material de sub-base y base contribuyen al mejoramiento de la carretera Oyón – Ambo del Tramo II en las Divisorias Cerro de Pasco - Chacayán, entre las progresivas km. 200+480 al km. 204+830.

2.5. Identificación de variables

Variable independiente:

Evaluación geotécnica

Variable dependiente:

Mejoramiento de suelos de la carretera

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Tabla 1 Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
Variable independiente: Evaluación geotécnica	Es la evaluación técnica que se realiza al suelo de un emplazamiento propuesto, teniendo en cuenta el tipo vía que se va a construir. Su objetivo es establecer y restringir los requisitos de construcción en dicho terreno.	Se inicia con el reconocimiento, mediante el cual se observa el terreno y se recogen las muestras, se elaboran los ensayos de campo y laboratorio en un laboratorio.	Características geológicas y geotécnicas	Límites de consistencia Carga admisible	Plano geológico Tabla de mejoramiento de suelos
Variable dependiente: Mejoramiento de suelos de la carretera	Es el estudio del comportamiento de los suelos y sus respuestas ante las solicitaciones de carga	Es la mejora del suelo mediante técnicas o procedimientos que garanticen el incremento de las propiedades físicas del suelo.	Caracterización de la subrasante	Deflexión de control. CBR	Perfil del suelo Registro Fotográfico Tabla de ensayos de muestras

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

La investigación utilizada de acuerdo al problema planteado es una investigación aplicada porque busca la aplicación de los conocimientos geotécnicos para solucionar problemas de presencia de suelos blandos los cuales serán mejoradas utilizando diferentes técnicas y luego serán utilizadas en la pavimentación de la carretera.

3.2. Nivel de investigación

La investigación pertenece al nivel exploratoria correlacional, porque está orientado a describir las características del objeto de estudio, sin centrarse en el porqué del fenómeno abordado.

3.3. Métodos de investigación

La investigación es un estudio analítico, pues se determinó la metodología para realizar el estudio geotécnico, utilizando datos de muestras tomadas de las calicatas a lo largo del tramo donde se mejorará la vía, y luego los parámetros obtenidos serán analizadas e interpretadas.

3.4. Diseño de investigación

El diseño de investigación que se empleó es descriptivo no experimental transversal, porque los sujetos no están establecidos aleatoriamente y no existirá manipulación deliberada de la variable y sólo se observará el fenómeno en su ambiente natural para después analizarlos y procesarlo, considerando el siguiente diseño:

$M_1 \longrightarrow O_1$

Donde:

M_1 = número muestras tomadas en que se realiza el estudio

O_1 = información obtenida para la modelación litológica

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

La población estará representada por la extensión lineal de los tramos de la carretera Oyón – Ambo del Tramo II en las Divisoria Cerro de Pasco – Chacayán, progresivas desde el kilómetro 180+000 al kilómetro 204+000.

3.5.2. Muestra

La muestra representa todos los datos geológicos y geotécnicos por toda la extensión de las progresivas desde el kilómetro 203+880 al kilómetro 204+100. En la toma de muestra se empleará el método no probabilístico.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para realizar las investigaciones geológicas se utilizó las siguientes técnicas:

- **Revisión documental**

Consiste en la búsqueda de información geológica del área de estudio

- **Observación de Campo**

Se tomó en cuenta los datos de campo y las observaciones directas en el campo.

- Técnica de muestreo
- Técnica de ensayos de campo
- Técnica de ensayos de laboratorio

Los instrumentos a utilizar serán:

- Guía de análisis documental
- Guía de observación
- Registro de excavaciones
- Tabla de ensayos de suelos

3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Para proceder a la recolección de datos inicialmente se solicitó el permiso respectivo del responsable del proyecto. Luego que se haya aceptado la petición se comenzó con la recolección de datos que consiste en ordenamiento y clasificación, registro y procesamiento computarizado con Excel.

3.8. Tratamiento estadístico

Para el tratamiento estadística se utilizó la estadística descriptiva, de la misma manera se usó fórmulas empíricas para determinar los parámetros que corresponden a las características de los suelos. También se usará Software Excel.

3.9. Orientación ética filosófica y epistémica

Para el desarrollo de la presente investigación se tuvo en cuenta el valor de la honestidad, el cual estará presente en todas las etapas de la evaluación geotécnica desde el trabajo de campo, los ensayos de laboratorio y análisis e interpretación.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

Los trabajos de campo, se iniciaron definiéndose las características geológicas locales y evaluando las características físico-mecánicas del tramo comprendido entre las km. 200+480 al km. 204+830. La caracterización geológica, tanto local como general de las diferentes formaciones geológicas identificadas consistió en la descripción geomorfológica, zonificación geológica, definición de zonas de deslizamientos, huaycos y aluviones sucedidos en el pasado y de potencial de ocurrencia en el futuro. También se consideró la identificación y caracterización de fallas geológicas. Se realizaron los planos en planta y secciones con las principales unidades geológicas y/o geomorfológicas evaluadas a lo largo del tramo en estudio.

La investigación geotécnica para la etapa del estudio definitivo, consistió en complementar las actividades de campo ejecutas en la etapa de factibilidad. Realizándose las siguientes investigaciones en campo: Excavación de calicatas, ensayos de penetración dinámica ligera (DPL), ensayos de densidad en campo

(método de balón) y toma de muestra de suelo y roca de las calicatas y estaciones geomecánicas, a lo largo del trazo de la vía proyectada para el Sector II Desvío Paseo - Desvío Chacayán, para fines de estabilidad de taludes y cimentaciones de las obras de arte proyectadas en dicho tramo.

Seguidamente, se caracterizaron geotécnicamente el terreno de fundación (suelos y/o rocas), determinando sus propiedades físicas y dinámicas, características de resistencia y deformación, mediante ensayos de campo y laboratorio y finalmente se determinaron la capacidad de carga admisible, por resistencia y por asentamiento en las obras de arte principales (badenes. muros, alcantarillas etc.).

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.2.1. Descripción de las características geológicas de la carretera Oyón – Ambo del tramo II

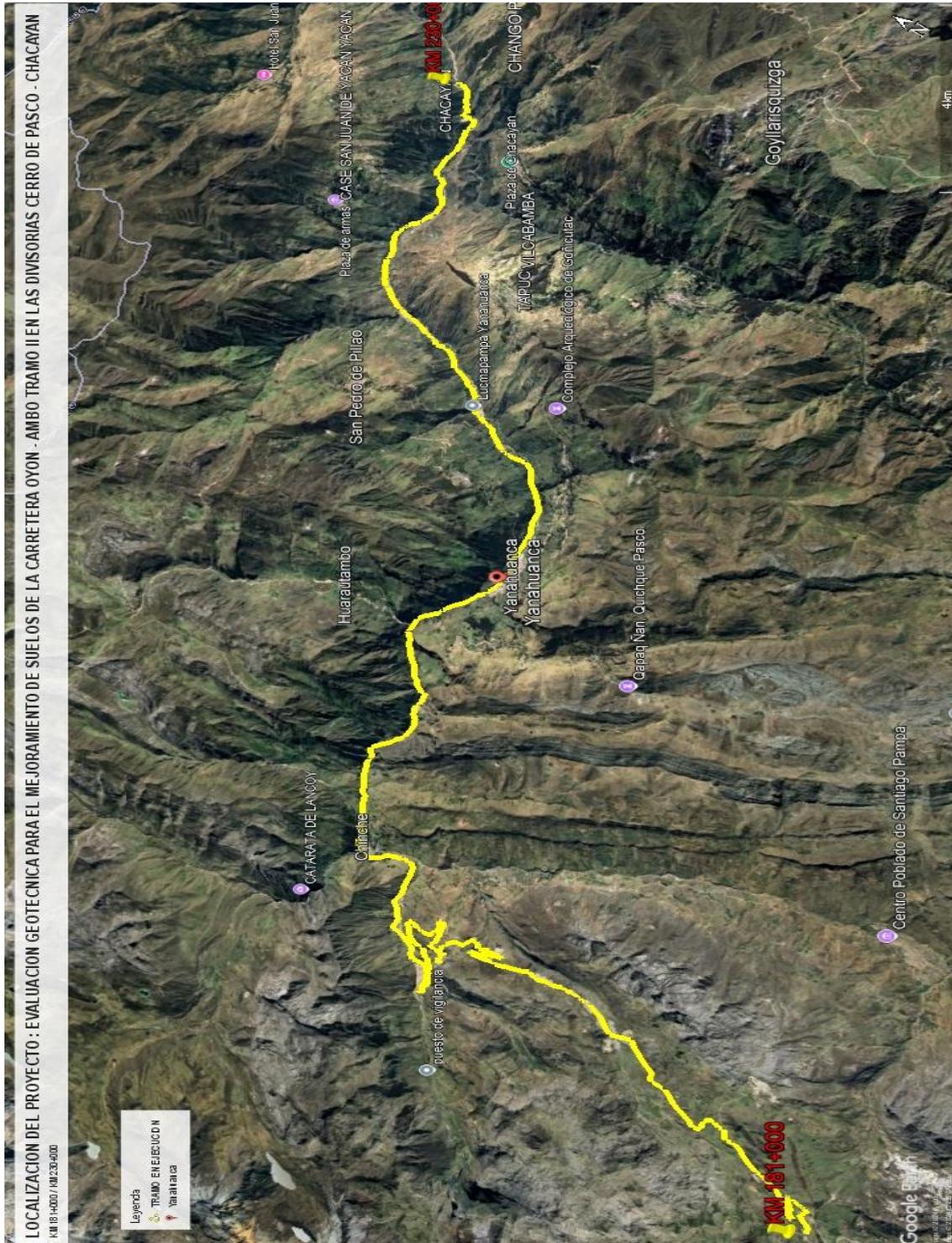
A. Ubicación y acceso

El Sector II de la carretera Oyón - Ambo está ubicado en la parte central del Perú e involucra la región Pasco, provincia de Daniel Alcides Carrión, cuya altitud promedio del tramo se encuentra aproximadamente a 2 580 m.s.n.m.

Para acceder al Sector II partiendo desde la ciudad de Lima, es por la autopista de la Panamericana Norte hasta el desvío río Seco, continuar hacia la derecha por la carretera a Sayán y luego a Churín. A partir de Churín se continúa por la pista asfaltada hasta Oyón. Luego se continua por la carretera afirmada hasta el desvío Chacayán, en el km 134+997.92 se inicia el Tramo I. y termina en el km 181+000 donde

se inicia el Sector II hasta el km 230+000 (Desvío Chacayán) fin del Sector II.

Figura 1 Ubicación y accesibilidad del proyecto



Nota. Elaboración propia

Geomorfología

Los rasgos de las unidades geomorfológicas mayores existentes a lo largo del trazo en estudio, contribuyeron en la identificación y evaluación geomorfológica en el Sector II, de la carretera desvío Cerro de Paseo - desvío Chacayán, los cuales presentan relieves topográficos que van de moderadamente accidentadas a accidentadas, propio de las zonas comprendidas en las regiones andinas del Perú, su desarrollo se debe a diferentes periodos tectónicos y plutónicos ocurridos en la región a través del tiempo, con influencia reciente de la actividad que engloba los agentes naturales en el modelado de los rasgos morfo estructurales de las zonas y cercanías al área de estudio, en el cual fue identificado tres unidades geomorfológicas:

- Etribaciones de la cordillera occidental
- Quebradas
- Valles

Por otra parte, el río Chaupihuaranga representa al colector principal en la región posee afluentes importantes que desembocan en su cauce, el referido río en la estación de invierno (noviembre - abril), presenta grandes avenidas, sin embargo, en la estación de verano (mayo -octubre), experimenta un estiaje importante.

A continuación, se describe las características de las unidades geomorfológicas mayores identificadas en el Sector II.

A. *Superficie Puna*

Unidad Geomorfológica estudiado por Mc Laughlin, D.H. (1924) consiste de una superficie pobremente desarrollada en la región, que no ha logrado ser peneplanizada por completo, la superficie se establece truncando los pliegues de la Tectónica Incaica que afecta a los estratos del mesozoico y tiene como base a los volcánicos del Calipuy (Aglomerado y andesita). reconocida en la parte inicial del trazo de la carretera (progresiva km 181+000 - km 184+120), con altitud que va entre 4,450 m.s.n.m. 4,320 m.s.n.m. en superficie su relieve topográfico es ondulada, de moderada altura y moderadamente accidentada, con laderas de baja a moderada pendiente, cubiertas por depósitos morrénicos de poco espesor y sobre afloramientos de rocas volcánicas (Aglomerado y andesita).

B. *Quebradas*

Unidad geomorfológica mayor, constituyen depresiones asentadas en las laderas de los cerros en mayor proporción, son de diferentes profundidades, fueron originados por erosión fluvial, de riachuelos que descienden de la zona superior de las estribaciones de la cordillera occidental de los Andes, fluyen por sus ejes en dirección de las laderas de los cerros, hasta su desembocadura en las partes laterales y fondo del cauce del río Chaupihuaranga. Su relieve es irregular y va de moderadamente accidentada a accidentada, con pendientes que van de 35° -85°, su fondo y ambas márgenes del río están cubiertos por

sedimentos aluviales transportados y depositados en forma de estratos superpuestos y concordantes hacia la superficie de la terraza. Por otra parte, se han identificado quebradas que intersectan el trazado de la carretera Oyón -Ambo, a lo largo del trazo, por sus ejes drenan agua en la estación de invierno y periodos de alta precipitación pluvial el resto del año permanecen secas.

C. Valles

Unidad geomorfológica mayor, en el cual yace el trazo del Sector II de la carretera Oyón - Ambo, con orientación general de su eje que va de suroeste a noreste. El valle de Chaupihuaranga mayormente se encuentra encañonado donde el fondo es estrecho, su gradiente hidráulica es moderada. El relieve de sus contrafuertes en ambos márgenes son irregulares accidentadas a muy accidentadas, poseen pendientes que van de pronunciadas a muy pronunciadas, en su trayecto corta masas rocosas ígneas volcánicas (aglomerados y andesitas), sedimentarias (calizas y areniscas), metamórficas (cuarcitas, esquistos), con desarrollo moderadamente amplia en el sector de la ciudad de Yanahuanca, de poca extensión. El valle es maduro y en sección transversal tiene la forma de una "V" abierta, simétrica en general, sus contrafuertes en ambos márgenes están constituidos por cadenas de cerros controlados estructuralmente por quebradas que descienden de noroeste a sureste en la margen izquierda, y de sureste a noroeste en la margen derecha. Los ríos Blanco,

colorado, Huarautambo, Michivilca, Uspachaca, etc. son colectores importantes en la región; desciende de la zona superior de la Cordillera Occidental fluyen hasta su desembocadura en el río Chaupihuaranga. La red del drenaje es complementada con los riachuelos que son afluentes de los referidos ríos; sus nacientes se encuentran en los glaciares y en las estribaciones de la Cordillera Occidental, fluyen por el fondo de las quebradas hasta desembocar en el río Chaupihuaranga y otros arriba descritos. Por otro lado, los afluentes del río Chaupihuaranga fluyen por los flancos y fondo del valle, en sus márgenes originan terrazas con sedimentos aluviales depositados en forma de estratos superpuestos de limos, arenas y conglomerados hacia la superficie de las terrazas, las superficies de estos geoformas asentadas a lo largo de los cauces de los ríos son aprovechadas para áreas de cultivo y construcción de viviendas de los pobladores del valle de Chaupihuaranga y otros. Se concluye afirmando que el área del trazo de la carretera Oyón - Ambo se encuentra localizado en mayor proporción en la Unidad Geomorfológica Valles.

Estratigrafía

A. Neo – Proterozoico – Complejo Marañón esquisto (Pe - cme)

Unidad estratigráfica mayor más antigua en el área del Sector II, su afloramiento en el sector del trazo de la carretera Oyón - Ambo, es a partir de la progresiva km 214+300 ubicada en las cercanías del pueblo de Yanahuanca, extendiéndose hasta la

progresiva km 230+000, consiste de masa rocosa metamórfica esquistosa, la roca en este sector se encuentra intemperizada, foliada, ligeramente oxidada, rugosa, diaclasada en tres sistemas principales de diaclasamiento, moderadamente fracturada, rellena de cuarzo, textura afanítica, estructura moderadamente compacta, moderada resistencia a la acción de agentes naturales (Hielo, agua, viento, calor, rayos solares, etc.), contiene buena cantidad de venillas de cuarzo probablemente por la segregación del metamorfismo regional de bajo grado, de color gris Su edad geológica pertenece al Neo-proterozoico.

B. Pérmico Superior – Grupo Mitu (Ps – m)

Las características geológicas de la unidad estratigráfica mayor del Grupo Mitu, fue estudiado por Mc Laughlin D.H (1924) su afloramiento en el área de estudio, fue observado en mayor proporción en el sector central del Sector II, asimismo, en las cercanías del área donde yace el puente vehicular Ciprés, consiste de rocas sedimentarias de areniscas. en mayor proporción y conglomerados, de color púrpura, en menor proporción, yace en discordancia angular, sobre el Complejo Marañón y el Grupo Excelsior. La roca arenisca en el área de interés se encuentra, intemperizada, ligeramente oxidada, rugosa, textura elástica, estructura compacta, moderada resistencia a la acción de gentes naturales (hielo, agua, viento. calor, rayos solares, etc.). Su edad geológica pertenece al Pérmico superior.

C. *Cretáceo inferior - Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)*

Las características geológicas de la unidad estratigráfica mayor del Grupo Goyllarisquizga, inicialmente fue estudiado por Mc Laughlin D.H (1924) posteriormente fue elevado a Grupo por Wilson, J. (1963), aflora en la margen izquierda del valle del río Chaupihuaranga y del trazo de la carretera materia de estudio, asimismo, en la margen izquierda del área del puente proyectado Grau, altura de la progresiva km 204+820 y en la margen derecha del puente existente Ciprés, en ambos casos el Grupo Goyllarisquizga, está constituido por masa rocosa sedimentaria arenisca, la roca en el área se encuentra intemperizado, ligeramente oxidado, rugosa, textura elástica, estructura compacta, buena resistencia a la acción de agentes naturales, de color blanquecino. Su edad geológica pertenece al Cretáceo inferior.

D. *Cretáceo inferior - Formación Chulec-Pariatambo (Ki-ch/pt)*

Las rocas de ésta formación afloran en ambos márgenes del río de Chaupihuaranga, en el sector del puente Shingas, progresiva km 207+500, su extensión continúa hacia el noreste hasta las cercanías de los pueblos de Villo y Racri. consiste de rocas sedimentarias calizas. se encuentran estratificadas y en capas de moderado espesor, intemperizadas, ligeramente oxidados, diaclasada en tres sistemas principales de diaclasamiento, estructura compacta, textura de grano fino, moderada resistencia

a la acción de agentes naturales, de color gris. Su edad geológica pertenece al Cretáceo inferior.

E. Cretáceo superior - Formación Jumasha (Ks-j)

Las características geológicas de la Formación Jumasha, fue estudiado por Mc Laughlin O.H. (1925) en el caserío de Jumasha, en el tramo de la carretera Oyón -Ambo aflora en la margen izquierda de la carretera en el Sector II, progresiva km 185+500, su extensión continúa hacia el noroeste, hasta las cercanías del desvío a Cerro de Paseo, progresivo km 202+680, consiste de rocas sedimentarias calizas, se encuentran estratificadas, intemperizadas, moderadamente oxidados. Textura de grano fino, estructura compacta, moderada resistencia a la acción de agentes naturales, de color gris Su edad geológica pertenece al Cretáceo superior.

F. Cretáceo - Terciario Inferior - Formación Casapalca (Kti-ca)

Está constituida por lutitas, limolitas, de color rojo ladrillo; hacia la base presenta conglomerados y hacia el tope predominan niveles de calizas blanquecinas con intercalaciones de areniscas conglomerádicas rojizas. Esta unidad también la denominan en algunos sectores como ·capas rojas·. En algunos sectores se puede diferenciar en dos miembros, que varían entre conglomerados en matriz calcárea y en otras áreas presenta margas y lutitas en estratos delgados. En el Sector II, aflora a partir de la progresiva km 185+550 se prolonga hasta la progresiva km 188+650, las lutitas en el área, están bien

relacionadas con derrumbes y deslizamientos, constituyendo sectores inestables, los cuales se reactivan con mayor intensidad en la estación de invierno. Su edad geológica pertenece al Cretáceo terciario inferior.

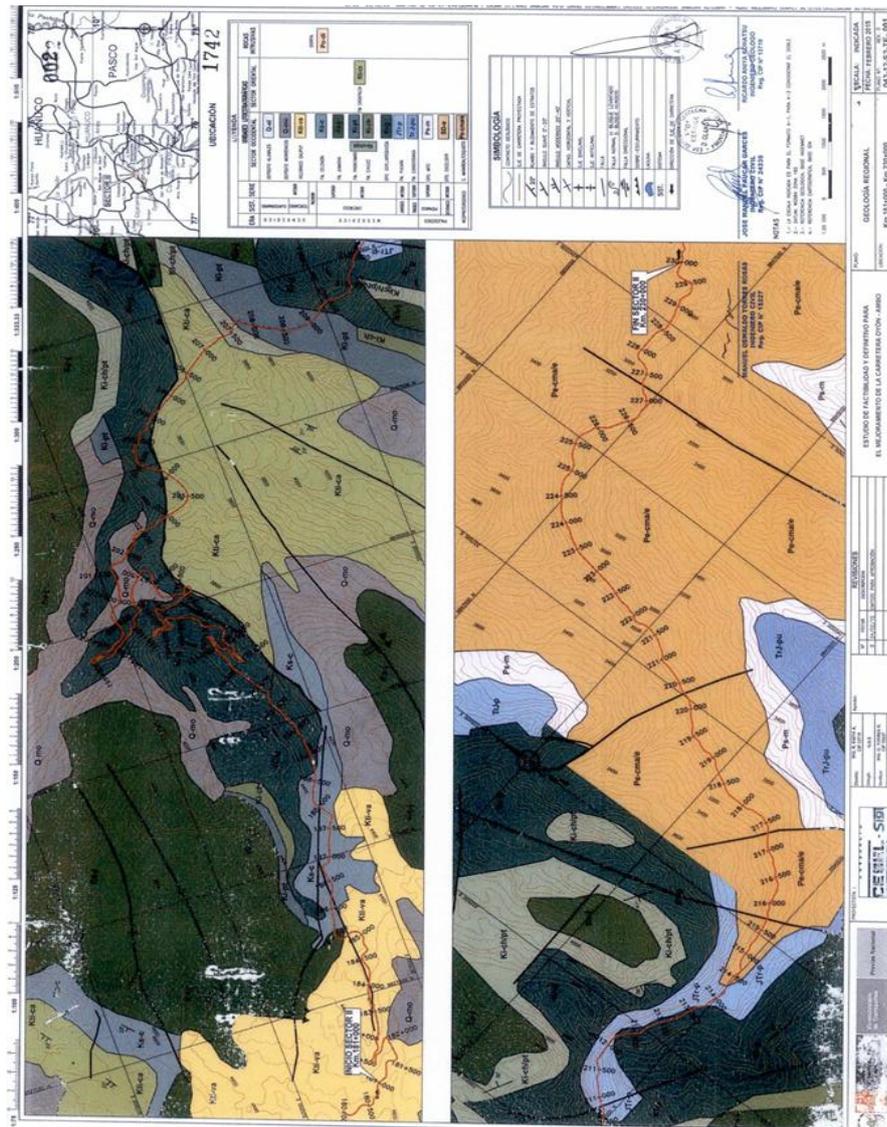
G. *Depósitos aluviales (Qr-al)*

En el Sector II de la carretera Oyón - Ambo, los depósitos aluviales están localizados en ambas márgenes del río Chaupihuaranga y sus afluentes, los sedimentos son del tipo aluvial, fueron transportadas por la corriente del referido río y depositado a lo largo de su cauce relleno de depresiones y formando terrazas, su estructura estratigráfica está constituido por estratos de conglomerados, arenas y limos, en forma concordante y superpuestas hacia la superficie de la terraza. Su edad geológica pertenece al Cuaternario reciente.

H. *Cretáceo - Terciario Inferior - Volcánico Calipuy (Kti-va) - Roca volcánica aglomerado*

En el Sector II, de la carretera Oyón - Ambo, aflora en forma aislada, la masa rocosa volcánica aglomerado del Grupo Calipuy, a partir de la progresiva km 181 +000 - km 185+350, en los referidos sectores, la roca aglomerado se encuentra, muy intemperizado, moderadamente oxidado, textura elástica, estructura moderadamente compacta, diaclasado en tres sistemas principales, baja resistencia a la acción de agentes naturales (Agua, hielo, viento y rayos solares), de color naranjado. Su edad geológica pertenece al Cretáceo terciario inferior.

Figura 2 Plano de geología regional



Nota. Esta figura muestra la Geología regional de la zona de estudio. Tomado del estudio Geológico de la Obra Mejoramiento de Carretera Oyón-Ambo, Tramo II: Km 181(Dv. A Cerro de Pasco) - Km 230 (Dv. Chacayán).

Roca volcánica andesita

En el Sector 11, de la carretera Oyón - Ambo, aflora en forma aislada, la masa rocosa volcánica andesita del Grupo Calipuy, a partir de la progresiva km 181+000 - km 185+350, en los referidos sectores, la roca andesita se encuentra,

ligeramente intemperizado, ligeramente oxidado, textura fanerítica, estructura compacta, diaclasado en tres sistemas principales, buena resistencia a la acción de agentes naturales, de color gris. Su edad geológica pertenece al Cretáceo terciario inferior.

Geología estructural

Desde el punto de vista tectónico, el trazo del Sector II, de la carretera Oyón - Ambo, forma parte del cuadro morfotectónico de la sierra central del Perú, donde el evento natural muestra diferentes fases de la Tectónica Andina que dio lugar a deformaciones de las masas rocosas, ubicadas en el área de influencia de las estribaciones de la Cordillera Occidental de los Andes.

A. Plegamientos

Sinclinal. En el sector central del Sector II, en contacto con las rocas del volcánico Cahpuy, se observó el afloramiento de la estructura estratigráfica de la Formación Jumasha, en forma concordante y en la margen izquierda del trazo de la carretera Oyón - Ambo, en el sector se observó la concordancia del trazo de la carretera con el eje del sinclinal que posee un rumbo que va de sureste a noroeste y su extensión es de decenas de kilómetros. Para fines del proyecto, no representa riesgo, debido a su ubicación alejada del área del trazo de la carretera materia de estudio.

Anticlinal. En el cartografiado del trazo de la carretera Oyón - Ambo, sector del Sector II, no se observó un anticlinal, en la estructura estratigráfica de la Formación Jumasha, ubicada en forma concordante a la margen izquierda de la carretera Oyón - Ambo, sin embargo se pudo observar estratos de rocas calizas, concordantes y de buen espesor, de la Formación Jumasha, el sector se encuentra alejada al trazo de la carretera materia de estudio, sin embargo

el afloramiento de la roca caliza en la margen derecha del área del puente proyectado Tambochaca, se encuentra, meteorizado, moderadamente oxidado, diaclasado en tres sistema principales de diaclasamiento, moderada resistencia a la acción de agentes naturales, de color gris.

B. Fallas Geológicas

Estructura tectónica mayor, a lo largo del trazo de la carretera Oyón - Ambo en el sector desvío Cerro de Pasco- desvío Chacayán correspondiente al Sector II, específicamente en las cercanías y áreas proyectadas para la construcción de obras civiles y en general del trazo materia de estudio, no fue observado fallas geológicas (Existentes y/o inferidas) que bisectan las referidas áreas. Por tanto, no hay probabilidad de riesgo, por concepto de danos, asimismo en la estabilidad física de las obras civiles proyectadas en el Sector II.

C. Diaclasas

Estructuras Tectónicas Menores, fueron mapeados en los afloramientos de masas rocosas asentadas en forma adyacente al trazo de la carretera Oyón - Ambo, Sector II, las referidas estructuras se presentan generalmente en cuatro sistemas principales de diaclasamiento.

Puente proyectado de Huarimarca, margen derecha del rio, roca esquisto, cuatro sistemas principales:

- N 48°E - 85° NO
- N 27° E -45° SE
- N 32° O -87° NE
- N 36° O - 76° SO

Para fines del proyecto, especialmente para obras civiles proyectadas a lo largo del trazo de la carretera Oyón -Ambo, Sector II, no causará riesgo en la estabilidad física de las futuras obras proyectadas, debido a su poca persistencia y a su orientación de condición regular respecto al buzamiento de la ladera del cerro.

Geología local del trazo

La evaluación geológica local del área donde yace el trazo de la carretera Oyón - Ambo, Sector II, fue realizado a través del mapeo geológico con aplicación del Método de línea de detalle, con la finalidad de evaluar las características geológicas que presentan las unidades morfológicas, lito-estratigráficas, marco estructural y fenómenos de geodinámica externa con influencia directa en el área de estudio y cercanías. Las rocas y suelos que afloran a lo largo del trazo de la carretera Oyón - Ambo respecto a su edad geológica van del más antiguo correspondiente al Neo-proterozoico, Complejo Marañón al reciente representado por el Cuaternario reciente, depósito aluvial. Ubicado en los cauces de los ríos del valle del río Chaupihuaranga.

A. Morfología

Proviene de las palabras griegas morphos": forma y "logia": tratado o descripción. Se puede interpretar como "Descripción de la forma del relieve del terreno donde se ha proyectado el trazo de la carretera Oyón -Ambo, preferentemente sobre unidades morfológicas menores tales como: Cima de cerro, cima de loma, ladera de cerro, ladera de loma y terraza aluvial.

A continuación, se describen las características geológicas de las unidades morfológicas evaluadas a lo largo del trazo correspondiente al Sector II, de la carretera Oyón –Ambo

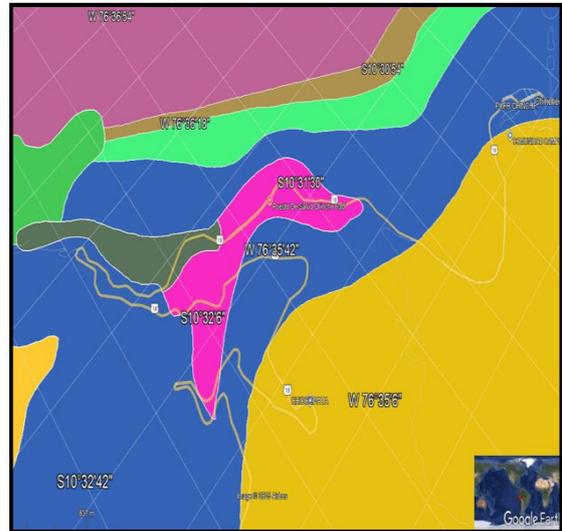
B. Cima de cerro

Unidad Morfológica Menor, ubicada en la zona más alta de un cerro, forma parte de la cadena de cerros asentadas en las estribaciones de la Cordillera Occidental de los Andes, la referida unidad morfológica en el área presenta un relieve topográfico superficial ligeramente accidentado con pendientes que van de 12° - 15°, en sus sectores laterales el relieve es accidentado con pendientes pronunciadas que van de 35° - 65° en mayor proporción las zonas corresponden a los afloramientos rocosos constituidos por rocas sedimentarias calizas y de areniscas, están intemperizadas, rugosas, ligeramente oxidadas en los planos de estratificación. diaclasado en tres sistemas principales, de moderada resistencia a la acción de agentes naturales (Hielo, agua, viento y rayos solares), en sectores aislados posee cobertura de limo arcilloso con gravas, de forma angulosa, de poco espesor, húmedas, compacidad media. De color gris. El trazo de la carretera correspondiente al proyecto corta en forma aislada la estructura litológica de esta unidad morfológica menor.

Figura 3 Plano geológico local A

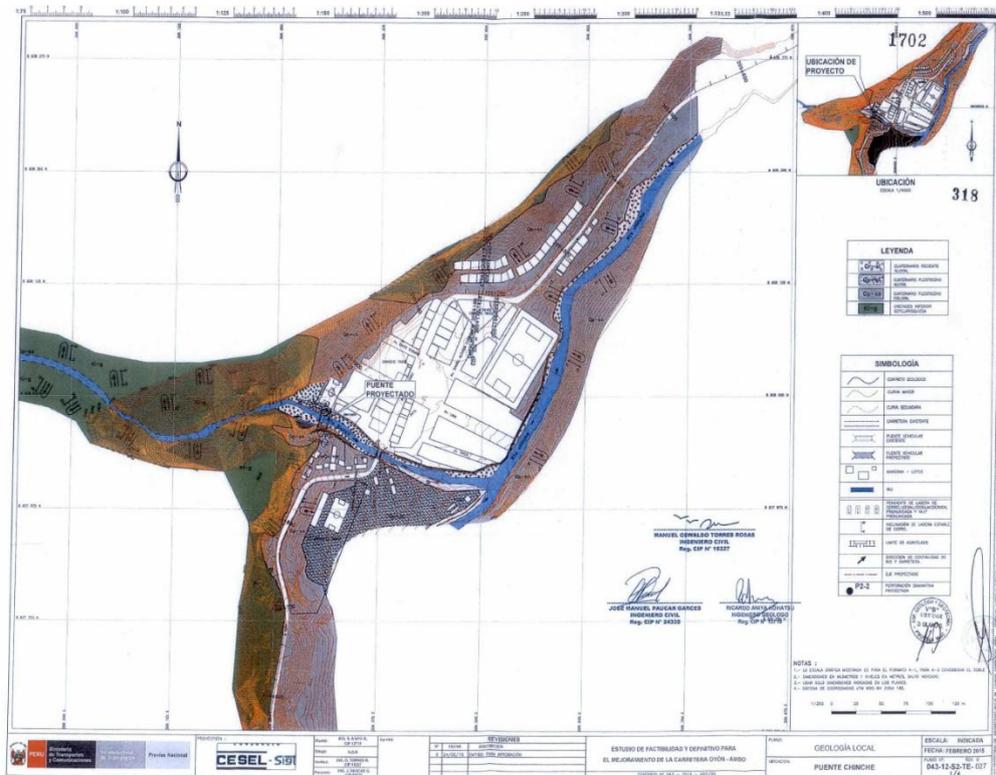
Plano Geológico

LEYENDA	
DESCRIPCION LITOLÓGICA	
Ki-g	Grupo goyllarisquizga – areniscas cuarzosas blanquecinas, limoarcillitas grises y niveles de carbón
Ki-chu	Formación chuléec – calizas arenosas, areniscas calcáreas en capas medianas coloraciones parduzcas a beige.
KsP-c	Formación Casapalca – areniscas, lutitas, limoarcillas, conglomerados calcáreos de coloraciones rojizas a marrones.
Qh-al	Depósitos aluvial – acumulación de grava, arena, limo y arcilla con clastos subangulosos a angulosos
Q-g!	Deposito glaciar / morrénicos – bloques angulosos rellenos con arcillas, limos y arenas
ESTRUCTURAS	
	Carretera en estudio



Nota. Elaboración propia

Figura 4 Plano geológico local B



Nota. Esta figura muestra la Geología local de la zona de estudio. Tomado del estudio Geológico de la Obra Mejoramiento de Carretera Oyón-Ambo, Tramo II: Km 181(Dv. A Cerro de Pasco) - Km 230 (Dv. Chacayán)

Cima de loma

Unidad Morfológica Menor, ubicada en la zona más alta de una loma, forma parte de los flancos salientes de la cadena de cerros asentadas a lo largo del trazo de la carretera Oyón - Ambo, la referida unidad morfológica en el área presenta un relieve topográfico superficial ligeramente accidentado con pendientes que van de 10° - 13°, en sus sectores laterales el relieve es moderadamente accidentado con pendientes que van de 20° - 40°, en mayor proporción la unidad morfológica en su tramo inicial está constituido por suelo transportado morrénico procedente de la masa rocosa volcánica aglomerado, asimismo, el área está constituido en forma aislada por suelo residual procedente de las masas rocosas calizas y areniscas. En ambos casos los suelos se encuentran húmedas. No plásticas, compacidad media, de color marrón. El trazo de la carretera corta en forma aislada la estructura litológica de esta unidad morfológica menor.

Ladera de cerro

Unidad Morfológica Menor, localizado en los flancos salientes de los cerros; forma parte de las estribaciones andinas de la Codillera Occidental y presenta un relieve moderadamente accidentado a accidentado en forma aislada, con pendientes que van de media a pronunciada en menor proporción y va entre los 35° a 50°; se encuentran estables en mayor proporción, en menor proporción se encuentran inestables (Deslizamientos y derrumbes). En superficie poseen cobertura de vegetación, de poco a moderado espesor, infrayace un estrato de

grava limosa, no plástica, de compacidad suelta. De color gris. En la estructura estratigráfica de esta unidad morfológica, se encuentra emplazado un buen tramo del trazo de la carretera Oyón - Ambo.

Ladera de loma

Unidad Morfológica Menor, están ubicadas en los flancos salientes de las lomas, formando parte de la unidad morfológica loma; la superficie del relieve del suelo en este sector es ligeramente accidentada, con pendiente baja que va de los 15° a 20°, estable, en superficie están cubiertas por moderada vegetación, hacia la profundidad se localizan las masas rocosas calizas y areniscas, meteorizadas, moderadamente oxidadas, de baja resistencia a la acción de agentes naturales (Agua, viento, hielo y rayos solares). En la estructura estratigráfica de esta unidad morfológica está proyectado un buen tramo del trazo de la carretera Oyón - Ambo.

Terraza aluvial

Esta unidad morfológica menor, está localizado en el fondo del valle del río de Chaupihuaranga, en ambos márgenes del cauce del río Chaupihuaranga, de sus afluentes y tributarios que descienden de las estribaciones de la Cordillera Occidental, asimismo, se localiza en áreas donde yace los puentes vehiculares asentados a lo largo del Sector II de la carretera Oyón - Ambo, en los referidos sectores la superficie topográfica del relieve del suelo es ligeramente accidentado, con pendientes que va entre 10° a 15°. Su extensión promedio abarca decenas de metros y kilómetros, su estructura estratigráfica está constituida por estratos de limos, arenas y conglomerados en forma concordante y superpuesta hacia la superficie de la terraza. En la estructura estratigráfica de esta unidad morfológica menor, yace una buena extensión el trazo de la carretera Oyón - Ambo.

C. Litoestratigrafía

A través del mapeo geológico realizado a lo largo del trazo correspondiente al Sector II, de la carretera Oyón - Ambo, fue reconocido y evaluado afloramientos de rocas ígneas volcánicas (Aglomerado y andesita), del Cretáceo terciario inferior en el sector inicial, rocas sedimentarias (Caliza y arenisca) del Cretáceo inferior en el sector medio y roca metamórfica (Esquisto) del Neo-proterozoico, en el sector final, asimismo. Se han evaluado, depósitos del Cuaternario (Morrénicos, aluviales, coluviales, bofedales y fluvio aluviales) sus edades geológicas pertenecen al Cuaternario pleistoceno y reciente, éstos depósitos se encuentran en superficie en forma de cobertura de las masas rocosas volcánicas, sedimentarias y metamórficas. Por otra parte, la información geológica obtenida en campo, fue correlacionado con información bibliográfica y mapas geológicos editados por INGEMMET., del sector que involucra el estudio. A continuación, el detalle:

Roca metamórfica esquisto (Esq)

En el trazo de la carretera Oyón - Ambo, correspondiente al Sector II, la masa rocosa esquisto del Complejo Marañón, aflora en forma aislada, en la parte final de la carretera, mayormente en la margen izquierda del talud superior del trazo de la carretera, a partir de la progresiva km 215+264 - progresiva km 229+540, en el referido tramo, la roca esquisto se encuentra, foliado, moderadamente intemperizado a intemperizado. Ligeramente oxidado. textura afanítica, estructura moderadamente compacta, diaclasado en tres sistemas principales, moderada resistencia a la acción de agentes naturales (agua, hielo,

viento y rayos solares), de color gris. Su edad geológica pertenece al Neoproterozoico.

Roca sedimentaria lutita margosa - caliza (lu-cz)

En el Sector II de la carretera Oyón - Ambo, la masa rocosa estratificada lutita margosa se encuentra asociada a la masa rocosa estratificada caliza. En ambos casos pertenecen a la Formación Celendín, aflora en forma aislada, en la parte medra del tramo general de la carretera, a partir de la progresiva km 190+120 - progresiva km 199+040, en el referido tramo, los estratos de lutita margosa y caliza, en general se encuentran intemperizados, ligeramente oxidado, textura elástica, microgranular, estructura moderadamente compacta, estratificado, diaclasado en tres sistemas principales, moderada resistencia a la acción de agentes naturales (agua, hielo, viento y rayos solares), de color gris. Su edad geológica pertenece al Cretáceo inferior.

Roca sedimentaria caliza (Cz)

En el Sector II de la carretera Oyón - Ambo, la masa rocosa caliza de la Formación Chúlec/Pariatambo, aflora en forma aislada, en la parte media del tramo general de la carretera, a partir de la progresiva km 207+320 - progresiva km 209+380, en el referido tramo, los estratos de la masa rocosa caliza, en general se encuentran ligeramente intemperizado, ligeramente oxidado, textura microcristalina, estructura compacta, moderadamente estratificado, diaclasado en tres sistemas principales, buena resistencia a la acción de agentes naturales (Agua, hielo, viento y rayos solares), de color gris. Su edad geológica pertenece al Cretáceo inferior.

Roca sedimentaria arenisca (Ar)

En el trazo de la carretera Oyón - Ambo, correspondiente al Sector II, la masa rocosa arenisca del Grupo Goyllarisquizga, aflora en forma aislada en la parte media del tramo general de la carretera, a partir de las progresivas km 185+500 - km 185+670, km 199+220 - km 199+770, km 204+280 - km 204+330, km 204+790 - km 204+905, km 205+080 - km 205+130, km 210+050 - km 210+280, km 210+470 - km 210+510, km 210+810 - km 210+830, km 212+080 - km 212+300, km 212+730 - km 212+810 y km 214+410 - km 214+430, en los referidos tramos, la roca arenisca se encuentra, moderadamente intemperizado, ligeramente oxidado, textura elástica, estructura compacta, diaclasado en tres sistemas principales, buena resistencia a la acción de agentes naturales (Agua, hielo, viento y rayos solares), de color gris. Su edad geológica pertenece al Cretáceo inferior.

Roca sedimentaria caliza (Cz)

La masa rocosa caliza de la Formación Jumasha, en el Sector II de la carretera Oyón - Ambo, aflora en forma aislada, en la parte media del tramo general de la carretera, a partir de la progresiva km 188+ 750 - progresiva km 202+680, en el referido tramo, los estratos de la masa rocosa caliza, en general se encuentran moderadamente intemperizado, ligeramente oxidado, textura microcristalina, estructura compacta, estratificado, diaclasado en tres sistemas principales, moderada resistencia a la acción de agentes naturales (Agua, hielo, viento y rayos solares), de color gris. Su edad geológica pertenece al Cretáceo superior.

Roca sedimentaria lutita (Lt)

La masa rocosa lutita, de la formación Casapalca, en el Sector II de la carretera Oyón - Ambo, aflora en forma aislada, en la parte media del tramo general de la carretera, en las progresivas km 195+690 - km 195+960, km 196+370 - km 196+520, km 202+900 - km 203+070 y km 203+160 - km 203+260, en los referidos sectores, las masas rocosas sedimentarias lutitas, se encuentran intemperizados, ligeramente oxidado, textura elástica microgranular, estructura baja en condiciones húmedas, moderadamente compacta en condiciones secas, diaclasado en tres sistemas principales, baja resistencia a la acción de agentes naturales (Agua, hielo, viento y rayos solares), de color rojo. Su edad geológica pertenece al Cretáceo terciario inferior.

Depósitos cuaternarios

En el Sector II de la carretera Oyón - Ambo, los depósitos cuaternarios, están constituidos por materiales de cobertura de las masas rocosas volcánicas (Aglomerado y andesita), sedimentarias (calizas, areniscas y lutitas) y metamórficas (Esquisto), están localizadas en forma aislada a lo largo del trazo de la carretera, y clasificadas como depósitos: morrénicos, bofadales, coluviales, aluviales y fluvioaluviales, a continuación, el detalle:

Depósitos morrénicos (Qp-mo)

En el Sector II, de la carretera Oyón - Ambo, los depósitos morrénicos se encuentran localizados, sobre los 4,000 m s.n.m., se origina por influencia del periodo de glaciación, fueron transportadas por la corriente de los deshielos y depositadas en los flancos superiores de los cerros y lomas, los referidos depósitos están constituidas por clastos, cantos rodados, gravas, arenas y limos, en matriz areno - limoso pobremente graduada, húmedo, de compacidad suelta, de color

marrón. En el Sector II, de la carretera materia de estudio, fue mapeado en el tramo inicial progresiva km 181+000 - km 182+880, km 184+220 - km 186+590. Su edad geológica pertenece al Cuaternario pleistoceno.

Depósitos bofedales (Qp-bo)

Los depósitos bofedales, en el Sector II, de la carretera Oyón - Ambo, se encuentran localizados, en forma aislada, sobre los 3,500 m s.n.m., su origen corresponde a influencia de agua subterránea (manantiales), asimismo de agua de lluvia con escorrentía superficial en un área determinado, está constituida por grava arcillosa, saturada, mediana plasticidad, compacidad suelta, moderado espesor, de color marrón. En el Sector II, los depósitos bofedales fueron mapeados en forma aislada a partir del tramo inicial correspondiente a las progresivas km 181+530, km 181+890 - km 182+000, km 182+440, km 185+020, km 185+320, km 185+740, km 187+700 - km 187+790, km 189+540 - km 189+650, km 189+770, km 190+550, km 196+680 - km 196+830, km 198+430 - km 198+480 y km 229+880 - km 229+900. Su edad geológica pertenece al Cuaternario pleistoceno.

Depósitos coluviales (Qp-co)

En la carretera Oyón - Ambo, Sector II, los depósitos coluviales están constituidas por acumulación continua de detritos y fragmentos de rocas sueltas que descienden de las zonas superior y media de las laderas de los cerros, la pérdida de cohesión de los materiales se debe a corrientes de vientos, erosión pluvial y de movimientos sísmicos. Por otra parte, los depósitos coluviales, en el Sector II, se encuentran localizados en forma aislada a partir de la progresiva km 182+970 hasta la progresiva km 230+000, su estructura estratigráfica está constituida por clastos, cantos rodados, gravas y gravillas, en una matriz de limo

arenoso, húmedo, no plástica, de compacidad suelta, de color marrón. Su edad geológica pertenece al Cuaternario pleistoceno.

Depósitos aluviales (Qr-al)

En el Sector II de la carretera Oyón - Ambo, los depósitos aluviales están localizados en ambas márgenes del río Chaupihuaranga, los sedimentos son del tipo aluvial, fueron transportadas por la corriente del referido río y depositado a lo largo de su cauce relleno de depresiones y formando terrazas, su estructura estratigráfica está constituido por estratos de conglomerados, arenas y limos, en forma concordante y superpuestas hacia la superficie de la terraza. En el Sector II los depósitos aluviales intersectan la carretera materia de estudio, en forma aislada en las progresivas km 188+090 - km 188+100, km 204+920 - km 204+972, km 207+660 - km 207+695, km 209+980 - km 210+040, km 212+020 - km 212+040, km 219+780 - km 219+790, km 223+364 - km 223+372, km 225+328 - km 225+336, km 227+976 - km 227+984 y km 229+914 - km 229+920. Su edad geológica pertenece al Cuaternario reciente.

Depósitos fluvio aluviales (Qr-fl/al)

En el Sector II de la carretera Oyón - Ambo, los depósitos fluvio aluviales, están localizados en el fondo de los ríos del área de los puentes vehiculares construidos a lo largo de la carretera materia de estudio; los sedimentos fueron transportadas por la corriente de los ríos y su estructura estratigráfica está constituido por estratos de conglomerados, arenas y limos en condiciones saturadas, de color gris. En el Sector II los depósitos fluvio aluviales están ubicadas en forma aislada en las progresivas km 188+090 - km 188+100, km 204+920 - km 204+972, km 207+660 - km 207+695, km 209+980 - km 210+040, km 212+020 - km 212+040, km 219+780 - km 219+790, km 223+364 - km

223+372, km 225+328 - km 225+336, km 227+976 - km 227+984 y km 229+914 - km 229+920. Su edad geológica pertenece al Cuaternario reciente.

Rellenos

En la carretera Oyón -Ambo Sector II, las áreas proyectadas para relleno, están localizados en forma aislada a partir del tramo medio hasta el final del tramo general de la carretera, iniciándose en la progresiva km 186+570 - km 186+590, km 190+390 - km 190+440, km 190+540 - km 190+570, km 190+760 - km 190+800, km 191+040 - km 191+090, km 191+700 - km 191+780, km 191+800 - km 191+840, km 192+470 - km 192+520, km 192+990 - km 193+050, km 195+610 - km 195+690, km 197+180 - km 197+220, km 204+935, km 204+970, km 209+930 - km 210+010, km 210+050 - km 210+100 y km 229+960 - km 229+300, los rellenos están proyectadas para cubrir áreas irregulares y pequeñas depresiones, está constituida por material de préstamo, estarán compactadas a fin de facilitar el acabado final de la carretera materia de estudio.

Roca volcánica aglomerado

ACY (1953) basado en su naturaleza volcánico elástica del aglomerado considera un vulcanismo explosivo que caracteriza a las primeras etapas de actividad ígnea en esa región.

En el Sector II, de la carretera Oyón - Ambo, aflora en forma aislada, la masa rocosa volcánica aglomerado del Grupo Cahpuy, a partir de la progresiva km 182+000 - km 183+020, en los referidos sectores, la roca aglomerado se encuentra, muy intemperizado, moderadamente oxidado, textura elástica, estructura moderadamente compacta, diaclasado en tres sistemas principales, baja resistencia a la acción de agentes naturales (agua, hielo. viento y rayos solares), de color naranjado. Su edad geológica pertenece al cretáceo terciario inferior.

Roca volcánica andesita

En el Sector II, de la carretera Oyón - Ambo, aflora en forma aislada, la masa rocosa volcánica andesita del Grupo Calipuy, a partir de la progresiva km 182+070 - km 183+330 asimismo de la progresiva km 184+340 - km 184+060, en los referidos sectores, la roca andesita se encuentra, ligeramente intemperizado, ligeramente oxidado, textura fanerítica, estructura compacta, diaclasado en tres sistemas principales, buena resistencia a la acción de agentes naturales (Agua, hielo, viento y rayos solares), de color gris. Su edad geológica pertenece al cretáceo terciario inferior.

Geología estructural

Cuadro morfotectónico

El área que comprende el Sector II de la carretera Oyón - Ambo, se enmarca dentro del cuadro morfotectónico de la sierra y forma parte de la Cordillera Occidental de los Andes, en el tramo materia de estudio, las estructuras geológicas (fallas, diaclasas, grietas, etc), fueron originadas por diferentes episodios de deformación de las masas rocosas que afloran a lo largo de la carretera. Así la deformación paleógeno es visible en el plegamiento del Grupo Calipuy; encontrándose asociada con episodios de plegamientos que se observa en rocas esquistos del Neo-proterozoico, con afloramiento a partir de las cercanías de los pueblos de Yanahuanca, Michivilca, Uspachaca, hasta el sector final del Sector II. Por otra parte, la historia estructural en el Sector II ha originado el desarrollo de las siguientes zonas estructurales.

- Geoanticlinal del Marañon
- Zona Miogeosinclinal
- Fallas existentes

Geoanticlinal del Marañón. Es un alto estructural donde se encuentran los afloramientos más antiguos en el Sector II, están controlados por fallas regionales de dirección noroeste-sureste y norte-sur, en el caso del área materia de estudio, a partir de la zona media hasta el final del Sector II, se ha mapeado afloramiento de masa rocosa más antigua, corresponde a la roca metamórfica esquisto del Complejo Marañón, del Neo-proterozoico, localizado en la cercanía del pueblo de Lucmapampa (Progresiva km 215+260) prolongándose en forma aislada hasta la cercanía de la parte final del Sector 11 (Progresiva km 229+540).

Dalmayrac, B. (1,977), sugirió que los plegamientos de tendencia andina se originaron por la deformación incaica, que afectaron a los sedimentos del cretáceo; reconociendo que los esquistos pueden haber sido afectados por esta deformación. Desarrollada durante las orogenias tempranas; al noreste del pueblo de Yanahuanca los esquistos presentan una dirección SO-NE donde se observa esquistos con foliación intensa, persistencia que alcanza hasta 2.20 m de extensión. Estructura moderadamente compacta, de color gris.

Zona Miogeosinclinal. En el sector del Sector II, El modelo de deformación importante dentro del miogeosinclinal es controlado por plegamientos de macizos de calizas de la formación Jumasha, iniciándose en la progresiva km 188+180 prolongándose en forma aislada hasta la progresiva km 190+880, las calizas Jumasha forman el núcleo de los sinclinales de flancos asimétricos y estables.

Megard, F (1978) sostuvo que las estructuras mesozoicas no fueron pliegues de cobertura, sino pliegues de basamento (Plisn - dufond) esto quiere decir que incluyó el basamento infrayacente y mantuvo que la deformación

plástica del Mesozoico podría ser determinada sin el núcleo pre mesozoico de los anticlinales, demostrando que el basamento participo en la estructura mesozoica.

Fallas Existentes. Son estructuras tectónicas de fuertes deformaciones ocurridos en el área, en el caso de la carretera Oyón - Ambo, Sector II los esfuerzos principales fueron orientados de suroeste a noreste, sur a norte asimismo, de sureste a noroeste, éstas estructuras son de tendencia andina, en el caso del primer sistema de fallas es concordantes al eje de la carretera respecto a su margen izquierda, en el caso del segundo sistema... tercero y cuarto sistemas, son transversales al eje de la carretera, con orientación que va de oeste a este y de sureste a noroeste. A continuación, el detalle de los cuatro sistemas de fallas tectónicas mapeados en el Sector II de la carretera Oyón - Ambo:

A. Sistema de falla tectónica, sector 1.

Ubicación. Intercepta la carretera en cuatro sectores, progresivas km 183+700, km 188+000, km 210+880 y km 215+540.

- Sector 1. 1: Km 183+ 700
- Rumbo: Suroeste - Noreste

Lito-estratigrafía: En superficie la proyección de la falla yace en la estructura estratigráfica de un depósito coluvial, no registra rasgos y desplazamiento reciente, se encuentra cubierto por material, de grava arcillosa, húmeda, compacidad media, de color marrón.

- Intersección probable, falla - carretera: Progresiva km 183+ 700
- Condición: Falla conocida, sin actividad en la actualidad.
- Estado actual de la carretera: Se encuentra estable.
- Rumbo: Sureste - Noroeste

Lito-estratigrafía. En superficie la proyección de la falla yace en la estructura litológica de la masa rocosa volcánica andesita, no registra rasgos y desplazamiento reciente, se encuentra cubierto por material, de limo arenoso con grava, húmeda, compacidad suelta. no plástica, de color marrón.

- Intersección probable, falla - carretera: Progresiva km 184+050
- Condición: Falla conocida, sin actividad en la actualidad.
- Estado actual de la carretera. Se encuentra estable
- Rumbo: Sur - Norte

Lito-estratigrafía: En superficie la proyección de la falla yace en la estructura estratigráfica de un depósito morrénico, no registra rasgos y desplazamiento reciente, se encuentra cubierto por material, de grava arcillosa, muy húmeda, compacidad suelta, de color marrón intersección probable, falla - carretera: Progresiva km 185+250

- Condición- Falla conocida, inactiva.
- Estado actual de la carretera: Se encuentra estable.
- Rumbo: Sureste - Noroeste

Lito-estratigrafía En superficie la proyección de la falla yace en la estructura estratigráfica de un depósito morrénico, no registra rasgos y desplazamiento reciente, se encuentra cubierto por material, de grava arcillosa, muy húmeda, compacidad suelta, de color marrón. Intersección probable, falla - carretera Progresiva km 186+200

- Condición: Falla conocida, inactiva.
- Estado actual de la carretera: Se encuentra estable.

B. Sistema de falla tectónica, sector 2

- Sector 2.1: km 188+000

- Rumbo: Suroeste - Noreste

Lito-estratigrafía: En superficie la proyección de la falla yace en la estructura litológica de la masa rocosa sedimentaria caliza de la Formación Jumasha, la berma de la carretera no registra rasgos y desplazamiento reciente por acción de la falla, asimismo, sus proyecciones en ambos márgenes se encuentran cubiertos por material, de limo arenoso con grava, húmeda, compacidad suelta, no plástica, de color negro.

- Intersección probable, falla - carretera: Progresiva km 188+000
- Condición: Falla conocida, inactiva.
- Estado actual de la carretera. Se encuentra estable.

c. Sistema de falla tectónica, sector 3

- Sector 3.1: km 210+880
- Rumbo: Sureste - Noroeste

Lito-estratigrafía: En superficie la proyección de la falla yace en la estructura estratigráfica de un depósito coluvial, la berma de la carreta no registra rasgos y desplazamiento reciente por acción de la falla, asimismo, su proyección en ambos márgenes de la carretera se encuentra cubierto por material, de grava arcillosa. Húmeda, compacidad media, de color negro.

- Intersección probable, falla - carretera: Progresiva km 210+880
- Condición: Falla conocida, inactiva
- Estado actual de la carretera: Se encuentra estable.
- Rumbo: Sureste - Noroeste

Lito-estratigrafía: En superficie la proyección de la falla yace en la estructura estratigráfica de un depósito coluvial, en la berma de la carreta no registra rasgos y desplazamiento reciente por acción de la falla, asimismo, su

proyección en ambos márgenes de la carretera se encuentra cubierto por material, de grava arcillosa, húmeda, compacidad media, de color marrón

- Intersección probable. Falla - carretera Progresiva km 215+740.
- Condición: Falla conocida, inactiva.
- Estado actual de la carretera. Se encuentra estable.
- Sector 3.3: km 217+340
- Rumbo: Sureste - Noroeste

Lito-estratigrafía: En superficie la proyección de la falla yace en la estructura estratigráfica de un depósito coluvial, en el berma de la carreta no registra rasgos y desplazamiento reciente por acción de la falla. Asimismo, su proyección en ambos márgenes de la carretera se encuentra cubierto por material, de grava arcillosa, muy húmeda, compacidad media, de color negro.

- Intersección probable, falla - carretera Progresiva km 217+340.
- Condición. Falla conocida, inactiva.
- Estado actual de la carretera. Se encuentra estable
- Rumbo: Sureste - Noroeste

Lito-estratigrafía: En superficie la proyección de la falla yace en la estructura estratigráfica de un depósito coluvial, en el berma de la carreta no registra rasgos y desplazamiento reciente por acción de la falla, asimismo, su proyección en ambos márgenes de la carretera se encuentra cubierto por material, de limo arenoso con grava, muy húmeda, compacidad media, de color negro.

- Intersección probable, falla - carretera: Progresiva km 220+330
- Condición: Falla conocida, inactiva
- Estado actual de la carretera: Se encuentra estable.

d. Sistema de falla tectónica, sector 4

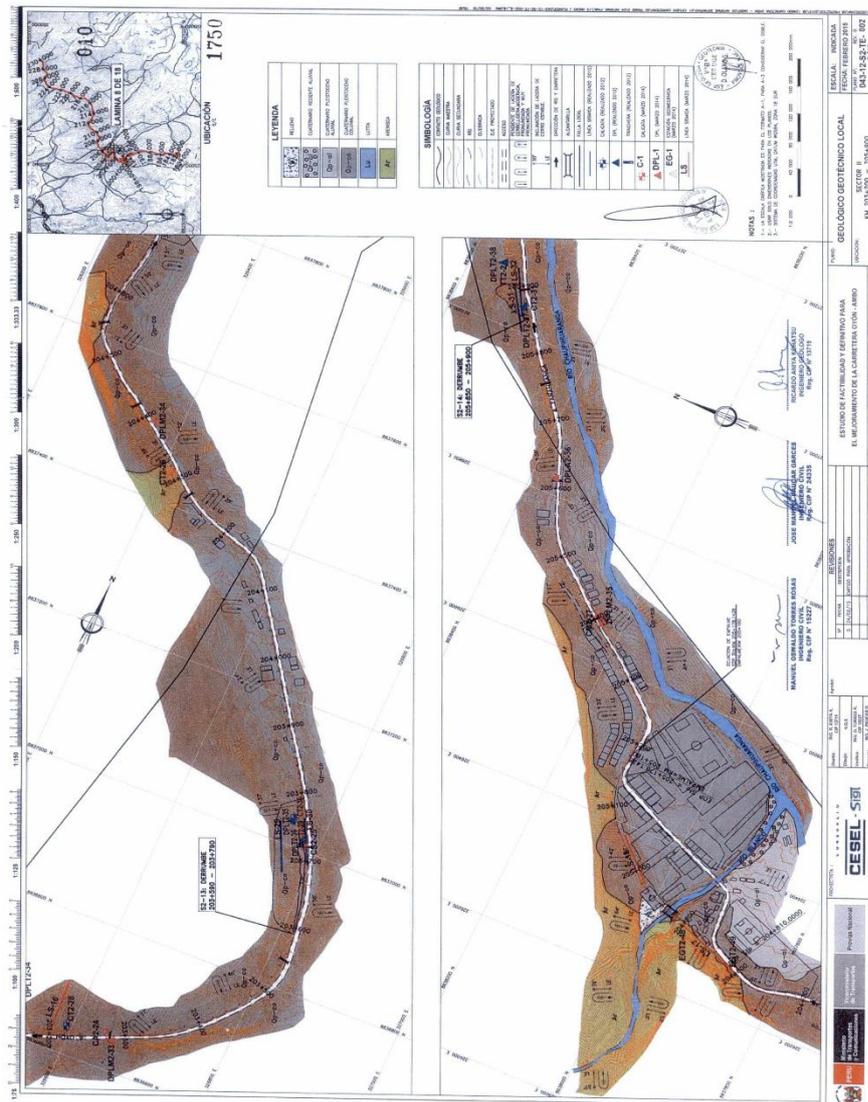
- Sector 4.1: km 227+060
- Rumbo: Suroeste - Noreste

Lito-estratigrafía: En superficie la proyección de la falla yace en la estructura litológica de la masa rocosa metamórfica esquistos del Complejo MaraMn, el berma de la carretera no registra rasgos y desplazamiento reciente por acción de la falla, asimismo, su proyección en ambos márgenes se encuentran cubiertos por material, de grava arcillosa, muy húmeda, compacidad media, de color gris.

- Intersección probable, falla - carretera: Progresiva km 227+060
- Condición: Falla conocida, inactiva.
- Estado actual de la carretera: Se encuentra estable.

Diaclasas. En el Sector II, de la carretera Oyón - Ambo, específicamente en afloramientos de masas rocosas volcánicas (Aglomerados y andesita), sedimentarias (Calizas, areniscas, rutilas, etc.) y metamórficas (Esquistos), fueron mapeados estructuras tectónicas menores denominadas diaclasas (Ver Plano 043-12-S2-TE-002-1_18, 4/18, etc.), se dan en tres sistemas principales de diaclasamiento, de poca persistencia {1 70 m promedio), apertura 1 mm en promedio y ligeramente oxidadas en los planos de diaclasamiento, con orientaciones que van de suroeste a noreste, oeste - este y sureste a noroeste, respecto al buzamiento de las laderas de los cerros, éstas orientaciones son de condición regular en mayor proporción, en menor proporción son desfavorables, influyeron en derrumbes poca magnitud en el sector del talud superior de la carretera materia de estudio.

Figura 6 Plano geotécnico local km 203+300-205+900



Nota. Esta figura muestra la Geotecnia de la zona de estudio. Tomado del estudio Geotécnico de la Obra Mejoramiento de Carretera Oyón-Ambo, Tramo II: Km 181(Dv. A Cerro de Pasco) - Km 230 (Dv. Chacayán).

B. Geodinámica externa

A través del mapeo geológico realizado en el Sector II, de la carretera Oyón - Ambo, se ha evaluado sectores donde registran rasgos de acciones naturales ocurridos en el pasado y recientemente, asimismo, con la finalidad de plantear alternativas de vulnerabilidad y establecer parámetros de prevención

y mitigación ante eventos de esta naturaleza se ha evaluado sectores inestables asentados en el Sector II. Por otro lado, se ha confirmado que a lo largo del Sector II de la carretera Oyón - Ambo, se ha localizado áreas aisladas en el talud superior de la carretera, donde ocurrieron deslizamientos de masa de tierra, derrumbes de masas de tierra, desprendimientos de rocas sueltas, áreas de inundación, áreas de erosión fluvial en el talud inferior de la carretera, adyacente al cauce del río Chaupihuaranga, áreas de asentamiento de suelo y áreas de reptación de suelos.

Figura 7 Plano de geodinámica externa km 203+200-km 205+900



Nota. Esta figura muestra la Geodinámica externa de la zona de estudio. Tomado del estudio Geodinámico de la Obra Mejoramiento de Carretera

a) *Deslizamiento de masa de tierra*

A través del mapeo geológico realizado en el Sector II, de la carretera Oyón - Ambo, se ha localizado 03 deslizamientos tipo rotacional (Progresivas km 189+ 770 - km 189+960, km 194+550 - km 194+720 y km 219+070 - km 219+270), los cuales presentan las siguientes características:

Deslizamiento, consiste en el desplazamiento de masa de tierra (Depósito coluvial), en dirección de la ladera del cerro, donde la superficie de la falla es cóncava hacia arriba y el movimiento es rotacional con respecto al eje paralelo a la superficie y transversal al deslizamiento, posee una serie de agrietamientos concéntricos y cóncavos en dirección del talud superior de la carretera, el movimiento produce un área superior de hundimiento, un área media de deslizamiento y otra inferior de acumulación de materiales deslizados

Derrumbes de masas de tierra

Mediante la evaluación geológica realizada a lo largo del Sector II de la carretera Oyón - Ambo, se ha mapeado 19 zonas donde ocurrieron derrumbes, mayormente en el talud superior de la carretera en estudio, ocurrió a partir de la Progresiva km 190+120 - km 190+140, km 193+060 - km 193+200, km 193+360 - km 193+540, km 193+930 - km 194+100, km 194+260 - km 194+450, km 194+550 - km 194+720, km 195+320 - km 195+km 195+390, km 195+800 - km 195+880, km 196+380 - km 196+580, km 202+420 - km 202+480, 202+820 - km 203+030, km 203+590 - km 203+ 790, km 205+ 780 - km 206+040, km 206+590 - km 206+690, km 208+070 - km 208+220, km 217+900 - km

218+000, km 225+470 - km 225+600, km 227+220 - km 227+360 y km 228+ 720 - km 228+840. Esta acción natural es común a lo largo de la carretera, fue originada por infiltración de agua subterránea y concentración de gua de escorrentía superficial en la estructura estratigráfica de grava arcillosa, correspondiente al área del talud superior de la carretera, asimismo, se debe al corte del pie de talud, casos probables que influyeron en esta acción natural.

Desprendimiento de rocas

Acción natural que ocurre en áreas de acantilados de taludes, cortes recientes de laderas de cerros, en áreas con afloramientos de masas rocosas muy diaclasadas y fracturadas, asimismo, en sectores donde el talud del cerro es pronunciado y buza en dirección de la carretera con pendientes que van de 45° - 70°. Esta acción natural a lo largo del Sector 11, de la carretera Oyón - Ambo, fue mapeado en forma puntual, en las progresivas. Km 207+760 - km 207+960 asimismo, en la progresiva km 209+300 - km 209+380.

Flujo de escombros

Flujo típico de materiales sólidos y líquidos entremezclados que corre a lo largo del cauce de un riachuelo que desciende de la zona superior del cerro, fluye hacia la zona inferior, por la margen izquierda hasta interceptar con la carretera, en la progresiva km 214+446 - km 214+450, a su paso deposita en la carretera fragmentos de rocas de diferentes tamaños, con poca cantidad de finos, se activan con las lluvias, debido a la pérdida de resistencia por la disminución de la succión al

saturarse el material o por el desarrollo de fuerzas debidas al movimiento de aguas subterráneas (Collins y Znidarcic, 1997).

b) *Reptación de suelos*

Consiste en movimiento del suelo subsuperficial que van desde muy lentos hasta extremadamente lentos sin una superficie definida de falla, asimismo, la profundidad del movimiento va de unos centímetros hasta varios metros, en el Sector II, ocurrió en las laderas de los cerros adyacentes a la carretera, afectó moderada extensión en el área, están localizadas en sectores a partir de la progresiva km 195+800 - km 195+960, km 196+380 - km 196+580, km 203+030 - km 203+070, km 203+590 - km 203+ 790.

Procesos meteorológicos

Lluvias torrenciales

De acuerdo a la evaluación geológica realizada en el Sector II de la carretera Oyón - Ambo, se verificó y confirmó que en el referido tramo la precipitación de lluvias torrenciales se da con frecuencia en la estación de invierno, principalmente en las zonas alta y media del valle del río Chaupihuaranga; esta acción natural se da con alta intensidad en un periodo de tiempo de 65. minutos promedio, originando el incremento del caudal del río Chaupihuaranga y sus afluentes, asimismo de las aguas de lluvia que descienden de las zonas superiores de las laderas de los cerros a través de las quebradas y cunetas de la carretera hacia la zona del talud superior de la carretera, esta acción natural tuvo influencia en la creación de sectores inestables, caso típico del deslizamiento mapeado en la progresiva km 219+070 - km 219+270, donde el agua de lluvia

ingresa por la cuneta de la carretera y desciende por la margen izquierda del deslizamiento.

Inundación

Según definición de Chow (1956): "Una inundación es un flujo relativamente alto que sobrepasa el canal natural por el que discurre la escorrentía". De acuerdo a este principio y considerando el mapeo geológico realizado a lo largo del Sector 11, de la carretera Oyón - Ambo, se ha localizado áreas inundables en las progresivas km 190+530 - km 190+570, km 191+740 - km 191+840, km 204+940 - km 204+970, km 209+960 - km 210+060 y 229+720 - km 229+780, esta acción natural considerado como recurrente en áreas concordantes y cercanas a la carretera ocurren mayormente en la estación de invierno y periodos de alta precipitación pluvial, originan desbordes del río Chaupihuaranga hasta inundar áreas muy cercanas a la carretera, ocurre debido al incremento del caudal del río Chaupihuaranga y sus afluentes, en este periodo del año.

C. Procesos de origen antrópico

Cambios en la topografía de la superficie del suelo o roca

Con mayor frecuencia están relacionadas a obras de ingeniería civil proyectadas a lo largo del trazo de la carretera, cortes de pie de taludes, rellenos o depósitos de materiales sobre el talud, disposición de residuos, mantenimiento inadecuado de los sistemas de drenaje y subdrenaje, cortes en canteras de agregados, etc., ocasionalmente estas actividades tienen mayor incidencia en acciones naturales: Deslizamientos de masas de tierra, de masas

de rocas, derrumbes de taludes de carretera y canteras con materiales excedentes acumulados en áreas cercanas a la carretera.

Excavaciones

En excavaciones con fines de mejoramiento de carretera se opta el principio en el cual la mayoría de las laderas de los cerros y lomas, se encuentran en estado de equilibrio. Asimismo, la masa de suelo o roca de la parte inferior de la ladera evita la posibilidad de movimientos. De acuerdo a este principio al ampliar y realizar excavaciones o cortes en la vía lateral de la carretera, se rompe ese balance y se generan esfuerzos los cuales producen superficies de falla que originarían deslizamientos o un deterioro de las condiciones de estabilidad de la ladera, lo cual facilita la falla al infiltrarse el agua de las lluvias y ante un sismo, especialmente en los sectores calificadas como inestables.

Voladuras en masas rocosas

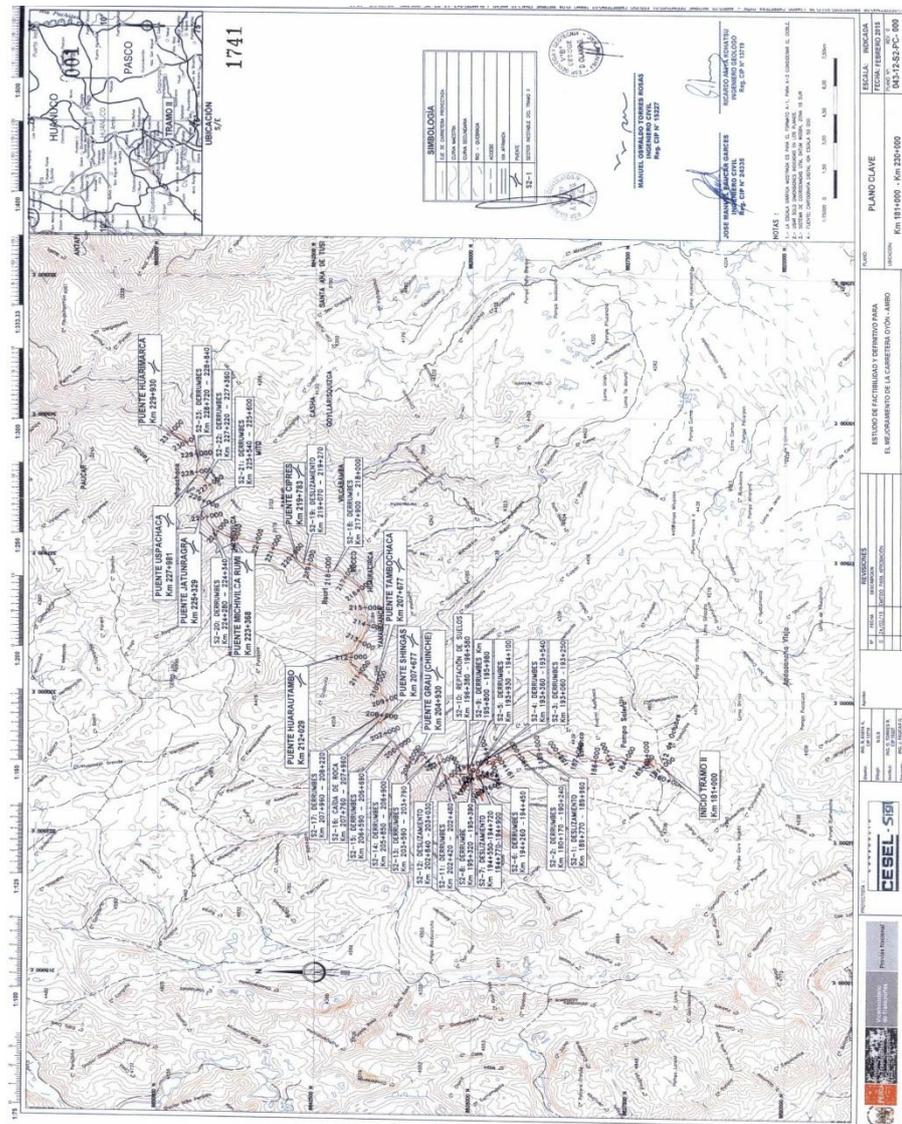
Con fines de mejoramiento de la carretera correspondiente al Sector II, se consideró el desarrollo de un programa de voladura para sectores donde afloran masas rocosas asentadas en áreas adyacentes a la berma de la carretera y en áreas donde requiera ampliar la carretera, su aplicación será de acuerdo al tipo de roca (ígneas volcánicas, sedimentarias y metamórficas) y con voladura controlada, especialmente en roca fija asentada a lo largo del Sector II.

Geología local de sectores inestables

A través del mapeo geológico realizado en el Sector II, de la carretera Oyón - Ambo, se identificó y evaluó 23 áreas consideradas como sectores inestables, en los referidos sectores ocurrieron deslizamientos de masas de

tierra, derrumbes, desprendimientos de rocas sueltas y reptación de suelos. A continuación, el detalle de las características geológicas de los sectores inestables localizados en el Sector II.

Figura 9 Plano de sectores inestables



Nota. Esta figura muestra las características geológicas de sectores inestables de la zona de estudio. Tomado del mapeo geológico de la Obra Mejoramiento de Carretera Oyón-Ambo, Tramo II: Km 181(Dv. A Cerro de Pasco) - Km 230 (Dv. Chacayán).

Sector inestable S2-10 (Reptación de suelos, Progresiva km 196+380- km 196+580)

En el Sector II, margen izquierda, talud superior de la carretera Oyón - Ambo, progresiva km 196+380 - km 196+580, se mapeo un área donde ocurrió reptación de suelos, de moderada magnitud, obedece a una serie compleja de procesos geológicos en los cuales se traslapan los factores de deterioro de la ladera del cerro, de poca pendiente 20°- 30°, corresponde a la masa rocosa lutita de la Formación Casapalca, en el cual los elementos de susceptibilidad (Relieve y propiedades mecánicas), factor de seguridad (Equilibrio entre fuerzas actuantes y fuerzas resistentes), y condiciones de deterioro (Alteración física y química), asimismo, el clima relacionado con los procesos de humedecimiento y secado de la lutita de carácter expansiva actuó en forma conjunta hasta originar la reptación de suelos. Bajo este concepto, se admite que la reptación de suelos se activó con movimiento subsuperficial muy lenta, sin una superficie de falla definida, con una profundidad que va de unos centímetros hasta varios metros

Los elementos externos que generaron reptación de suelos son:

- Alteración climática relacionada con los procesos de humedecimiento y secado de la lutita, de carácter expansiva.
- Los procesos de expansión y contracción de la lutita. Sin embargo se considera que no es pre-requisito para que ocurra reptación de suelos.
- Erosión de la estructura estratigráfica superficial de la lutita, asentado en la ladera del cerro.
- Fluctuaciones fuertes del nivel de agua subterránea, por lluvias intensas y prolongadas, en la zona media e inferior de la ladera del cerro.

- Escorrentía superficial dispersa, a través de la ladera del cerro hacia su zona inferior, adyacente a la berma de la carretera.
- Erosión y saturación de la estructura estratigráfica de la lutita en el pie de la ladera del cerro, adyacente a la berma de la carretera.

Alternativas de estabilización del área de reptación de suelos

- Diseño de la geometría de la ladera del cerro, localizado en la zona superior de la carretera a través de banquetas.
- Control de escorrentía superficial a través de cunetas de coronación y alcantarillado.
- Diseño de subdrenes profundos a lo largo y concordante a la cuneta.
- Ubicación de pedraplen en forma concordante a la carretera
- Monitoreo periódico del área donde ocurrió reptación de suelos.

Sector inestable S2-11 (Derrumbe, Progresiva km 202+420- km 202+480).

En el Sector II, margen izquierda, talud superior de la carretera Oyón - Ambo, progresiva km 202+420 - km 202+480, se mapeo un área donde ocurrió un derrumbe de baja magnitud, en el cual los elementos de susceptibilidad (Relieve y propiedades mecánicas). factor de seguridad (Equilibrio entre fuerzas actuantes y fuerzas resistentes), y condiciones de deterioro (Alteración física y química), aparentemente actúan en forma conjunta hasta originar el derrumbe. Bajo este concepto, se admite que el derrumbe se activó en forma instantánea, probablemente por el aumento en los esfuerzos cortantes a lo largo de la superficie de falla hasta que ocurre el movimiento. Los elementos externos que generaron el derrumbe son- el

movimiento. Los elementos externos que generaron la activación del derrumbe son:

- Corte del soporte en el pie del talud, del depósito coluvial, probablemente por mantenimiento de la carretera en ese sector.
- Erosión de la estructura estratigráfica en el pie del depósito coluvial, localizado en forma adyacente a la berma de la carretera.
- Movimiento del depósito coluvial por sismos o vibraciones fuertes, al paso de vehículos pesados.
- Densidad suelta, de la estructura estratigráfica del depósito coluvial.
- Pendiente pronunciada de la ladera del cerro y depósito coluvial que van de 35°- 55°.

Alternativas de estabilización del derrumbe

- Diseño de la geometría del talud del depósito coluvial a través de banquetas y/o muro de gavión en el sector del talud superior de la carretera.
- Control de escorrentía superficial a través de cunetas y alcantarillado concordante a la carretera
- Monitoreo periódico de la estabilidad del talud en el sector del derrumbe.

Sector Inestable 52-12 (Deslizamiento Rotacional, Progresiva km 202+840 – km 203 +030)

En el Sector II, margen izquierda, talud superior de la carretera Oyón - Ambo, progresiva km 202+840 - km 203+030, se mapeo la ocurrencia de un deslizamiento rotacional, obedece a una serie compleja de procesos los cuales se traslapan ocasionalmente con los factores de deterioro, se activó en forma progresiva, con aumento en los esfuerzos cortantes a lo largo de la superficie

de falla hasta que ocurre el deslizamiento. Los elementos externos que generaron la activación del deslizamiento son:

- Fluctuaciones fuertes del nivel de agua subterránea, por lluvias intensas y prolongadas, en la zona media e inferior del depósito coluvial.
- Escorrentía superficial, a través de las quebradas que fluyen hacia la zona media e inferior del depósito coluvial, asentada en forma adyacente a la berma de la carretera.
- Erosión y saturación de la estructura estratigráfica del depósito coluvial en el pie del depósito coluvial, localizado en forma adyacente a la berma de la carretera.
- Movimiento del depósito coluvial por sismos o vibraciones fuertes, por el paso de camiones pesados.
- Densidad suelta, de la estructura estratigráfica del depósito coluvial.
- Corte del soporte en el pie del talud del depósito coluvial, probablemente por mantenimiento de la carretera en ese sector.
- Pendiente pronunciada de la ladera del cerro y depósito coluvial que van de 40°- 60°.

Alternativas de estabilización del deslizamiento

- Control de escorrentía superficial a través de cunetas de coronación, en la ladera del cerro.
- Control de escorrentía subterránea a través de subdrenajes profundos en áreas adyacentes a la berma de la carretera.
- Subdrenajes horizontales en la ladera del depósito coluvial.

Sector Inestable S2-13 (Reptación de suelos, Progresiva km 203+590- km 203+790)

En el Sector II, margen izquierda, talud superior de la carretera Oyón - Ambo, progresiva km 203+590 - km 203+ 790, se mapeo un área donde ocurrió reptación de suelos, de moderada magnitud, se origina por una serie compleja de procesos geológicos en los cuales se traslapan los factores de deterioro de la ladera del cerro, de moderada pendiente 37°- 50°, corresponde a la masa rocosa lutita de la Formación Casapalca, en el cual los elementos de susceptibilidad (Relieve y propiedades mecánicas), factor de seguridad (Equilibrio entre fuerzas actuantes y fuerzas resistentes), y condiciones de deterioro (Alteración física y química), asimismo, las lluvias y el clima relacionado con los procesos de humedecimiento y secado de la lutita de carácter expansiva actuó en forma conjunta hasta originar la reptación de suelos.

Bajo este concepto, se admite que la reptación de suelos se activó con movimiento subsuperficial, muy lenta, sin una superficie de falla definida, a una profundidad que va desde unos centímetros hasta unos metros.

Los elementos externos que generaron reptación de suelos son:

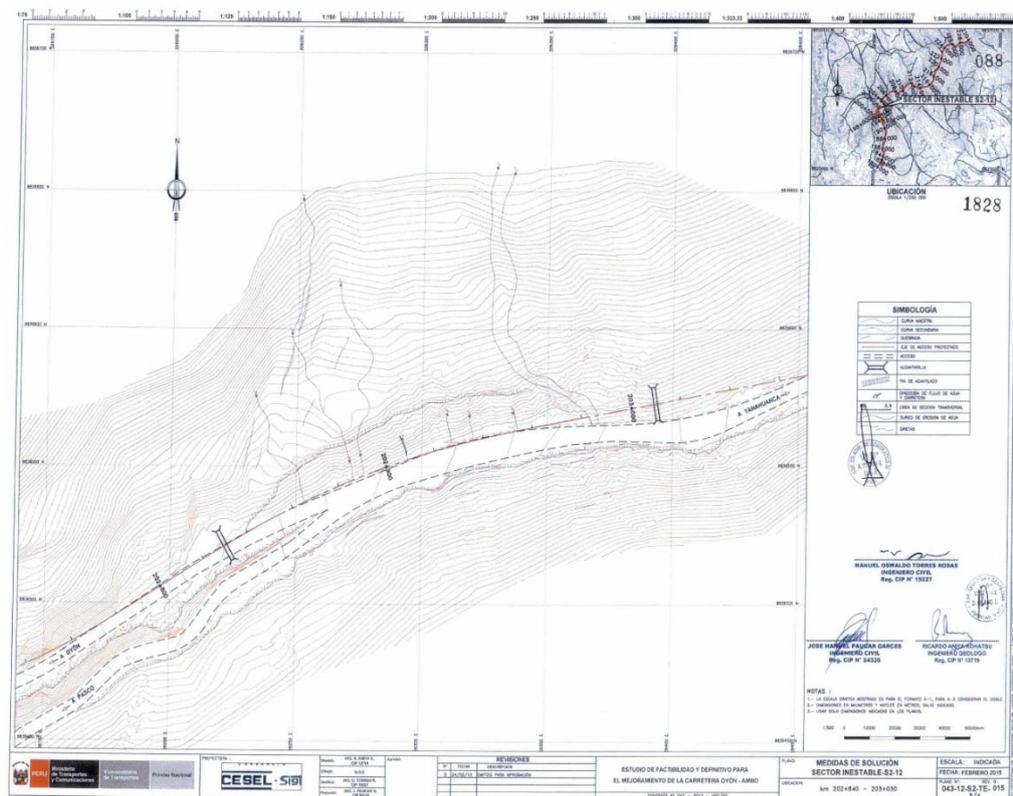
- Alteración climática relacionada con los procesos de humedecimiento y secado de la lutita, de carácter expansiva.
- Los procesos de expansión y contracción de la lutita. Sin embargo se considera que no es pre-requisito para que ocurra reptación de suelos.
- Erosión de la estructura estratigráfica superficial de la lutita, asentado en la ladera del depósito coluvial.
- Fluctuaciones moderadas del nivel de agua subterránea, por lluvias intensas y prolongadas, en la zona inferior de la ladera del cerro.

- Escorrentía superficial dispersa, a través de la ladera del depósito coluvial hacia su zona inferior, adyacente a la berma de la carretera.
- Erosión y saturación de la estructura estratigráfica de la lutita en el pie de la ladera del depósito coluvial, adyacente a la berma de la carretera.

Alternativas de estabilización del área de reptación de suelos

- Diseño de la geometría de la ladera del depósito coluvial, localizado en la zona superior de la carretera a través de banquetas
- Control de escorrentía superficial a través de cunetas de coronación y alcantarillado adyacente a la carretera
- Monitoreo periódico del área donde ocurrió reptación de suelos.

Figura 10 Medidas de solución de sectores inestables



Nota. Esta figura muestra las medidas de solución de sectores inestables de la zona de estudio. Tomado del estudio Geológico de la Obra

Mejoramiento de Carretera Oyón-Ambo, Tramo II: Km 181(Dv. A Cerro de Pasco) - Km 230 (Dv. Chacayán).

4.2.2. Características físico-mecánicas de los suelos de la subrasante entre las progresivas km. 200+480 al km. 204+830

En el sector de estudio, se ha realizado previamente una evaluación deflectométrica, con la finalidad de definir las zonas o sectores de suelos blandos a fin de determinar las profundidades de mejoramientos de suelos mediante calicateo. Finalmente, en función a los resultados obtenidos del análisis de los estratos encontrados y sus condiciones físico-mecánicas se han usado los criterios técnicos pertinentes a fin de determinar las profundidades de mejoramiento de suelos.

Los criterios a tener en cuenta para justificar el reemplazo tendrán que ver con el tipo de suelo existente y sus características físicas y mecánicas (corte en plataforma actual y zonas de ensanches), así como de la capacidad portante de dichos materiales en su situación actual y en su situación más crítica; utilizando para ello ensayos de laboratorio debidamente ejecutados, con equipos calibrados y personal calificado.

Evaluación de los mejoramientos propuestos

Evaluación de los ensayos realizados

En el reporte de suelos se puede observar que se han ejecutado calicatas en forma intercalada en ambos lados de la plataforma existente en el periodo de evaluación y zonas de ensanche del trazo proyectado, cumpliendo la realización de una calicata a cada 250 m, y con una profundidad mínima de 1.50 m. En las tablas siguientes se muestran el resumen de los resultados de los ensayos estándar de suelos y los resultados de los ensayos de laboratorio, para 02 Sectores Nuevos

(Km. 203+880 – Km. 203+960 LI/LD) y (Km. 203+960 – Km. 204+100 L.I), el cual se encuentran dentro del tramo.

Ensayos de las muestras obtenidas en el Trazo Principal (PL)

A continuación, se muestra el cuadro resumen de los ensayos de las muestras obtenidas en el Trazo Principal, dentro del tramo km. 200+480 al 204+830.

Tabla 2 *Resultados de ensayos de las muestras realizados en el Trazo Principal (PL)*

N°	CALICATA N°	UBICACIÓN KM	LADO	MUEST. N°	PROFUND. (m)	HUM. NAT.	LIM. LIQ.	IND. PLAS.	CLASIFICACION		PROCTOR MODIFIC.		CBR		
									AASHTO	SUCS	M.D.S (gr/cm3)	O.C.H. (%)	95% (%)	100% (%)	IN-SITU (%)
									80	C-080	KM 200+503	IZQ.	M-01	0.00 - 0.20	4.0
	C-080	KM 200+503	IZQ.	M-02	0.20 - 1.50	28.4	50	12	A-7-5(7)	MH	1.577	20.5	3.2	4.1	3.4
81	C-081	KM 200+720	IZQ.	M-01	0.00 - 0.30	3.0	20	6	A-1-b(0)	GC - GM	-	-	-	-	-
	C-081	KM 200+720	IZQ.	M-02	0.30 - 1.50	16.7	34	13	A-6(9)	CL	-	-	-	-	-
82	C-082	KM 201+012	IZQ.	M-01	0.00 - 0.50	4.6	22	9	A-2-4(0)	GC	-	-	-	-	-
	C-082	KM 201+012	IZQ.	M-02	0.50 - 1.50	13.8	28	10	A-4(0)	SC	-	-	-	-	-
83	C-083	KM 201+262	IZQ.	M-01	0.00 - 0.80	3.8	24	11	A-2-6(0)	GC	-	-	-	-	-
	C-083	KM 201+262	IZQ.	M-02	0.80 - 1.50	14.9	54	18	A-2-7(2)	GM	-	-	-	-	-
84	C-084	KM 201+510	DER.	M-01	0.00 - 0.30	4.1	23	6	A-1-a(0)	GC - GM	-	-	-	-	-
	C-084	KM 201+510	DER.	M-02	0.30 - 0.90	21.7	23	5	A-1-b(0)	GC - GM	-	-	-	-	-
	C-084	KM 201+510	DER.	M-03	0.90 - 1.50	23.6	29	7	A-2-4(0)	GC	-	-	-	-	-
85	C-085	KM 201+760	DER.	M-01	0.00 - 0.80	10.3	30	12	A-2-6(0)	GC	-	-	-	-	-
	C-085	KM 201+760	DER.	M-02	0.80 - 1.50	16.9	42	28	A-7-6(21)	CL	-	-	-	-	-
86	C-086	KM 202+040	IZQ.	M-01	0.00 - 1.50	8.9	24	9	A-4(0)	GC	-	-	-	-	-
87	C-087	KM 202+287	DER.	M-01	0.00 - 1.00	2.5	21	6	A-1-a(0)	GP - GC	-	-	-	-	-
	C-087	KM 202+287	DER.	M-02	1.00 - 1.50	6.8	25	10	A-2-4(0)	GC	-	-	-	-	-
88	C-088	KM 202+500	IZQ.	M-01	0.00 - 0.50	7.8	24	6	A-1-b(0)	GC - GM	2.085	12.2	24.4	30.4	21.8
	C-088	KM 202+500	IZQ.	-	Roca Sana	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
89	C-089	KM 202+750	DER.	M-01	0.00 - 0.80	4.3	30	15	A-2-6(0)	GC	-	-	-	-	-
	C-089	KM 202+750	DER.	-	Roca Sana	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
90	C-090	KM 203+078	DER.	M-01	0.00 - 0.70	4.4	30	12	A-2-6(0)	GC	-	-	-	-	-
	C-090	KM 203+078	DER.	M-02	0.70 - 1.50	9.9	40	22	A-6(16)	CL	-	-	-	-	-
91	C-091	KM 203+303	DER.	M-01	0.00 - 1.20	5.6	26	9	A-2-4(0)	GC	-	-	-	-	-
	C-091	KM 203+303	DER.	-	ROCA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
92	C-092	KM 203+500	DER.	M-01	0.00 - 1.50	14.3	56	28	A-7-6(24)	CH	-	-	-	-	-
93	C-093	KM 203+750	DER.	M-01	0.00 - 0.60	1.8	32	13	A-2-6(0)	GC	-	-	-	-	-
	C-093	KM 203+750	DER.	M-02	0.60 - 1.50	2.2	31	9	A-2-4(0)	GC	-	-	-	-	-
94	C-094	KM 203+996	DER.	M-01	0.00 - 1.20	8.9	24	11	A-6(0)	SC	-	-	-	-	-
	C-094	KM 203+996	DER.	M-02	1.20 - 1.50	11.3	30	12	A-2-6(0)	GC	-	-	-	-	-
95	C-095	KM 204+240	DER.	M-01	0.00 - 0.80	2.6	26	9	A-2-4(0)	GC	-	-	-	-	-
	C-095	KM 204+240	DER.	M-02	0.80 - 1.50	3.0	29	13	A-6(1)	GC	-	-	-	-	-
96	C-096	KM 204+480	DER.	M-01	0.00 - 1.50	9.1	39	7	A-4(0)	GM	2.152	8.1	28.1	35.4	29.4
97	C-097	KM 204+720	DER.	M-01	0.00 - 1.50	5.3	20	8	A-2-4(0)	GC	-	-	-	-	-

Nota. Elaboración propia

Ensayos de las muestras obtenidas para Sub drenes, en el Trazo Principal (SD)

No se realizaron calicatas de exploración para Sub drenes para el tramo descrito del km 200+480 al km 204+830.

Ensayos de las muestras auxiliares obtenidas en el Trazo Principal (AU)

A continuación, se muestra el cuadro resumen de los ensayos de las muestras auxiliares obtenidos en el Trazo Principal, dentro del tramo km. 200+480 al km. 204+830.

Tabla 3 *Resultados de ensayos de las muestras auxiliares realizados en el Trazo Principal (AU)*

N°	UBICACIÓN KM	LADO	MUEST. N°	PROFUND. (m)	HUM. NAT.	LIM. LIQ.	IND. PLAS.	CLASIFICACION	
								AASHTO	SUCS
16	KM 200+940	EJE	M-001	0.00 - 0.50	7.4	23	7	A-2-4(0)	GC
	KM 200+940	EJE	M-002	0.50 - 1.50	11.2	27	10	A-4(0)	SC
17	KM 201+855	DER.	M-001	0.00 - 0.80	9.4	30	11	A-2-6(0)	GC
	KM 201+855	DER.	M-002	0.80 - 1.50	16.1	42	29	A-7-6(19)	CL

Nota. Elaboración propia

Tabla 4 *Ensayos de las muestras obtenidas para Mejoramiento, en el Trazo Principal (MJ)*

N°	UBICACIÓN KM	LADO	FECHA	MUEST. N°	PROFUND. (m)	HUM. NAT.	LIM. LIQ.	IND. PLAS.	CLASIFICACION	
									AASHTO	SUCS
17	KM 201+363	EJE	20-09-12	M-001	0.00 - 0.40	24.9	59	22	A-7-5(27)	MH
	KM 201+363	EJE	19-09-12	M-002	0.40 - 1.50	18.2	60	23	A-7-5(27)	MH
18	KM 202+140	IZQ.	16-05-14	M-001	0.00 - 1.20	14.8	40	16	A-6(4)	GC
	KM 202+140	IZQ.	-	-	Roca Sana	-	-	-	-	-
19	KM 202+913	EJE	20-09-12	M-001	0.00 - 0.30	13.7	40	10	A-4(2)	GM
	KM 202+913	EJE	20-09-12	M-002	0.30 - 1.50	10.2	42	13	A-7-6(7)	ML

Nota. Elaboración propia

Sectores en roca identificados proyectados para colocar una capa de concreto hidráulico

A continuación, se muestra en la tabla el resumen de los sectores de roca, dentro del tramo km. 202+480 al km. 202+700.

Tabla 5 Sectores de rocas identificados en el Trazo Principal

N°	Tramo		Lado	Longitud (m)
	km	km		
1	Km 202+480	km 202+700	D-I	220

Nota. Elaboración propia

Consideraciones para el % CBR – subrasante / terreno de fundación, para carreteras de segunda clase, según Índice medio diario anual (400 – 2000 veh/día).

Tabla 6 % de CBR en función a la subrasante para zona de mejoramiento

CBR %	CLASIFICACION GENERAL	USOS	CLASIFICACION SUCS	CLASIFICACION AASHTO
0 a 3	Subrasante Inadecuada	SUBRASANTE	CL, ML, MH, CH, OH	A5, A6, A7
>= 3 a 6	Subrasante Insuficiente		SC, SM, MH, CH, OH	A4, A5, A6, A7
>= 6 a 10	Subrasante regular		GM, GC, SM, SC, CL	A2, A4, A6, A7
>= 10 a 20	Subrasante bueno		GM, GP, SM, SP	A1b, A2, A3, A4, A6, A7
>= 20 a 30	Subrasante muy buena		GW, GP, GM, SW, SP, SM	A1a, A2, A3
>= 30	Subrasante excelente		GW, GP, GM, SW, SP, SM	A1a, A2, A3

Nota. Elaboración propia

Determinación de los sectores de mejoramiento de subrasante

Se identificaron sectores que requieren de mejoramientos de suelos, para el tramo del km 200+480 a km 204+830, se ha identificado los sectores de mejoramiento como indica en la siguiente tabla.

Tabla 7 Sectores de mejoramiento identificados (Solución convencional)

Nro.	INICIO	FINAL	Carril	Observaciones	VOLUMEN
	km	km			
50	200+480	200+640	Der.	Filtraciones en suelos limo arcillosos	614.32
	200+640	200+800	Der.		614.32
51	200+900	201+040	Der.	Filtraciones en arcillas rojas	383.95
52	201+230	201+280	Der.	Suelos limo arcillosos húmedos con depósitos de agua	191.97
	201+280	201+440	Der.		877.6
53	202+070	202+240	Izq.	Filtraciones en suelos limo gravosos	652.71
54	202+860	203+000	Der.	Deslizamiento de talud, zona de arcillas rojas y filtraciones	537.53
55	203+000	203+300	Izq.	Filtraciones en arcillas rojas y lutitas	1645.5
56	203+420	203+660	Izq.	Arcillas rojas y lutitas	1316.4

Nota. Elaboración propia

En la tabla se dan los resultados de ensayos de las muestras obtenidas en los sectores identificados de mejoramiento, para el tramo del km 200+480 a km 204+830.

Tabla 8 Resultados de ensayos en muestras obtenidas en los sectores de Mejoramiento

Nro.	PROGRESIVAS		Tipo	UBIC. KM	LADO	MUEST. N°	PROFUND. (m)		H. N.	L. L.	I. P.	CLASIFICACION	
	INICIO	FINAL					AASHTO	SUCS					
	km	km											
50	200+480	200+640	PL	200+503	IZQ.	M-02	0.20	1.50	28.4	50	12	A-7-5(7)	MH
50	200+640	200+800	PL	200+720	IZQ.	M-02	0.30	1.50	16.7	34	13	A-6(9)	CL
51	200+900	201+040	PL	201+012	IZQ.	M-02	0.50	1.50	13.8	28	10	A-4(0)	SC
52	201+230	201+280	PL	201+262	IZQ.	M-01	0.00	0.80	3.8	24	11	A-2-6(0)	GC
52	201+280	201+440	MJ	201+363	EJE	M-01	0.00	0.40	24.9	59	22	A-7-5(27)	MH
53	202+070	202+240	MJ	202+140	IZQ.	M-01	0.30	1.20	14.8	40	16	A-6(4)	GC
54	202+860	203+000	MJ	202+913	EJE	M-02	0.30	1.50	10.2	42	13	A-7-6(7)	ML
55	203+000	203+300	PL	203+078	DER.	M-02	0.70	1.50	9.9	40	22	A-6(16)	CL
56	203+420	203+660	PL	203+500	DER.	M-01	0.00	1.50	14.3	56	28	A-7-6(24)	CH

Nota. Elaboración propia

Determinación de la profundidad de mejoramiento de subrasante

Las profundidades de mejoramiento para los sectores identificados, para el tramo del km 200+480 a km 204+830, se dan bajo los siguientes criterios y se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 9 Profundidades de mejoramiento

Nro.	TRAMO		UBICACIÓN CALICATA	CLASIF. SUCS	MUESTRA	PROF. (M)	PROFUNDIDAD DE MEJORAMIENTOS			PROFUNDIDAD DE MEJORAMIENTO A CONSIDERAR (m)	TRAMO		CARRIL DE MEJORAMIENTO
	INICIO	FINAL					CARGA ADMISIBLE	AASHTO 93	SUELOS EXPANSIVOS		INICIO	FINAL	
	km	km									km	km	
50	200+480	200+640	200+503	MH	M-02	0.20 1.50	0.50	0.55	0.70	0.70	200+480	200+640	Der.
50	200+640	200+800	200+720	CL	M-02	0.30 1.50	0.50	-	0.70	0.70	200+640	200+800	Der.
51	200+900	201+040	201+012	SC	M-02	0.50 1.50	0.50	-	-	0.50	200+900	201+040	Der.
52	201+230	201+280	201+262	GC	M-01	0.00 0.80	0.50	-	0.70	0.70	201+230	201+280	Der.
52	201+280	201+440	201+363	MH	M-01	0.00 0.40	0.50	-	1.00	1.00	201+280	201+440	Der.
53	202+070	202+240	202+140	GC	M-01	0.30 1.20	0.50	-	0.70	0.70	202+070	202+240	Izq.
54	202+860	203+000	202+913	ML	M-02	0.30 1.50	0.40	-	0.70	0.70	202+860	203+000	Der.
55	203+000	203+300	203+078	CL	M-02	0.70 1.50	0.50	-	1.00	1.00	203+000	203+300	Izq.
56	203+420	203+660	203+500	CH	M-01	0.00 1.50	0.50	-	1.00	1.00	203+420	203+660	Izq.

Nota. Elaboración propia

Evaluación de campo de comprobación para el mejoramiento de subrasante

Metodología de evaluación según las especificaciones técnicas

El mejoramiento de subrasante con material de cantera, indica la necesidad de efectuar ensanches de la vía debido al diseño geométrico o sustentará la existencia de materiales inadecuados por debajo de la subrasante, para lo cual planteará su proceso constructivo teniendo en consideración la metodología siguiente:

- a. Con la finalidad de determinar la calidad de los suelos de fundación, tanto en los ensanches como en la plataforma, de ser factible, se procede a auscultarlos realizando una evaluación deflectométrica con VIGA BENKELMAN, definiendo previamente el nivel de deflexión admisible máximo.
- b. Una vez definidos los posibles sectores, se procederá a determinar la caracterización de los suelos tanto en plataforma como en terreno de fundación, efectuando calicatas (profundidad mínima de 1.50 m.), a intervalos indicados por el Supervisor.

Tabla 10 *Ensayo y pruebas realizados*

Ensayos/Pruebas
Granulometría
Humedad Natural – Humedad Óptima
Límites de consistencia – Índice de plasticidad
Clasificación AAHSTO - SUCS
CBR

Nota. Elaboración propia

- c. Los resultados obtenidos, de las pruebas anteriormente descritos, determinan los criterios geotécnicos para decidir el reemplazo del sector estudiado.
- d. La supervisión verificará y ordenará la necesidad de sustituir el material inadecuado con los espesores establecidos en el expediente técnico o lo indicado por el Supervisor.

Evaluación deflectométrica in situ – después de concluidas las explanaciones

Debido a que las evaluaciones realizadas en el estudio han sido realizadas como máximo a cada 250 metros, con una profundidad de 1.50 metros, para determinar los sectores de mejoramientos, asimismo se entiende que esta fue realizada sobre la trocha carrozable existente, la cual en muchas oportunidades está a tenido mantenimientos rutinarios con aporte de material y sobre todo faltando realizar los cortes y ensanches del diseño geométrico final, la cual recién presentara el ancho real de la plataforma.

Por lo tanto, una vez terminadas las explanaciones y definido el nivel de deflexión admisible máximo conjuntamente con la supervisión de obra (116.2 x 10-2 mm), luego nos hemos valido de la “Metodología de la Viga Benkelman” (Método de Burmister – Dos Capas), solo para determinar las “Zonas Blandas o Magras” y así poder realizar una sectorización de esta zona, para dar pase a las auscultaciones de los suelos en esos sectores y determinar las propiedades índices

y características de los mismos, por lo tanto una vez caracterizados los suelos de las “Zonas Blandas o Magras”, recién se procedió a calcular las alturas de mejoramientos.

Luego se procedió a una evaluación deflectométrica de los 02 Sectores Nuevos, en los que se detectaron deflexiones mayores a la deflexión máxima admisible de la subrasante (116.2×10^{-2} mm).

Tabla 11 *Evaluación de reflectometría*

Sector	Deflexión de Control x 10^{-2} mm.	
	Km. 181+000 - Km. 214+640	Km. 214+640 - Km. 230+000
Subrasante	116.2	117.0

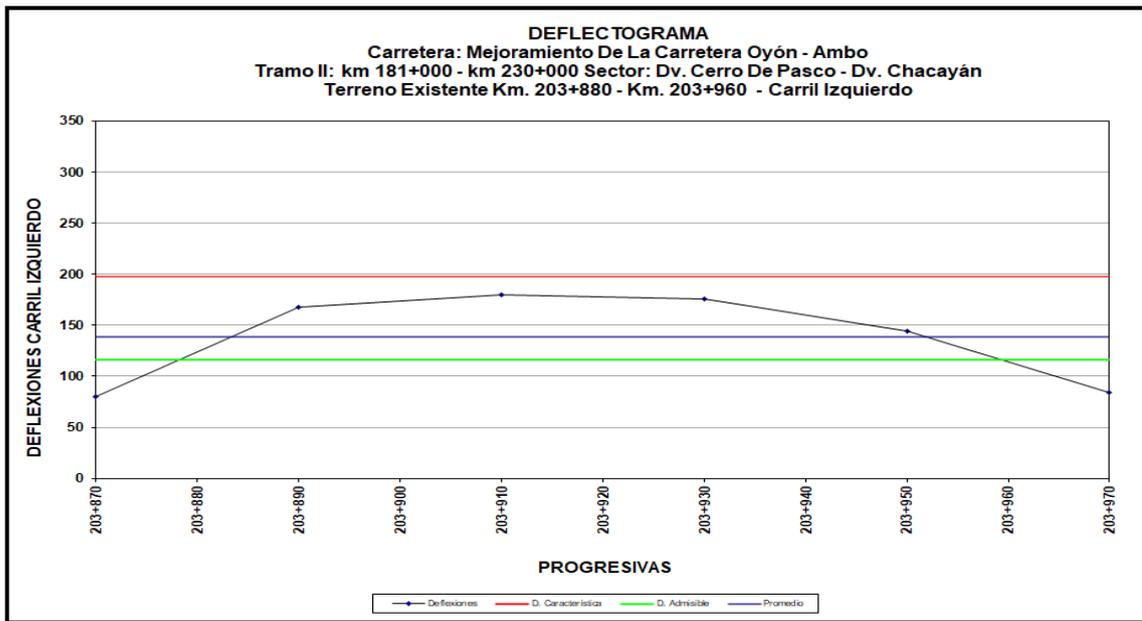
Nota. Elaboración propia

En las siguientes figuras se pueden apreciar los resultados de la evaluación deflectométrica que se ha realizado.

En las figuras se mostrará, la línea horizontal de color verde representa la deflexión máxima admisible a nivel de subrasante que es de 116.2×10^{-2} mm. En las figuras, se puede apreciar las progresivas, donde se han obtenido resultados de deflexión mayores a la deflexión máxima admisible, por lo que se analizará si es necesario hacer un mejoramiento de la subrasante mediante los resultados obtenidos del análisis de suelos de las calicatas ubicadas en estos o cerca de estos puntos.

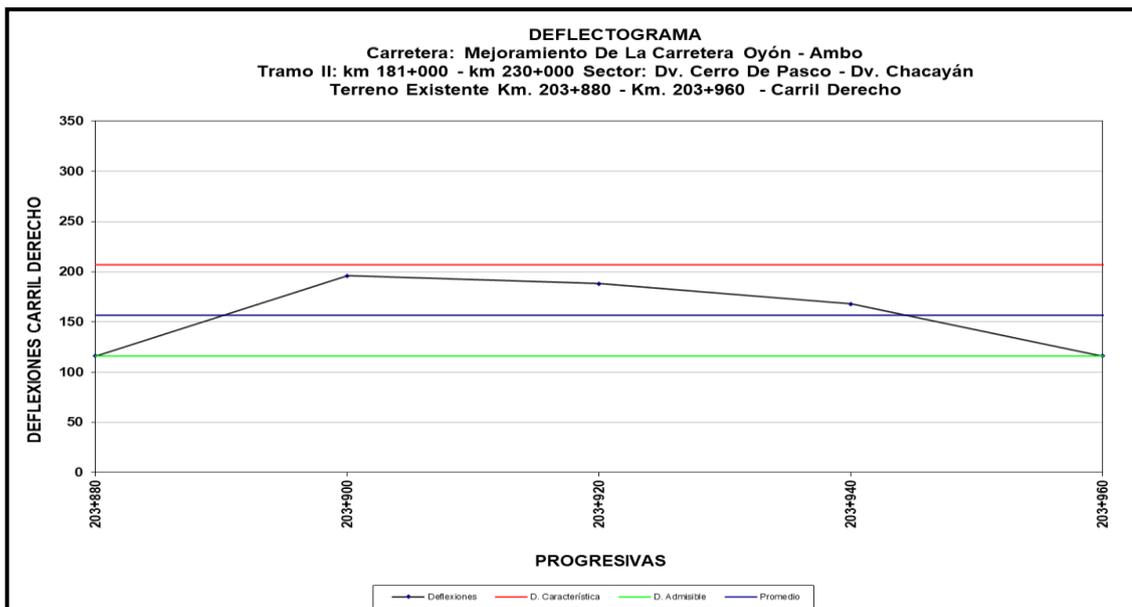
Sector Nuevo N°01 (Km. 203+880 – Km. 203+960)

Figura 11 Lado Izquierdo de la vía



Nota. Elaboración propia.

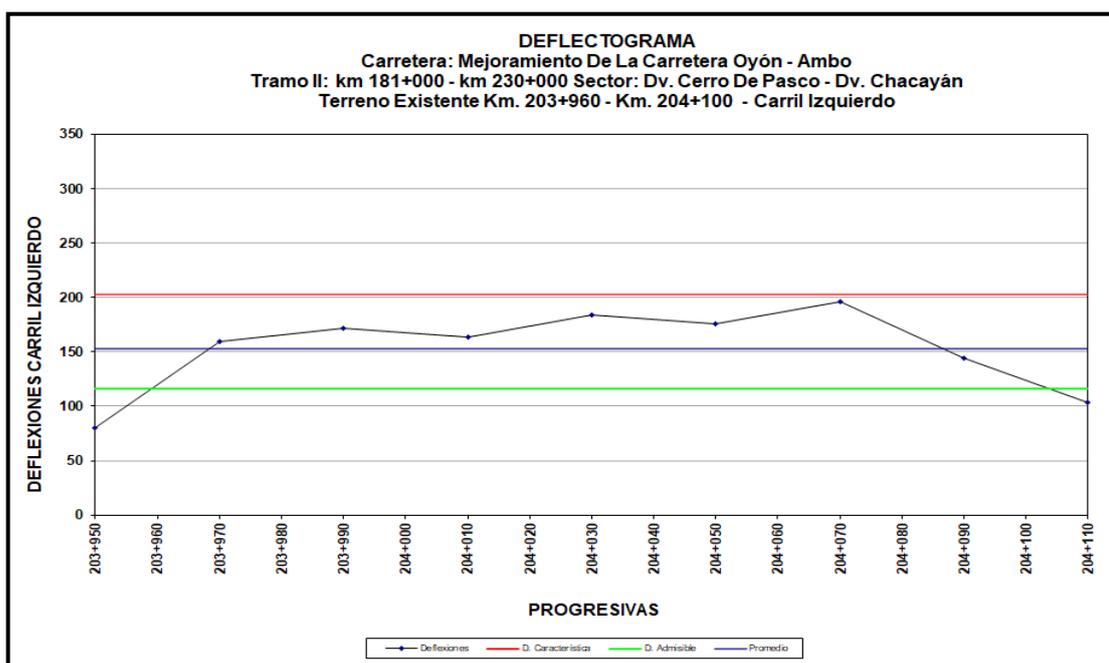
Figura 12 Lado derecho de la vía



Nota. Elaboración propia.

Sector Nuevo N°02 (Km. 203+960 – Km. 204+100)

Figura 13 Lado izquierdo de la vía



Nota. Elaboración propia.

Sectorización del mejoramiento de subrasante

De la evaluación deflectométrica se confirma que se identificaron los sectores en los que se aplicarán los diferentes criterios técnicos para definir la profundidad de mejoramiento de la subrasante.

Tabla 12 Lado izquierdo

N°	UBICACIÓN KM	DEFLEXIÓN D0 x 10-2mm	N° CALICATA	CALICATA KM	PROGRESIVAS	
					INICIO km	FINAL km
1	203+920	157	01	203+920	203+880	203+960
2	204+030	139	02	204+030	203+960	204+100

Nota. Elaboración propia

Tabla 13 Lado derecho

N°	UBICACIÓN KM	DEFLEXIÓN D0 x 10-2mm	N° CALICATA	CALICATA KM	PROGRESIVAS	
					INICIO km	FINAL km
1	203+910	153	03	203+910	203+880	203+960

Nota. Elaboración propia

Tabla 14 Resultados de ensayos de muestras realizadas km 203+910

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422 - MTC E107 - MTC E204 - ASTM C136)							
PROCEDENCIA : PLATAFORMA		TAMANO MÁXIMO : 3"			N° REGISTRO : -		
UBICACIÓN : KM. 203+910		LADO : DER			REALIZADO : H.A.M.E		
MATERIAL : TERRENO EXISTENTE		CALICATA : C-03			ING. RESPONSABLE : C.P.H		
PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50		MUESTRA : M-1					
TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
10"	254.000						
6"	152.400						Peso inicial seco : 15980.0 gr.
5"	127.000						Peso fracción : 955.8 gr.
4"	101.600						
3"	76.200				100.0		Contenido de Humedad (%) : 16.1
2 1/2"	60.350	926.0	5.8	5.8	94.2		
2"	50.800	845.0	5.3	11.1	88.9		Límite Líquido (LL): 35.7
1 1/2"	38.100	602.0	3.8	14.8	85.2		Límite Plástico (LP): 17.0
1"	25.400	1138.0	7.1	22.0	78.0		Índice Plástico (IP): 18.7
3/4"	19.000	706.0	4.4	26.4	73.6		Clasificación (SUCS) : GC
1/2"	12.500	937.0	5.9	32.3	67.7		Clasificación (AASHTO) : A-2-6 (0)
3/8"	9.500	695.0	4.3	36.6	63.4		Índice de Consistencia : 1.05
1/4"	6.350						
Nº 4	4.750	1648.0	10.3	46.9	53.1		Descripción (AASHTO): REGULAR
Nº 8	2.360						Descripción (SUCS): Grava arcillosa con arena
Nº 10	2.000	338.2	18.8	65.7	34.3		
Nº 16	1.190						Materia Orgánica : -
Nº 20	0.840						
Nº 30	0.600						CU : 0.000 CC : 0.000
Nº 40	0.425	248.8	13.8	79.5	20.5		
Nº 50	0.300						Material > 3" :
Nº 80	0.177						Material > Nº04 - < 3" : 46.9
Nº 100	0.150						Material > Nº200 - < Nº04 : 36.3
Nº 200	0.075	65.7	3.6	83.2	16.8		Material < Nº200 : 16.8
< Nº 200	FONDO	303.1	16.8	100.0			

Nota. Elaboración propia

Tabla 15 Resultados de ensayos de muestras realizadas km 204+030

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422 - MTC E107 - MTC E204 - ASTM C136)							
PROCEDENCIA : PLATAFORMA		TAMANO MÁXIMO : 1/2"			N° REGISTRO : -		
UBICACIÓN : KM. 204+030		LADO : IZQ.			REALIZADO : H.A.M.E		
MATERIAL : TERRENO EXISTENTE		CALICATA : C-02			ING. RESPONSABLE : C.P.H		
PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50		MUESTRA : M-1					
TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
10"	254.000						
6"	152.400						Peso inicial seco : 1450.0 gr.
5"	127.000						Peso fracción : 550.0 gr.
4"	101.600						
3"	76.200						Contenido de Humedad (%) : 15.6
2 1/2"	60.350						
2"	50.800						Límite Líquido (LL): 37.3
1 1/2"	38.100						Límite Plástico (LP): 18.8
1"	25.400						Índice Plástico (IP): 18.5
3/4"	19.000						Clasificación (SUCS) : CL
1/2"	12.500				100.0		Clasificación (AASHTO) : A-6 (10)
3/8"	9.500	120.0	8.3	8.3	91.7		Índice de Consistencia : 1.17
1/4"	6.350						
Nº 4	4.750	132.0	9.1	17.4	82.6		Descripción (AASHTO): MALO
Nº 8	2.360						Descripción (SUCS): Arcilla gravosa de baja plasticidad con arena
Nº 10	2.000	46.0	6.9	24.3	75.7		
Nº 16	1.190						Materia Orgánica : -
Nº 20	0.840						
Nº 30	0.600						CU : 0.000 CC : 0.000
Nº 40	0.425	35.0	5.3	29.5	70.5		
Nº 50	0.300						Material > 3" :
Nº 80	0.177						Material > Nº04 - < 3" : 17.4
Nº 100	0.150						Material > Nº200 - < Nº04 : 15.2
Nº 200	0.075	20.4	3.1	32.6	67.4		Material < Nº200 : 67.4
< Nº 200	FONDO	448.6	67.4	100.0			

Nota. Elaboración propia

Tabla 16 Resultados de ensayos de muestras realizadas km 204+030

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422 - MTC E107 - MTC E204 - ASTM C136)							
PROCEDENCIA : PLATAFORMA		TAMANO MÁXIMO : 3"			N° REGISTRO : -		
UBICACIÓN : KM. 203+920		LADO : IZQ			REALIZADO : H.A.M.E		
MATERIAL : TERRENO EXISTENTE		CALICATA : C-01			ING. RESPONSABLE : C.P.H		
PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50		MUESTRA : M-1					
TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
10"	254.000						
6"	152.400						Peso inicial seco : 16228.0 gr.
5"	127.000						Peso fracción : 986.3 gr.
4"	101.600						
3"	76.200				100.0		Contenido de Humedad (%) : 16.3
2 1/2"	60.350	980.0	6.0	6.0	94.0		
2"	50.800	874.0	5.4	11.4	88.6		Límite Líquido (LL): 35.8
1 1/2"	38.100	620.0	3.8	15.2	84.8		Límite Plástico (LP): 17.6
1"	25.400	1147.0	7.1	22.3	77.7		Índice Plástico (IP): 18.2
3/4"	19.000	756.0	4.7	27.0	73.0		Clasificación (SUCS) : GC
1/2"	12.500	964.0	5.9	32.9	67.1		Clasificación (AASHTO) : A-2-6 (0)
3/8"	9.500	746.0	4.6	37.5	62.5		Índice de Consistencia : 1.07
1/4"	6.350						
Nº 4	4.750	1754.0	10.8	48.3	51.7		Descripción (AASHTO): REGULAR
Nº 8	2.360						Descripción (SUCS): Grava arcillosa con arena
Nº 10	2.000	325.6	17.1	65.4	34.6		
Nº 16	1.190						Materia Orgánica : -
Nº 20	0.840						
Nº 30	0.600						CU : 0.000 CC : 0.000
Nº 40	0.425	252.4	13.2	78.6	21.4		
Nº 50	0.300						Material > 3" :
Nº 80	0.177						Material > N°04 - < 3" : 48.3
Nº 100	0.150						Material > N°200 - < N°04 : 33.6
Nº 200	0.075	63.2	3.3	81.9	18.1		Material < N°200 : 18.1
< Nº 200	FONDO	345.1	18.1	100.0			

Nota. Elaboración propia

Criterios técnicos para determinar la profundidad de Mejoramiento de Subrasante

Los principales criterios técnicos para la determinación de la profundidad de mejoramiento son los siguientes:

- ✓ Suelos con potencial expansivo
- ✓ Carga Admisible
- ✓ Baja de Capacidad de Soporte (AASHTO 93)

c) *Suelos con potencial expansivo - (Km. 203+880 – Km. 203+960 L.I/L.D) y (Km. 203+960 – Km. 204+100 L.I)*

Como es de conocimiento, los suelos con presencia de materiales finos son altamente susceptibles al aumento del contenido de humedad. Mediante el empleo del contenido de humedad natural y los límites de Atterberg, se determinan el Índice de Liquidez (IL), el Índice de Consistencia (IC), el Índice de Compresibilidad (Cc) y Potencial de expansión (PE), a fin de

verificar la existencia de suelos blandos en la subrasante los que se determinan bajo las siguientes expresiones y conceptos:

- **Índice de Liquidez**

El comportamiento esfuerzo-deformación depende de la cantidad de agua que albergue en sus poros. El Índice de Liquidez (IL) de un suelo es la consistencia relativa de un suelo cohesivo en estado natural y nos permite conocer si su comportamiento es similar al de un sólido frágil, plástico o líquido. Su valor se determina a través de la siguiente expresión:

$$IL = \frac{W_n - LP}{IP}$$

Dónde:

IL = Índice de Liquidez

W_n = Humedad natural

LP = Límite plástico

IP = Índice plástico

Tabla 17 Índice de liquidez.

Índice de Liquidez	Comportamiento del Suelo
IL < 0	Sólido. No se puede amasar
0 < IL < 1	Plástico
IL > 1	Masa viscosa

Nota. Elaboración propia

Cuando el Índice de Liquidez alcanza valores mayores a la unidad se degrada la resistencia del suelo completamente y como consecuencia, altera sus propiedades plásticas haciendo fluir al suelo como si fuese un líquido.

En general los suelos con $IL > 0$ (comportamiento plástico o líquido viscoso) deben ser eliminados y reemplazados por otros suelos de mejor calidad generalmente suelos granulares.

- **Índice de Consistencia (IC)**

Nos permite determinar el grado de consistencia de los suelos relacionada con la cantidad de agua que es capaz de absorber, desde muy blandos a duros, a partir de la siguiente expresión:

$$IC = \frac{LL - W_n}{IP}$$

Dónde:

IC = Índice de Consistencia

LL = Límite Líquido

W_n = Humedad Natural

IP = Índice Plástico

Tabla 18 Índice de consistencia

Índice de Consistencia	Estado	Consistencia del Suelo
IC < 0	Líquido	Muy blanda
0 < IC < 0.25	Semi líquido	Blanda
0.25 < IC < 0.50	Plástico muy blando	Media
0.50 < IC < 0.75	Plástico blando	Rígida
0.75 < IC < 1.00	Plástico duro	Muy rígida
IC > 1.00	Sólido	Dura

Nota. Elaboración propia

En general, si el índice de consistencia está por debajo de 0.50 el suelo tiene una consistencia de un barro líquido y prácticamente no es posible compactarlo, cuando el IC está entre 0.50 y 0.75 la compactación es muy

difícil, y cuando el IC es mayor de 0.75 la compactación es posible pero poco eficaz; se requiere un valor mayor a 1 para decir que la compactación será eficaz.

- **Índice de Compresibilidad**

La deformación de suelos cohesivos, aún bajo cargas relativamente pequeñas, ha sido tradicionalmente reconocida por los técnicos como un problema de fundamental interés, por ser causa de graves deficiencias de comportamiento. Posiblemente el problema más grave que entraña un suelo de cimentación fino y compresible, es el que se refiere a los asentamientos que en él pueden producirse al recibir la sobrecarga que representan los terraplenes o la misma estructura del pavimento. Dichos asentamientos pueden causar:

- Pérdida de bombeo, pues la presión ejercida por el terraplén es mayor bajo el centro de la corona que bajo los hombros.
- Aparición de asentamientos diferenciales en el sentido longitudinal, por heterogeneidad en el terreno de fundación, estos producen perjuicios en la funcionalidad del camino, en el pavimento, en el drenaje superficial, etc.
- Disminución de la altura del terraplén, grave cuando se atraviesan zonas inundables o inundadas, como son los pantanos a los lados de la carretera.
- Perjuicios en el comportamiento de las obras de drenaje menor, al asentarse más en el centro que en los extremos.
- Agrietamiento en la corona del pavimento, especialmente cuando esta es muy ancha y cuando el pavimento tiene bermas.

Terzaghi y Peck, demuestran que el Índice de Compresibilidad de un suelo puede ser expresado en función al límite líquido:

$$I_c = 0.009 (LL - 10) \quad \text{para arcillas no disturbadas o inalteradas}$$

$$I_c = 0.007 (LL - 10) \quad \text{para arcillas disturbadas o alteradas.}$$

Tabla 19 Índice de compresibilidad

Índice de Compresibilidad	de Compresibilidad del Suelo
0.00 < IC < 0.19	Baja
0.20 < IC < 0.39	Media
0.39 < IC < 0.60	Alta

Nota. Elaboración propia

Para evitar o reducir los efectos de los asentamientos deben, siempre que sea posible, elegirse emplazamientos sobre terrenos estables donde se han de esperar asentamientos pequeños; en caso contrario puede excavarse el terreno y sustituirlo por un material de mejor calidad.

- **Potencial de Expansión (PE)**

Los suelos expansivos son un tipo de arcillas que tienen la facultad de incorporar moléculas de agua en su estructura. El cambio de contenido de humedad genera también cambios en el volumen del suelo. Las causas por la expansión son las siguientes:

- Anegación localizada.
- Ascensión capilar del agua proveniente de un nivel freático.
- Periodos concentrados de alta precipitación combinados con un sistema de drenaje deficiente.
- Variación del contenido de humedad de la arcilla por construcción sobre ella.

De acuerdo a las especificaciones técnicas del proyecto, en caso de suelos con potencial expansivo alto o muy alto, deberán ser reemplazados hasta una profundidad de un metro.

Un método indirecto para identificar el potencial de expansión está en función de los límites de Atterberg el cual da una categorización de acuerdo al valor del índice de plasticidad IP. Así tenemos la siguiente tabla de identificación:

Tabla 20 *Potencial de expansión*

IP	Límite Líquido	Potencial de Expansión
0 – 12	20 – 35	Bajo
12 – 23	35 – 50	Medio
23 – 32	50- 70	Alto
>32	> 70	Muy Alto

Nota. Elaboración propia

Las ecuaciones de la U.S. Army Corps of Engineers, para el cálculo de la expansión libre y expansión final, esta última bajo sobrecarga o confinamiento:

$$S_f (\%) = 2.27 + 0.131 \times LL - 0.27 \times W_o$$

$$S (\%) = S_f \times [1 - 0.72\sqrt{(P_s)}]$$

Donde:

S_f = Expansión libre (%)

LL = Límite Líquido (%)

W_o = Humedad Natural (%)

S = Expansión final (%)

P_s = Presión de sobrecarga (kg/cm²) por material encima del suelo expansivo.

d) Criterio de Carga Admisible - (Km. 203+880 – Km. 203+960 L.I/L.D) y (Km. 203+960 – Km. 204+100 L.I)

De la estimación de la profundidad de los mejoramientos por baja capacidad de soporte CBR, la correlación entre el Índice de Consistencia definido como una relación entre el Límite Líquido, la Humedad Natural y el Índice Plástico del material y la calificación de los suelos según los estados Líquido, Plástico Muy Blando, Plástico Semi Blando, Plástico, Plástico Semi Rígido, Rígido y Sólido, a partir de los cuales se determina un rango de características en cuanto a valores de Resistencia a la Compresión No Confinada (q_u), para cuyo efecto se presenta una adaptación de la Tabla 4. Guide for Consistency of Fined Grain Soils, publicado por a NAVFAC DM-7.3 (Naval Facilities Engineering Command), según se indica a continuación.

Tabla 21 Guía para la consistencia de suelos de grano fino

NAVFAC DM 7.03 Y TENG (*)		G. E. BARNES SOIL MECHANICS	
Consistencia a la Presion Manual (*) kg/cm2		IC = Indice de Consistencia f(LL, LP, Wn)	
Liquido	0.025	liquido (limite liquido)	< 0
Plastico Muy blando	0 a 0.25	Plastico Muy Blando	0-0.25
Plastico Semi Blando	0.25 a 0.50	Plastico Semi Blando	0.25-0.50
Plastico	0.50-0.75	Plastico	0.50-0.75
Plastico semirigido	0.75 a 1	Plastico semirigido (LP)	0.75 a 1.00
Rigido LC (**)	1 a 2	Rigido (LC) (**)	1.00 a 2.00
Solido LC (**)	2-4	Solido (volumen constante) (**)	2.00-4.00

Nota. Fuente: tomada de Naval Facilities Engineering

Así mismo, los valores de la cohesión c y q_{adm} , se determinan por:

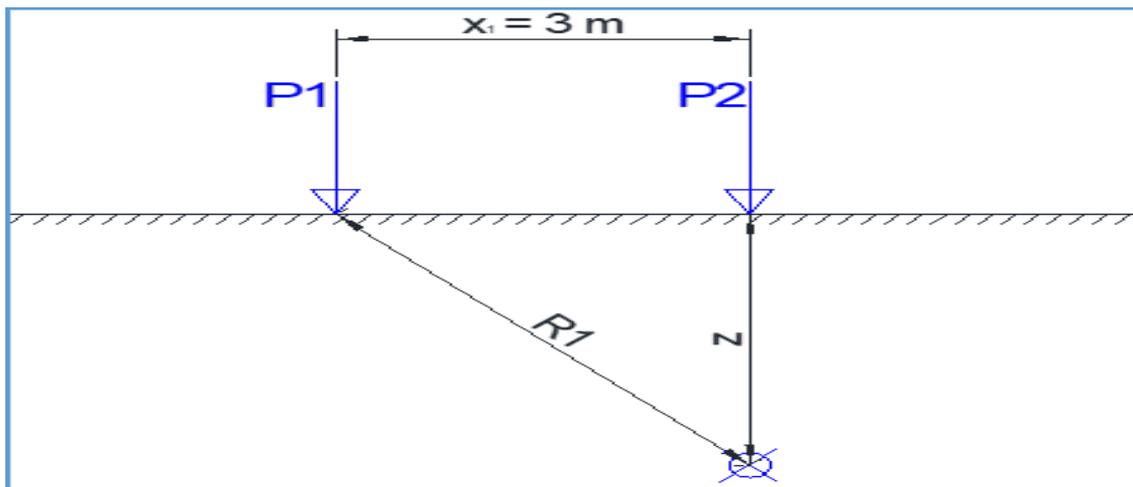
$$c = 0.5 \times q_u$$

$$q_{adm} = c \times N_c/3$$

$$N_c = 5.14$$

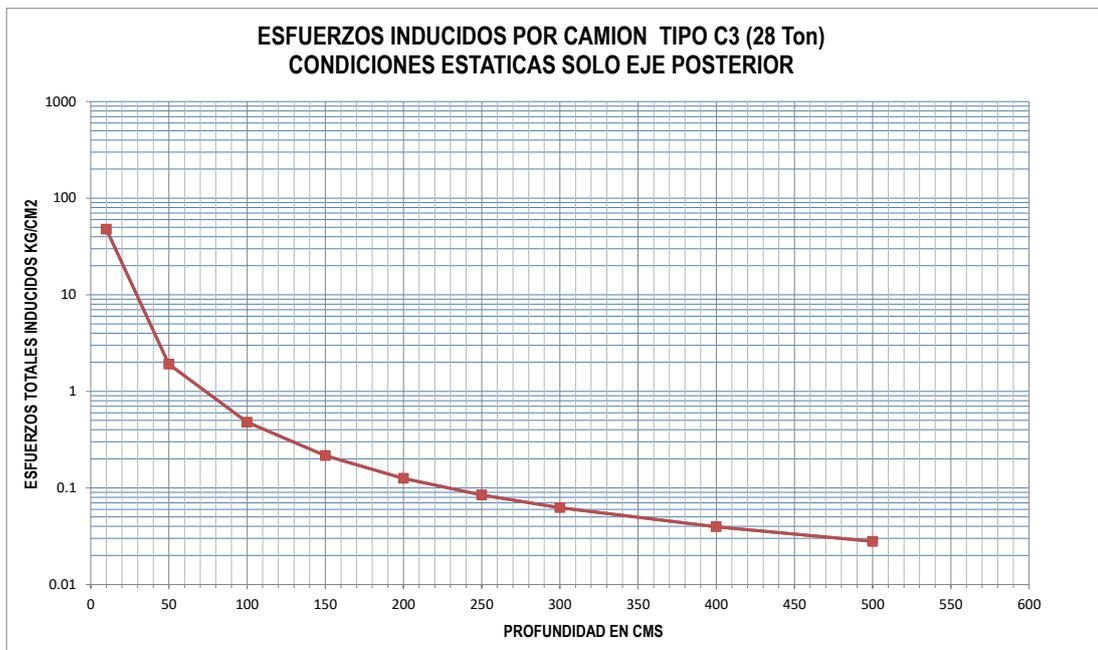
Luego, la estimación de la profundidad de mejoramiento por baja capacidad portante es determinada a partir de la gráfica calculada por evaluación analítica de la influencia de los esfuerzos de un vehículo tipo C3 de peso 28 Tn según las condiciones de obra, a diferentes profundidades, para cuyo efecto utiliza la teoría de Boussinesq.

Figura 14 Esquema de esfuerzos inducidos por un camión tipo C3



Nota. Elaboración propia

Figura 15 Esfuerzos inducidos por un camión tipo C3



Nota. Elaboración propia

Se considera que la profundidad de reemplazo será aquella en la que la carga actuante es similar a la capacidad portante admisible q_{adm} .

- e) ***Baja capacidad de soporte - (Km. 203+880 – Km. 203+960 L.I/L.D) y (Km. 203+960 – Km. 204+100 L.I)***

Para la determinación de las alturas de mejoramiento de suelos con baja capacidad de soporte, se ha tomado en consideración los criterios de la Guía de Diseño AASHTO – 93,

En el caso de los espesores de mejoramiento, calculados en base a la capacidad de soporte CBR, se considera que son aplicables en suelos pobres (CBR < 6%). El procedimiento seguido conforme a la Guía AASHTO – 93, consiste en el cálculo el SNb del pavimento para 20 años, considerando que el material a emplear tendrá un CBR mayor a 20% e IP menor a 11%. Luego se calculará el SNa con el material de subrasante con CBR menor a 6%. Determinándose luego la diferencia algebraica de los números estructurales, obteniéndose el espesor de mejoramiento, considerando los coeficientes estructurales (a_i) y de drenaje (m_i), según la siguiente relación.

$$\Delta SN = SNa - SNb$$

$$E = \Delta SN / (a_i \times m_i)$$

Donde:

E : Espesor de mejoramiento en cm.

a_i : Coeficiente estructural del material a colocar cm^{-1} .

m_i : Coeficiente de drenaje de material a colocar

A partir de esta expresión, para los suelos con CBR < 6% al 95% de su MDS, muy pobres o pobres, con reemplazo de material de relleno de CBR > 20% al 95% de su MDS; y coeficiente de capa adoptado de 0.08 correspondiente

a una subrasante muy pobre y pobre, y coeficiente de drenaje de 0.90, se verifican los espesores de mejoramiento por baja capacidad de soporte.

Análisis de resultados

Zonas principales donde se requiere los mejoramientos

De acuerdo a la evaluación es la necesidad de realizar trabajos de mejoramientos, sin embargo, hay que demostrar bajo qué situaciones se realizarán estos trabajos. La plataforma actual cuenta con una capa de material afirmado el cual recibe trabajos de mantenimiento temporales, indicativo de una situación donde la plataforma actual y parte del terreno natural bajo ésta han sido sometidos a cargas y se encuentran compactos y consolidados. Considerando esta premisa indicamos las situaciones sobre las cuales se tendrá que evaluar la aplicación o no de trabajos de mejoramiento:

Situación donde se tenga la subrasante del proyecto por debajo de la rasante actual de la plataforma, de tal forma que nos encontremos sobre el terreno natural retirando la capa de material afirmado actual el cual se encuentra compacto.

Situación donde se realicen trabajos de conformación de terraplenes sobre el terreno natural, generalmente ocurren por los trabajos de ampliación de la plataforma actual (ensanches). En esta situación también se tomará en cuenta la diferencia de rigideces entre la plataforma existente y la zona de ensanche.

En general es de suma importancia la evaluación del suelo del terreno sobre el cual se encuentra la vía proyectada. Además, estas situaciones también se encuentran condicionadas por la forma del diseño geométrico de la carretera ya que nos permite definir los tramos donde se presentarán las situaciones mencionadas anteriormente.

Exploraciones realizadas y ensayos de laboratorio

Antes de esta etapa se procedió a evaluar la información disponible, donde se observa que las exploraciones realizadas presentan diferencias con lo encontrado en campo. Es por ello que se realizaron exploraciones para verificación de lo descrito. Durante la etapa de evaluación en campo, entre las progresivas km 200+480 al km 204+830 (02 Sectores Nuevos) ((Km. 203+880 – Km. 203+960 L.I/L.D) y (Km. 203+960 – Km. 204+100 L.I), se realizaron un total de 03 exploraciones tipo calicata en la zona de la plataforma de la vía, hasta una profundidad máxima de 1.50 m o hasta donde se encuentra roca, tratando en lo posible de que sean en la misma zona donde el Expediente realizó sus propias exploraciones, pero no necesariamente, dándole prioridad a los sectores o puntos que mediante inspección de campo se consideraron más críticas y factibles de ser analizadas. Para las exploraciones se realizó el logeo de la calicata, la toma de muestra de los estratos encontrados para la realización de los siguientes ensayos:

- Análisis Granulométrico por tamizado (ASTM D-422).
- Limite Líquido (ASTM D-423) y del Limite Plástico (ASTM D-424).
- Contenido de Humedad Natural (ASTM D-2216).
- Clasificación de Suelos por el Método SUCS y por el Método AASHTO.

Asimismo, se consideró que era mejor realizar los ensayos de Capacidad Soporte CBR en calicatas preferentemente diferentes. Se tomó muestras para la realización de estos ensayos, también se tomó muestras donde al realizar el logeo se observó diferencias entre lo descrito y lo encontrado en la exploración. Las muestras se sometieron a los siguientes ensayos:

- Ensayo de Proctor Modificado (ASTM D-1557)
- California Bearing Ratio - CBR (ASTM D-1883)

Resultados de laboratorio

- A continuación, se muestra una tabla resumen de los ensayos de laboratorio efectuados:

Tabla 22 Resultados de ensayos en muestras obtenidas de las calicatas

N° CALICATA	UBICACIÓN (km)	LADO	MUESTRA	PROF. (m)	MATERIAL			HUMEDAD NATURAL	LÍMITES DE CONSISTENCIA			CLASIFICACION		PROCTOR		CBR 0.1" 95%	EXP.
					% GRAVA	% ARENA	% FINO		LL	LP	IP	AASHTO	SUCS	MDS	OCH		
C-01	KM. 203+920	IZQ.	M-1	0.00 - 1.50	48.3	33.6	18.1	16.3	35.8	17.6	18.2	A-2-6 (0)	GC	1.976	10.4	39.2	0.83
C-02	KM. 204+030	IZQ.	M-1	0.00 - 1.50	17.4	15.2	67.4	15.6	37.3	18.8	18.5	A-6 (10)	CL	1.866	12.7	5.8	7.81
C-03	KM. 203+910	DER.	M-1	0.00 - 1.50	46.9	36.3	16.8	16.1	35.7	17.0	18.7	A-2-6 (0)	GC	1.999	10.6	38.9	0.76

Nota. Elaboración propia

Determinación del mejoramiento de Suelos

Se han analizado estos sub sectores por todos los criterios y para cada criterio aplicado se ha determinado una profundidad de mejoramiento, adoptándose finalmente como profundidad de mejoramiento el valor máximo obtenido mediante alguno de los criterios técnicos.

Tabla 23 Suelos con potencial expansivo - Lado Izquierdo

N°	PROGRESIVA		N° CALICATA	UBICACIÓN (km)	LADO	MUESTRA	PROF. (m)	HUM. NAT.	LÍMITES DE CONSISTENCIA		ÍNDICE DE CONSISTENCIA		ÍNDICE DE COMPRESIBILIDAD		ÍNDICE DE LIQUIDEZ		EXPANSION LIBRE Sf (%)	POTENCIAL DE EXPANSION ESTADO	PROFUNDIDAD DEL MEJORAMIENTO (m)
	INICIO	FINAL							LL	IP	I.C	ESTADO	C.C	ESTADO	I.L	ESTADO			
1	203+880	203+960	C-01	KM.203+920	IZQ.	M-1	0.00 - 1.50	16.3	35.8	18.2	1.07	Sólido	0.23	Mediana	-0.07	Sólido	2.56	Medio	0.70
2	203+960	204+100	C-02	KM.204+030	IZQ.	M-1	0.00 - 1.50	15.6	37.3	18.5	1.17	Sólido	0.25	Mediana	-0.17	Sólido	2.94	Medio	0.70

Nota. Elaboración propia

Tabla 24 Suelos con potencial expansivo - Lado Derecho

N°	PROGRESIVA		N° CALICATA	UBICACIÓN (km)	LADO	MUESTRA	PROF. (m)	HUM. NAT.	LÍMITES DE CONSISTENCIA		ÍNDICE DE CONSISTENCIA		ÍNDICE DE COMPRESIBILIDAD		ÍNDICE DE LIQUIDEZ		EXPANSIÓN LIBRE Sf(%)	POTENCIAL DE EXPANSIÓN ESTADO	PROFUNDIDAD DEL MEJORAMIENTO (m)
	INICIO	FINAL							LL	IP	I.C	ESTADO	C.C	ESTADO	I.L	ESTADO			
3	203-880	203-960	C-03	KM.203-910	DER	M-1	0.00-1.50	16.1	35.7	18.7	1.05	Sólido	0.23	Mediana	-0.05	Sólido	2.80	Medio	0.70

Nota. Elaboración propia

Tabla 25 Carga Admisible – Lado Izquierdo

N°	PROGRESIVA		N° CALICATA	UBICACIÓN (km)	LADO	MUESTRA	PROF. (m)	HUM. NAT.	LÍMITES DE CONSISTENCIA		ÍNDICE DE CONSISTENCIA		"qu" RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA	COMPRESIÓN "c" ESTIMADA EN kg/m ²	"qadm" CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE	PROFUNDIDAD DEL MEJORAMIENTO (cm)	PROFUNDIDAD DEL MEJORAMIENTO (m)
	INICIO	FINAL							LL	IP	I.C	ESTADO					
1	203-880	203-960	C-01	KM.203-920	IZQ	M-1	0.00-1.50	16.3	35.8	18.2	1.07	Sólido	2.00	1.00	1.71	50	0.50
2	203-960	204-100	C-02	KM.204-030	IZQ	M-1	0.00-1.50	15.6	37.3	18.5	1.17	Sólido	2.00	1.00	1.71	50	0.50

Nota. Elaboración propia

Tabla 26 Carga Admisible – Lado Derecho

N°	PROGRESIVA		N° CALICATA	UBICACIÓN (km)	LADO	MUESTRA	PROF. (m)	HUM. NAT.	LÍMITES DE CONSISTENCIA		ÍNDICE DE CONSISTENCIA		"qu" RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA	COMPRESIÓN "c" ESTIMADA EN kg/m ²	"qadm" CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE	PROFUNDIDAD DEL MEJORAMIENTO (cm)	PROFUNDIDAD DEL MEJORAMIENTO (m)
	INICIO	FINAL							LL	IP	I.C	ESTADO					
3	203-880	203-960	C-03	KM.203-910	DER	M-1	0.00-1.50	16.1	35.7	18.7	1.05	Sólido	2.00	1.00	1.71	50	0.50

Nota. Elaboración propia

Tabla 27 Criterio. Baja de Capacidad de Soporte (AASHTO 93) – Lado

Izquierdo

N°	PROGRESIVA		N° CALICATA	UBICACIÓN (km)	LADO	MUESTRA	PROF. (m)	CBR (%)	Mr	W18	SNr	SN ₀	ΔSN	m COEF. DRENAJE	a ₃ COEF. ESTRU. C.B.R ≥20	PROFUNDIDAD DEL MEJORAMIENTO CALCULADO (h ₃)		PROFUNDIDAD DEL MEJORAMIENTO (m)
	INICIO	FINAL														95	(pulg)	
1	203-880	203-960	C-01	KM.203-920	IZQ	M-1	0.00-1.50	39.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	203-960	204-100	C-02	KM.204-030	IZQ	M-1	0.00-1.50	5.8	7870.2	5.07E+06	3.07	4.06	0.99	0.90	0.08	13.75	35	0.35

Nota. Elaboración propia

Tabla 28 Criterio. Baja de Capacidad de Soporte (AASHTO 93) – Lado

Derecho

N°	PROGRESIVA		N° CALICATA	UBICACIÓN (km)	LADO	MUESTRA	PROF. (m)	CBR (%)	Mr	W18	SNr	SN ₀	ΔSN	m COEF. DRENAJE	a ₃ COEF. ESTRU. C.B.R ≥20	PROFUNDIDAD DEL MEJORAMIENTO CALCULADO (h ₃)		PROFUNDIDAD DEL MEJORAMIENTO (m)
	INICIO	FINAL														95	(pulg)	
3	203-880	203-960	C-03	KM.203-910	DER	M-1	0.00-1.50	38.9	-	-	-	4.06	-	-	-	-	-	-

Nota. Elaboración propia

Tabla 29 Resumen de Sectores de Mejoramiento y sus respectivas profundidades- Lado Izquierdo

Nro.	UBICACIÓN CALICATA	CLAS. SUCS	MUESTRA Nº	PROF. (M)	PROFUNDIDAD DE MEJORAMIENTOS			PROFUNDIDAD DE MEJORAMIENTO A CONSIDERAR	PROGRESIVAS		CARRIL
					CARGA ADMISIBLE	CAPACIDAD DE SOPORTE	SUELOS EXPANSIVOS		INICIO KM	FINAL KM	
1	KM. 203+920	CL	M-1	0.00 - 1.50	0.50	-	0.70	0.70	203+880	203+960	IZQ
2	KM. 204+030	CL	M-1	0.00 - 1.50	0.50	0.35	0.70	0.70	203+960	204+100	IZQ

Nota. Elaboración propia

Tabla 30 Resumen de Sectores de Mejoramiento y sus respectivas profundidades - Lado Derecho

Nro.	UBICACIÓN CALICATA	CLAS. SUCS	MUESTRA Nº	PROF. (M)	PROFUNDIDAD DE MEJORAMIENTOS			PROFUNDIDAD DE MEJORAMIENTO A CONSIDERAR	PROGRESIVAS		CARRIL
					CARGA ADMISIBLE	CAPACIDAD DE SOPORTE	SUELOS EXPANSIVOS		INICIO KM	FINAL KM	
3	KM. 204+030	CL	M-1	0.00 - 1.50	0.50		0.70	0.70	203+880	203+960	DER

Nota. Elaboración propia

Sectorización final y mejoramientos recomendados

Luego de un recorrido de campo, e inspeccionar los trabajos de corte y verificar la ubicación de los puntos con presencia de filtraciones, procedemos a ajustar las progresivas de inicio y fin y las profundidades de mejoramiento de subrasante en base a los siguientes criterios:

- La profundidad de mejoramiento de subrasante mínima, en todos los casos será de 0.70 m.
- Los criterios de contenido de humedad natural en condición de alto contenido de humedad, presencia de filtraciones de agua, y los índices de liquidez y de consistencia, determinan una profundidad máxima de mejoramiento de 0.70 m.

Finalmente, obtenemos la siguiente tabla, que corresponde a una sectorización para la ejecución del mejoramiento de subrasante.

Tabla 31 Sectorización final de mejoramientos

SECTORIZACION FINAL DE MEJORAMIENTOS						
PROGRESIVAS		CARRIL	LONGITUD	CARRIL		PROFUNDIDAD DE MEJORAMIENTO DESDE NIVEL DE SUBRASANTE
INICIO KM	FINAL KM			I	D	
203+880	203+960	IZQ.	80.00	X		0.70
203+880	203+960	DER.	80.00		X	0.70
203+960	204+100	IZQ.	140.00	X		0.70
TOTAL LADO DERECHO				80.0 ml		
TOTAL LADO IZQUIERDO				220.0 ml		
TOTAL				300.0 ml		

Nota. Elaboración propia

4.2.3. Características de la cantera como material de sub base y base entre las progresivas km. 200+480 al km. 204+830

Estudio de canteras

Investigación de campo

Exploración

Reconocimiento de campo en lugares circundantes a la franja del Proyecto, fijando áreas donde existan materiales cuyas características son aparentes para su explotación y por consiguiente para su empleo como agregados para la construcción de la carretera.

Excavación de calicatas en canteras de agregados

En cada cantera se han realizado excavaciones de calicatas para determinar las características del material y su potencia. Cada calicata se excavó hasta su profundidad explotable, las calicatas han sido ubicadas convenientemente en toda el área de la cantera, se han efectuado tres prospecciones por hectárea y/o exploraciones como mínimo.

En cada calicata excavada se ha realizado la clasificación de fragmentos gruesos mediante una selección manual de los materiales correspondientes a bolones, cantos y del material mayor de 3", obteniéndose una distribución

cuantitativa. Considerando que el material útil será de tamaño menor o igual a 3", se determina el valor cuantitativo del volumen de material menor de 3", así como también, el tamaño máximo del material presentado en la cantera.

En cada calicata excavada, se ha realizado el registro del perfil estratigráfico (según la norma ASTM D-2488), describiendo el tipo de material encontrado: clasificación técnica; forma del material granular; color, porcentaje estimado de bolonería y presencia de material orgánico; contenido de humedad; Índice de plasticidad / compresibilidad. En cada calicata se extrajo muestras alteradas representativas para su evaluación en el laboratorio.

Levantamiento geológico en canteras de rocas y/o afloramientos rocosos

Se ha realizado el levantamiento geológico, describiendo de forma cualitativa el macizo rocoso, efectuando para ello la descripción petrográfica macroscópica de la roca, definición de las características del afloramiento (volumen, fracturamiento y dimensiones de los bloques) y la correspondiente recomendación de la metodología para el procesamiento y explotación. Esta descripción se detalla en cada cantera que corresponde a afloramiento rocoso.

Levantamiento topográfico. Se ha hecho el levantamiento topográfico para determinar el área y la potencia de la cantera así como también la ubicación y longitud del acceso con respecto al proyecto Este levantamiento se encuentra en el volumen de planos del Estudio

Trabajos de laboratorio. Con el objeto de determinar las características, propiedades y calidad del material, así como el uso del material de cada cantera, con las muestras disturbadas extraídas en la investigación de campo se han

realizado ensayos estándar de clasificación y ensayos especiales de calidad en laboratorio, considerando para ello las normas técnicas vigentes

Ensayos estándar de clasificación de suelos	Norma
Análisis granulométrico por tamizado	MTC E-204
Material que pasa la malla N° 200	MTC E-202
Límite líquido y Límite plástico pasa N° 40 y N° 200	MTC E-110, E-111
Contenido de humedad	MTC E-108
Clasificación SUCS	ASTM D-2487
Clasificación AASHTO	AASHTO M-145
Ensayos Especiales	Norma
Proctor Modificado	MTC E-115
Relación de soporte de California (CBR)	MTC E-132
Porcentaje de partículas chatas y alargadas	ASTM D-4791
Porcentaje con una y dos caras de fractura	MTC E-210
Porcentaje de terrones de arcilla y partículas friables	MTC E-112
Gravedad específica y absorción de los agregados	MTC E-205 y E-206
Equivalente de arena	MTC E-114
Abrasión máquina de los Ángeles	MTC E-207
Durabilidad	MTC E-209
Adhesividad de la arena Riedel Weber	MTC E-220
Adhesividad de la grava	MTC E-517
Contenido sales solubles totales	MTC E-219
Contenido de sulfatos, cloruros	NTP 339.152,176,177,178
Contenido de impurezas orgánicas	MTC E-213
Peso volumétrico de los agregados	MTC E-203
Contenido de partículas livianas	MTC E-211
Contenido de carbón y lignito	MTC E-215
Reactividad sílice-álcali	MTC E-217
Análisis petrográfico macroscópico	-

Conforme señala la norma MTC E-132 y EG-2000, la relación de soporte de los agregados es reportada a 0.1".

Descripción de las canteras de la zona de estudio

En el Sector II, dentro del área del proyecto no se disponen de canteras de cauce de río, en consecuencia, se exploraron como canteras depósitos morrénicos, depósitos coluviales y macizos rocosos. Bajo estas consideraciones en el presente estudio se identificaron 02 macizos rocosos como canteras para la producción de materiales para base granular, carpeta asfáltica y mezcla de concreto cemento pórtland, Fue necesario incluir 02 canteras de origen fluvial, que se identificó

fuera del área del proyecto, para complementar la producción de los materiales antes señalados. De igual modo se identificaron 03 canteras de cerro para la selección de materiales de relleno.

Cantera Huachos, km 188+200

Ubicación. Se ubica en el Km 188+200, al lado izquierdo de la carretera y a una altitud promedio de 4,236 msnm.

Accesibilidad. Cuenta con un acceso precario, requiere la construcción de un acceso de 497 m de longitud.

Descripción. La cantera Huachos, está conformado por materiales morrénicos, intemperizados depositados en las laderas del valle de Huachos, formando de este modo terrazas apropiadas para su extracción.

Los resultados de laboratorio han permitido determinar que el material típico está conformado por gravas arenolimosas y grava de pobre graduación arcillosas, de forma angular y sub angular, de color amarillo y color gris, tamaño máximo de 8". No presenta impurezas orgánicas. Consecuentemente el material se clasifica en el sistema como SUCS GP-GM, GC-GM, GW, GM, GP, SM y GP-GC y en el sistema AASHTO como A-1-a (0) y A-1-b (0).

Propietario. Esta cantera se encuentra en los terrenos de la Comunidad campesina de Huachos, en ese sentido con el propósito de establecer las condiciones legales y técnicas se viene efectuando las gestiones y coordinaciones con la comunidad y la Municipalidad de Daniel A Carrión; con tal propósito mediante carta TP.124600.018.12 del 13.09.012, se dio inicio los trámites para la obtención de los permisos. Así mismo, mediante carta TP. 124600.044.12 del 29.11.12 se solicitó a PROVIAS NACIONAL, para iniciar las gestiones ante el

Ministerio de Energía y Minas a fin de obtener la inclusión de estas canteras en el pre-catastro minero Nacional.

Potencia. Tiene una potencia total bruta de 165,619 m³, una potencia neta de 152,870 m³ y una potencia útil calculada de 150,271 m³

Uso propuesto. Rellenos

Tratamiento. Para su uso se requiere el tratamiento de extracción directa y zarandeo.

Explotación. Esta se puede realizar con cargador frontal y/o tractor en cualquier época del año, se requerirá de igual modo el uso de explosivos a fin de atenuar los estratos consolidados y rocosos, y su procesamiento puede ejecutarse utilizando zarandas estáticas para su selección.

Evaluación y resultados de laboratorio. Esta cantera fue evaluada con la excavación de 13 calicatas, entre 1.50 m. a 2.50 m de profundidad. Se realizó la evaluación por calicata, considerando la muestra integral de materiales de la cantera para su empleo en obra, la misma que se ha distribuido en botonería mayor, grava y arena disponibles:

Tabla 32 *Distribución porcentual integral de los materiales de cantera*

Agregado	Tamaño	Distribución porcentual
Diámetro máximo 203.3 mm		-
Botonería	>6"	1.7%
Botonería	6"-2"	11.9%
Grava	T - 3/8"	41.5%
Arena	3/8" - <N°200	34.1%
Finos	<N°200	10.8%
Total		100.0%

Nota. Elaboración propia

De la tabla anterior, se observa que se contaría con alrededor del 13.6% de piedra mayor a 2", para su uso como material de relleno en mejoramientos. Mientras que, para el material que se empleará en rellenos de terraplenes, se

dispondría del 86.4% de agregados comprendidos en tamaños de 2" a <N° 200, luego del trabajo de zarandeo.

En cuanto a los agregados con tamaño menor a 3", la distribución porcentual de acuerdo con la evaluación efectuada, es como sigue:

Tabla 33 *Distribución porcentual de agregados*

Agregado	Tamaño	Distribución Porcentual
Grava	3" - N°4	62.9%
Arena	N°4 - N°200	25.4%
Finos	< N° 200	11.7%
Total		100.0%

Nota. Elaboración propia

De acuerdo con requisitos de las especificaciones generales EG-2000, los ensayos practicados a los agregados de la cantera Huachos, muestran los siguientes resultados, en base a los cuales se verifico su uso en el proyecto.

Tabla 34 Resultados de ensayos de laboratorio, cantera Huachus

Ensayos	Resultados	Especificaciones EG-2000 > 3000 msnm	Aplicación y Usos	Observación /Tratamiento
% pasa tamiz N° 200 (%), agregado natural	16.3	-	-	-
Humedad Natural	9	-	-	-
Limite Líquido (%)	23	-	-	-
índice de plástico N° 40 (%), agregado natural	4	<NP <11 <10	RE T (base y cuerpo) T corona	✓
índice de plástico N° 200 (%), agregado natural	6	-	-	-
Clasificación ASSHTO	A-1-a (0) / A-1-b (0)	A-1-a, A-1-b, A-2-4, A-2-6, A-3	(RE,T)	✓
Clasificación SUCS	GP/GM/GW/SM/GC-GM/GP-GC/GP-GM	-	-	-
Máxima densidad gr/cm ³	2.206	-	-	-
Humedad óptima (%)	6.8	-	-	-
CBR al 95 % MDS a 0.1" (%), agregado natural	43.2	-	-	-
CBR al 100% MDS a 0.1" (%), agregado natural	53.9	≥30	RE	✓
Partículas Chatas y Alargadas	12.5	-	-	-
Una cara de fractura, agregado natural	98.4	-	-	-
Dos caras de fractura, agregado natural	95.3	-	-	-
Gravedad específica grava	2.440	-	-	-
Gravedad específica arena	2.493	-	-	-
Absorción grava (%)	1.48	-	-	-

Absorción arena (%)	2.04	-	-	-
Peso unitario suelto grava	1287	-	-	-
Peso unitario suelto arena	1359	-	-	-
Peso unitario compacto grava	1478	-	-	-
Peso unitario compacto arena	1536	-	-	-
Equivalente de arena (%), agregado natural	21	-	-	-
Abrasión (%)	32.6	≤50, ≤60	RE, T	✓
Sales Solubles Grava (%)	0.061	-	-	-
Sales solubles Arena (%)	0.138	-	-	-
Impurezas orgánicas	3	-	-	-

Nota: Los requerimientos de las especificaciones técnicas corresponden en orden correlativo, según los usos y/o aplicación: CH Concreto asfáltica, T Terraplén, RE Relleno estructural, SB Sub base, B Base. CA Carpeta asfáltica.

De acuerdo a la tabla anterior, las características físico-mecánicas de la cantera Huachus demuestran que solo puede ser empleado como material de relleno, debido a las condiciones de laminaridad, que por naturaleza cuenta, y bajo equivalente de arena En el área de la cantera y Sector, no se cuenta con fuentes de agua apropiadas que permitan el lavado del agregado fino a fin de posibilitar su empleo en otro tipo de usos para el proyecto.

Eficiencia y disponibilidad. Tiene una sección para explotación de 42,497 m² y una profundidad de explotación promedio de 4.00 m, obteniéndose un volumen bruto probado de 165,619 m³, según las secciones topográficas.

Tabla 35 Eficiencia y disponibilidad de la cantera

Volúmenes Disponibles	(m³) / (%)	Observaciones
Volumen Bruto (m ³)	165,619	a) Levantamiento topográfico = VB
Material de Cobertura (m ³)	12,749	b) (Área cantera x Eprom.=42,497 x 0.30) = 7.7% VB
Volumen Neto (m ³)	152,870	c) = a) - b) = VN =92.3% VB
Volumen Over > 6" (m ³)	2,599	d) = c) x % Over>6" (1.7%x152,870)
Volumen Desechable (m ³)	15,348	e) = b)+d)
Volumen Util (m ³)	150,271	f) = c)-d)
Eficiencia de la cantera (%)	91	= 100 - % Over >6" - % Material Cobertura 90.7 = 100% VB-1.7%x(92.3% VB)- 7.7% VB

Nota. Elaboración propia

La disponibilidad de materiales se calculó relacionando el volumen total neto con su respectiva eficiencia, obteniendo lo siguiente:

Tabla 36 Eficiencia y disponibilidad de la cantera

Material	Eficiencia	Disponibilidad
Bolonería de desecho > 6"	1.7%	2,599 m ³
Bolonería para rellenos 6" a 2"	11.9%	18,191.5 m ³
Piedra de 2" a 3/8"	41.5%	63,441.0 m ³
Arena menor a 3/8"	34.1%	52,128.6 m ³
Finos (<N° 200)	10.8%	16,509.9 m ³

Nota. Elaboración propia

De acuerdo a la tabla anterior, se aprecia que se tiene disponible un volumen útil de 150,271 m³, considerando que existirá un volumen desechable por presencia de partículas superiores a 6": 2,599 m³, además de 12,479 m³ correspondiente a la capa superficial de cobertura, obteniendo un total de 15,348 m³ como volumen desechable.

Usos y rendimientos. Antes de someterlos al procesamiento, esta cantera nos proporciona materiales de variada gradación para conformar la estructura del pavimento, en este caso esta cantera puede ser utilizada en la conformación de relleno de terraplenes y pedraplenes, y para mejoramientos.

Tabla 37 Usos y rendimientos de la cantera

Utilización	Procesamiento	Rendimiento
Relleno	Extracción directa y Zarandeo	98%

Nota. Elaboración propia

En el caso de los rellenos, del 100% de los materiales de cantera se considera que su aprovechamiento es afectado por la incidencia de las partículas mayores a 6" consideradas como material de rechazo, por lo tanto, su rendimiento es de 98% ($98.3=100- 1.7$).

Cantera Juanita Macizo Rocoso, km 188+600

Ubicación. Se ubica en el km 188+600, al lado izquierdo de la carretera y a una altitud promedio de 4,202 msnm.

Accesibilidad. Se encuentra a un costado de la carretera, en la etapa de explotación se requerirá la construcción de un acceso de 30 m.

Descripción. Sus materiales pertenecen a un afloramiento de roca caliza cuya resistencia varía entre de dura a muy dura, puntualmente en algunos lugares está cubierto por una capa de cobertura de suelo orgánico.

Evaluación del afloramiento rocoso:

- Descripción macroscópica:
Roca Sedimentaria, caliza ligeramente marmolizada, color gris, que intemperiza a un color gris claro con machas amarillentas.
- Grado de meteorización: Poco meteorizada, solo superficialmente
- Textura: No clásica
- Matriz y cemento: Arcillo-calcárea.
- Estructura y fractura: De estructura sedimentaria y fractura irregular, sub-concoidea de superficies semi-asperas al tacto. La roca presenta micro fracturamiento paralelo con planos de separación de 3 cm Al primer golpe

del martillo se rompe en fragmentos de 4 a 8.5 cm de diámetro. Los fragmentos son angulosos de bordes afilados o cortantes.

- Composición mineralógica principal Roca compuesta por calcita (C03Ca).
- Composición mineralógica en menor porcentaje por el color gris de la roca, puede contener algo de arcilla y restos de materia orgánica. Sin embargo esta última se descarta dados los resultados de los ensayos impurezas orgánicas MTC E-213. La roca también presenta venillas de un (1 mm) de grosor de calcita blanca.
- Reacción al ácido clorhídrico. Efervescente fuertemente
- Clasificación macroscópica: caliza afanítica
- Dureza de la roca: Tres (3), puede ser rayada con cuchillo de acero (5.5)

Características del afloramiento: Fracturas por lo general de 0.80 a 1.20 m de espaciamiento

- Tamaño de los bloques: De 0.50 a 2.00 m
- Método de explotación: Voladura controlada y por bancos, de arriba hacia abajo. Durante la explotación debe evitarse contaminación con estratos de lutitas que pudieran tener formaciones geológicas calcáreas.

Propietario. Esta cantera se encuentra en los terrenos de la Comunidad campesina de Huachus, en ese sentido con el propósito de establecer las condiciones legales y técnicas se viene efectuando las gestiones y coordinaciones con la comunidad y la Municipalidad de Daniel A Carrión; con tal propósito mediante carta TP.124600.018.12 del 13.09.012, se dio inicio los trámites para la obtención de los permisos Así mismo, mediante carta TP.124600.044.12 del 29.11.12 se solicitó a PROVIAS NACIONAL, iniciar los gestiones ante el

Ministerio de Energía y Minas a fin de obtener la inclusión de estas canteras en el pre-catastro minero Nacional.

Potencia. Tiene una potencia total bruta de 332.747 m³, potencia neta de 317,559 m³ y una potencia útil calculada de 285,803 m³.

Usos propuestos. Rellenos, base granular, mezcla asfáltica en caliente, mezcla de concreto de cemento portland, filtro para sub drenes y enrocados.

Tratamiento. Para su uso se requiere el siguiente tratamiento

Relleno. Extracción directa luego de las voladuras y zarandeo.

Base granular. Trituración primaria, secundaria y terciaria, zarandeo y mezclado.

Mezclas asfálticas: Trituración primaria, secundaria y terciaria, zarandeo y mezclado. El agregado fino requiere de mezcla 40% de arenas trituradas y 60% de arenas naturales lavadas provenientes de la cantera Agochacan I. El agregado fino y grueso requiere de mejoradores de adherencia. **Mezcla de concreto (fe <210kg/cm²).** Trituración primaria, secundaria y terciaria, y zarandeo.

Mezcla de concreto (fe > 210 kg/cm²). Trituración primaria, secundaria y terciaria, zarandeo y mezclado (el agregado fino requiere de mezclas, 30% de arenas trituradas y 70% de arenas naturales lavadas provenientes de la cantera.

- Filtro para sub drenes : Trituración y/o zarandeo
- Enrocados: Extracción directa luego de las voladuras

Explotación: Debe efectuarse con voladura controlada y por bancos, de arriba hacia abajo. Durante la explotación debe evitarse contaminación con estratos de lutitas que pudieran tener formaciones geológicas calcáreas.

Su procesamiento debe efectuarse con el apoyo de tractores o cargadores frontales para su respectivo acopio y procesamiento en las

plantas de chancado primario, secundario y terciario y su selección con zarandas vibratorias. La explotación puede realizarse en cualquier época del año.

Evaluación y resultados de laboratorio. Con el fin de evaluar los requisitos señalados en las Especificaciones Generales EG-2000. en esta cantera se efectuaron complementariamente ensayos de caracterización físico mecánica del producto triturado de los bloques de roca en laboratorio En base a los resultados obtenidos se definió su uso en el proyecto.

Tabla 38 Resultados de ensayos de laboratorio, cantera Juanita - Macizo

Rocoso

Ensayos	Resultados	EG-2000 2 3000 msnm	Aplicación Usos	Observación Tratamiento
% pasa tamiz N° 200 (%)	6.7		CH	Lavado
% pasa tamiz N° 200 (%) Mezcla (30% - 70%)	4.1	£5	CH	✓
Humedad Natural	1.4	-	-	-
Limite Liquido (%)	18	-	-	-
Indice de plástico N° 40 (%)	NP	<NP, <11. <10, 52, NP	RE. T(Base y Cuerpo) T(Corona) B.CA	✓
Indice de plástico N° 200 (%), agregado natural	3.0	NP	CA	Lavado
índice de plástico N° 200 (%), agregado Mezcla (40% - 60%)	NP			v Á
Clasificación AASHTO	A-1-a(0)	A-1-a, A-1-b, A-2-4, A-2-6 y A-3	(RE.T)	✓ (V
Clasificación SUCS	GP-GM/GW-GM	-	-	-
Máxima densidad gr/cm3	2.140	-	-	-
Humedad óptima (%)	7.0	-	-	-
CBR al 95 % MDS a 0.1" (%)	83.4	-	-	-
CBR al 100% MDS a 0.1" (%)	111.7	£30, £100	RE, B	✓
Partículas Chatas y Alargadas	87	£15, <10, *15(f'c>210kg/c m ²)	B. CA, CH	L
Una cara de fractura	87.2	£80. >65	B,CA	
Dos caras de fractura	59.6	£50. £40	B,CA	

Ensayos	Resultados	EG-2000 > 3000 msnm	Aplicación Usos	Observación Tratamiento
Gravedad específica grava	2.534	-	-	-
Gravedad específica arena	2.651	-	-	-
Absorción grava (%)	0.36	Según Diseño	CA	-
Absorción arena (%)	0.86	Según Diseño	CA	-
Peso unitario suelto grava	1254	-	-	-
Peso unitario suelto arena	1354	-	-	-
Peso unitario compacto grava	1356	-	-	-
Peso unitario compacto arena	1511	-	-	-
Equivalente de arena (%), agregado natural	63.0	£45, £45, £45, (£65(fc£210 kg/cm2), £75(fc>210 kg/cm2)]	RE, B, CA, CH	Mezclado para concreto fc>210 kg/cm ² fc£210 kg/cm ²
Equivalente de arena (%), agregado Mezcla (40% - 60%)	77.0	£45	CA	✓
Equivalente de arena (%), agregado Mezcla (30% - 70%)	79.0	£65(fc£210 kg/cm2), £75(fo210 kg/cm2)	CH	✓
Durabilidad grava (%) OBS.: Sulfato de Magnesio	0.8	518. £15, £18	B.CA.CH	✓
Durabilidad arena (%) OBS: Sulfato de Magnesio	1.6	£15	CH	✓
Abrasión (%)	23.5	£50, £60. £40. £35. £40	RE. T, SB, CA. CH	V
Adhesividad A. grueso (%), agregado natural	<95	£95	CA	Usar aditivo
Adhesividad A grueso (%), agregado tratado	>95			✓
Adhesividad A. fino (a-b), agregado natural	03-06	£6	CA	Usar aditivo
Adhesividad A. fino (a-b), agregado tratado	08-09			✓
Sales Solubles Grava (%)	0.09	£0.5, £0.5	B. CA	
Sales solubles Arena (%)	0.12	£0.55, £0.5	B. CA	✓
Reactividad a los álcalis Grava milimol/L	No Reactivo	Potencialmente reactivo cuando SiO ₂ > R cuando R > 70	CH	✓
SiO₂ Grava	No Reactivo	SiO ₂ > 35 + 0,5 R cuando R < 70		✓
Reactividad a los álcalis Arena milimol/L	No Reactivo	Potencialmente reactivo cuando biO ₂ > R cuando R > 70	CH	✓
SiO₂ Arena	No Reactivo	SiO ₂ > 35 + 0,5 R cuando R < 70	CH	fs
Terrones de arcilla Grava (%)	0 10	£0.25	CH	

A
Í
Í
Á

Terrones de arcilla Arena (%)	0.10	£1.00	CH	V
Partículas livianas Grava (%)	0.01	£1.00	CH	✓
Partículas livianas Arena (%)	0.11	£0.50	CH	✓
Contenido de sulfatos Grava (%)	0.021	£0.06	CH	

Ensayos	Resultados	EG-2000 > 3000 msnm	Aplicación Usos	Observación Tratamiento
Contenido de sulfatos Arena (%)	0.048	S0.06	CH	✓
Contenido de cloruros Grava (%)	0.034	SO. 10	CH	✓
Contenido de cloruro Arena (%)	0.057	s0.10	CH	✓
Carbón y lignito Arena (%)	0.17	S0.5	CH	✓
Impurezas orgánicas	1	s3	CH	✓

Nota. Los requerimientos de las especificaciones técnicas corresponden en orden correlativo, según los usos y/o aplicación CH Concreto hidráulico, T: Terraplén, RE Relleno estructural, SB Sub base, B Base. CA Carpeta asfáltica

De acuerdo con la tabla anterior, las características físico-mecánicas en la cantera Juanita demuestra que el producto resultante de la trituración del macizo rocoso, posibilita su uso como material para enrocados, rellenos (mejoramiento de subrasante), base granular, mezcla asfáltica, concreto de cemento portland y filtro para sub drenes. No obstante, es preciso señalar que existen condicionantes para el tratamiento previo de los agregados, a fin de cumplir con lo señalado por las Especificaciones EG-2000. respecto a los siguientes puntos:

Producto de la trituración, los finos pasantes en la malla N° 200 presentan índices de plasticidad promedio de 3%, restringiendo su uso a altitudes mayores a los 3,000 msnm. En ese sentido se ha evaluado la alternativa de tratamiento de las arenas mediante mezclas con arena lavada proveniente de la cantera Agochacán I (60%), y (40%) de la arena producto de trituración de macizo rocoso evaluado. De acuerdo con los resultados obtenidos se logra un IP, no plástico, lo que posibilita su uso en mezclas asfálticas en altitudes mayores a los 3,000 msnm. No obstante, se debe tener presente que los finos que provienen de este tipo de

roca no representan un agente nocivo para la mezcla asfáltica, en razón de la naturaleza calcárea de la roca, cuya afinidad con los asfaltos son iónicamente compatibles, de ahí que los óxidos de calcio (cal hidratada) son considerados como mejoradores de adherencia tal como señala la sección 424 de las EG-2000

Las arenas producto de la trituración del macizo rocoso presenta absorciones en el agregado fino en promedio de 0 86%, superando las restricciones para su uso en mezclas asfálticas para las condiciones de altura menores a los 3,000 msnm. Situación que se presenta entre el km 219+200 al km 280+694, del Sector de Estudio. Esta restricción puede ser superada mediante el empleo de productos que permitan mejor afinidad del árido y el asfalto, uso de mayores porcentajes de asfaltos, y/o el uso de asfaltos modificados, lo que se traduce finalmente en considerar, "Según Diseño" como define las EG-2000 para los casos con altitudes mayores a 3,000 msnm. Por lo tanto, al superar esta restricción con el tratamiento expuesto líneas atrás, para alturas mayores a los 3,000 msnm, que es la condición más crítica, también se superara para la condiciones de altitudes menores a los 3,000 msnm acuerdo con los ensayos de adhesividad de los agregados con los cementos asfálticos, se observa que los agregados gruesos presentan valores menores de 95% de recubrimiento, además en el caso de los agregados finos el desprendimiento total.

Esta en el limite de 6 para la condición de altitudes mayores a los 3,000 msnm. En ese sentido se ha evaluado la alternativa de tratamiento con mejoradores de adherencia tipo Amina al 0.6% del peso del cemento asfáltico. Con esta dosis se ha logrado recubrimientos mayores al 95% en los agregados gruesos y desprendimientos de 08- 09 en las arenas, consiguiendo de este modo

el cumplimiento de las exigencias para mezclas asfálticas para altitudes mayores y menores a los 3,000 msnm.

Finalmente, en el caso del uso de los agregados para concreto de cemento portland, con materiales producto de la trituración del macizo rocoso, estos resultan con un exceso de finos, aspecto que se traduce en valores inferiores de equivalente de arena que incumplen los requisitos de las EG-2000. En ese sentido se ha evaluado el tratamiento de las arenas mediante mezclas con arena lavada proveniente de la cantera Agochacán I 70% y 30% con arena triturada producto de trituración de macizo rocoso evaluado, superándose de este modo los requisitos de equivalente de arena para concretos en general.

Eficiencia y disponibilidad. Tiene un área para explotación de 37.971 m² y una profundidad de explotación promedio de 8.76 m, obteniéndose un volumen bruto probado de 332,747 m³, según las secciones topográficas.

Tabla 39 *Eficiencia y disponibilidad de la cantera*

Volúmenes Disponibles	(m³) / (%)	Observaciones
Volumen Bruto (m ³)	332,747	a) Levantamiento topográfico
Material de Cobertura (m ³)	15,188	b) (Área cantera x Eprom. = 37,971 x 0.40)= 4.6%VB
Volumen Neto (m ³)	317,559	c) = a) - b) = VN =95.4% VB
Perdida por Voladura (m ³)	31,756	d) = c) x 10% (10%x317,559)
Perdida por chancado (m ³)	8,574	e) = g) x 3%
Volumen Desechable (m ³)	55,518	f) = b) + d) + e)
Volumen Util (m ³)	285,803	g) = c) - Over>12"(No presenta) - d)
Eficiencia de la cantera (%)	86	= 100 - % Material Cobertura - %Pérdida por Voladura 85.9 = 100%VB - 10%x(95.4%VB) - 4.6%VB

Nota. Elaboración propia

La eficiencia de la cantera en el caso del macizo rocoso permite el aprovechamiento total por trituración de los fragmentos rocosos, no obstante a ello, se considera la presencia de material de cobertura (0.40 m), el cual asume

un volumen de 15,188 m³, por lo tanto el volumen disponible neto es de 317,559 m³.

No se considera volúmenes desecho para los tamaños mayores a 12", ya que estos pueden ser reducidos con voladura controlada y/o martillos neumáticos; sin embargo, existe un volumen de pérdida por los trabajos propios de voladura que representa un 10% de volumen neto (31,756 m³); por lo tanto el volumen útil será: 285,803 m³. Se prevé una pérdida por chancado en el orden del 3% del volumen útil (8,574 m³). por lo tanto, el volumen desechable total es de 55,518 m³.

Usos y rendimientos: Dadas las condiciones geológicas de la cantera, solamente nos permite su explotación mediante la trituración de los fragmentos rocosos que se extraerán con el uso de explosivos.

Tabla 40 *Procesamiento y rendimiento de los fragmentos rocosos*

Utilización	Procesamiento	Rendimiento
Relleno	Explosivos y zarandeo	35%
Enrocados	Explosivos	50%
Base	Explosivos, chancado y zarandeo	90%
Mezcla asfáltica	Explosivos, chancado, zarandeo y mezclado	90%
Concreto fe * 210 kg/cm ²	Explosivos, chancado, zarandeo y mezclado	90%
Concreto fe > 210 kg/cm ²	Explosivos, chancado, zarandeo y mezclado	90%
Sub drenes	Explosivos, chancado y zarandeo	25%

Nota. Elaboración propia

Los rendimientos para los usos previstos en la cantera son estimados en base a los rendimientos de los métodos de explotación con voladura controlada y el procesamiento por chancado y zarandeo.

Extracción directa luego de las voladuras y zarandeo Trituración primaria, secundaria y terciaria, zarandeo y mezclado.

Trituración primaria, secundaria y terciaria, zarandeo y mezclado.

Cantera Juanita Macizo Rocos, km, 188+600

Ubicación: Se ubica en el km 188+600, al lado izquierdo de la carretera y a una altitud promedio de 4,202 msnm.

Accesibilidad: Se encuentra a un costado de la carretera, en la etapa de explotación se requerirá la construcción de un acceso de 30 m.

Descripción: Sus materiales pertenecen a un afloramiento de roca caliza cuya resistencia varía entre de dura a muy dura, puntualmente en algunos lugares está cubierto por una capa de cobertura de suelo orgánico.

La descripción macroscópica del macizo rocoso se encuentra detallada en el Informe Final Definitivo Informe de Avance N° 08, Volumen I - Tomo v.5 Estudios Básicos Suelos, Canteras, Fuentes de Agua - Canteras, Sector II: Dv. Cerro de Pasco - Dv. Chacayan, anexo al presente informe técnico.

Propietario: Esta cantera se encuentra en los terrenos de la Comunidad campesina de Huachus, en ese sentido con el propósito de establecer las condiciones legales y técnicas se viene efectuando las gestiones y coordinaciones con la comunidad y la Municipalidad de Daniel A. Carrión; con tal propósito mediante carta TP.124600.018.12 del 13.09.012, se dio inicio los trámites para la obtención de los permisos. Así mismo, se solicitó a Provias Nacional, iniciar los gestiones ante el Ministerio de Energía y Minas a fin de obtener la inclusión de estas canteras en el pre-catastro minero Nacional.

Costo y extracción: De igual modo, por constituir una cantera de mina no metálica, está se rige según el Decreto Supremo N° 011-93-TCC y Decreto Supremo N° 37-96-EM, la cual faculta su utilización exclusiva para la construcción, rehabilitación o mantenimiento de las carreteras que conforman la Red Vial Nacional, cuando se encuentren ubicadas dentro de una distancia hasta 3 Km medidos a cada lado del eje de la carretera, en ese sentido estas canteras

forman parte integrante de la infraestructura vial y su extracción debe exonerarse de cualquier costo.

Potencia: Tiene una potencia total bruta de 332,747 m³, potencia neta de 317,559 m³ y una potencia útil calculada de 285,803 m³.

Usos propuestos: Debido a los cambios de disponibilidad de volumen en las canteras/^ evaluados el año 2016 en la cantera Santa Rita y Agochacan I, se ha reformulado los usos d(la presente cantera, retomándose y ampliándose los alcances evaluados en el Estudio Aprobado, es decir en la cantera Juanita se considera su aprovechamiento para la obtenciór de materiales de relleno, sub base y base granular, mezcla asfáltica en caliente, mezcla d concreto de cemento portland, filtro para sub drenes, enrocados, pedraplenes y gaviones

Tratamiento: Según el Estudio Aprobado, para su uso se requiere el siguiente tratamiento.

Extracción directa luego de las voladuras y zarandeo. Explosivos, trituración primaria, secundaria y terciaria, zarandeo y mezclado.

Mezclas Asfáltica:

Trituración primaria, secundaria y terciaria, zarandeo y mezclado.

El agregado fino requiere de mezcla 40% de arenas trituradas y 60% de arenas naturales lavadas provenientes de la cantera Agochacan I. El agregado fino y grueso requiere de mejoradores de adherencia.

Mezcla de Concreto ($f'c \leq$ y $>210 \text{ kg/cm}^2$)

Explosivos, trituración primaria, secundaria y terciaria, zarandeo, mezclado y lavado de agregados finos.

Filtro para sub drenes

Explosivos trituración y/o zarandeo

Enrocados, pedraplenes y gaviones

Explosivos y extracción directa

Explotación: Debe efectuarse con voladura controlada, por bancos, de arriba hacia abajo. En el proceso de explotación se debe tener cuidado de contaminar con estratos arcillosos que suelen presentarse en formaciones calcáreas.

Su procesamiento debe efectuarse con el apoyo de tractores y/o cargadores frontales para su respectivo acopio y procesamiento en las plantas de chancado primario, secundario y terciario del tipo impacto a efectos de controlar la presencia de partículas chatas y alargadas; así mismo se emplearan zarandas vibratorias para su selección. La explotación puede realizarse en cualquier época del año.

Evaluación y resultados de laboratorio: Con el fin de evaluar los requisitos señalados en las Especificaciones Generales EG-2000, en esta cantera se efectuaron ensayos de caracterización físico mecánica del producto triturado de los bloques de roca en laboratorio, cuyos resultados son detallados en el Informe Final Definitivo, Informe de Avance N° 08, Volumen I - Tomo v.5, y v.6, Estudios Básicos Suelos, Canteras, Fuentes de Agua - Canteras, Sector II: Dv. Cerro de Pasco - Dv. Chacayán, anexo al presente Informe Técnico, en base a cuyos resultados se definió su uso en el proyecto.

En ese sentido, se consideró que la única opción viable para suplir este déficit, requerirá de la fabricación arenas a partir de la roca a extraer de la cantera Juanita Macizo Rocosó, consecuentemente se hace necesaria levantar la restricción del 30% para el uso de agregados finos triturados para concretos citados por las EG-2000. Para este propósito, será necesario considerar una

Especificación Especial para el presente Proyecto. Esta opción se sustenta considerando lo señalado por la Norma Técnica Peruana NTP 400.037, el mismo que en relación al agregado fino señala que esta puede ser obtenida proveniente de la desagregación natural o artificial, que pasa por el tamiz N° 9.5 mm (3/8 pulg) y que cumple con los límites establecidos en la Norma; en este caso la Norma asociada de referencia corresponde a la Norma ASTM C-33, el mismo que en su acápite referido a los agregados finos señala que el agregado fino deberá consistir de arena natural, arena fabricada o una combinación de los mismos, en ambos casos (NTP y ASTM) no restringe el uso sea la arena de origen natural o artificial. De igual modo en el Anexo A de la norma NTP 400.037, se incluye la tabla A1 para el análisis granulométrico del agregado global, en el que incluyen las tolerancias de finos en el caso de uso de agregados producto de la trituración.

De acuerdo con los ensayos reportados, los agregados procesados en la cantera Juanita Macizo Rocoso, para la condición de procesamiento por trituración en el caso de uso en mezclas asfálticas en altitudes mayores a los 3,000 msnm, los finos que exceden el índice plástico en la malla N° 200 limitan su empleo, mientras que en el caso de las arenas para su uso en concreto de cemento portland, de igual modo superan las exigencias de contenido de finos en el tamiz N° 200 y el equivalente de arena para su uso en mezclas de concreto $f_c > y < 210$ kg/cm². Se debe tener en cuenta que los finos producto de la trituración se incrementarían con el empleo de trituradoras terciarias necesarias para producir el volumen requerido de las arenas.

Eficiencia y disponibilidad: Tiene un área para explotación de 37,971 m² y una profundida de explotación promedio de 3.0 m, obteniéndose un volumen bruto probado de 332,747 m³, según las secciones topográficas.

La eficiencia de la cantera en el caso del macizo rocoso como considero el Estudio Aprobado fue de 86%, esta eficiencia calculada toma en cuenta que el rendimiento de la cantera, es afectado por los procesos de voladura y presencia de finos que se presentan en las formaciones calcáreas especialmente entre las fracturas de los afloramientos que deben ser eliminados. Esta consideración es concordante con lo señalado en la definición del método de explotación de la descripción macroscópica efectuada a la cantera, por lo tanto, previa a la trituración se requerirá la eliminación de material fino por zarandeo, además de la eliminación de material de cobertura aun cuando esta es reducida, por tanto el volumen neto será de 317,559 m³, pero a la vez la cantera tiene un aprovechamiento total por trituración de los fragmentos rocosos, siendo así, el volumen disponible útil es de 285,803 m³.

No se considera volúmenes desecho para los tamaños mayores a 12", ya que estos pueden ser reducidos con voladura controlada y/o martillos neumáticos; sin embargo el Estudio Aprobado considero un volumen de pérdida por los trabajos propios de extracción por voladura y procesamiento que representa un 10% de volumen neto (31,756 m³), así mismo se prevé pérdidas por triturado en el orden de 3% del volumen útil (8,574 m³), por lo tanto, el volumen desechable total es de 55,518 m³.

Usos y rendimientos: Dadas las condiciones geológicas de la cantera, solamente nos permite su explotación mediante la trituración de los fragmentos rocosos que se extraerán con el uso de explosivos.

Tabla 41 Usos y rendimientos de la cantera

Utilización	Procesamiento	Rendimiento
Relleno	Explosivos y zarandeo	35%
Enrocados, pedraplén y gaviones	Explosivos y extracción directa	50%
Base y sub base granular	Explosivos, chancado y zarandeo	86%
Mezcla asfáltica	Explosivos, chancado, zarandeo, mezclado y/o lavado de agregados finos.	86%
Concreto f'c >210kg/cm ²	Explosivos, chancado, zarandeo y lavado de agregados finos.	86%
Concreto fe < 210 kg/cm ²	Explosivos, chancado, zarandeo y lavado de agregados finos.	86%
Filtro para sub drenes	Explosivos, chancado y zarandeo	25%

Nota. Elaboración propia

Se han identificado zonas, asociadas a presencia de suelos orgánicos, arcillas rojas, filtraciones, asentamientos de plataforma, deslizamientos de taludes, zonas de inundación y suelos agrícolas, entre otras. En cada caso, es necesario su tratamiento por reemplazo de los materiales inadecuados, implementación de sistemas de sub drenajes, elevación de la subrasante y/o construcción de defensas, soluciones que han sido concordadas entre las especialidades de suelos y pavimentos, hidrología e hidráulica, y geología y geotecnia (conclusión)

Para las excavaciones en roca, las Especificaciones Generales EG-2000, indican que se deberá profundizar la excavación ciento cincuenta milímetros (150 mm) por debajo de las cotas de subrasante, en las cuales el Estudio de Suelos ha adoptado colocar una capa base de concreto hidráulico $f_c=85 \text{ Kg/cm}^2$, con el fin de minimizar el deterioro relativo y la pérdida de soporte LS de la capa subyacente a la losa de concreto.

f) Metodología del estudio de suelos

Trabajos de campo

Se excavaron un total de 198 calicatas cada 250 m, con el que se obtuvieron un total de 295 muestras representativas disturbadas, las muestras que permitieron la clasificación de suelos, además se extrajeron 36 muestras para la realización de ensayos de proctor y CBR, cada 2000 m.

Excavación de calicatas: Se realizaron excavaciones manuales, realizadas con pico y pala y con maquinaria empleando una retroexcavadora. En cada caso estas fueron ejecutadas en forma intercalada en ambos lados de la plataforma actual y zonas de ensanche del trazo proyectado, cumpliendo una calicata a cada 250 m, y con una profundidad mínima de 1.50 m, siempre y cuando la naturaleza del suelo lo haya permitido, la profundidad de excavación fue limitada en algunos casos por la presencia de estratos rocosos.

Durante el desarrollo de las excavaciones de las calicatas, se ha identificado la presencia de filtraciones, cuya evidencia ha sido advertida, por la humedad presente, en los estratos inferiores y por filtraciones laterales muy lentas. Estos fenómenos se han presentado en mayor incidencia sobre terreno de naturaleza arcillosa, como también en material granular e incluso en zonas rocosas. En las estaciones lluviosas y o* no lluviosas, cuando se efectuaron las prospecciones, los niveles freáticos ha fluctuado entre los 0.3 m a 1.0 m.

Trabajos de laboratorio

Con las muestras de suelo que se obtuvieron de las calicatas se realizaron ensayos estándar y de compactación, con los cuales; se identifican los tipos

de suelos, se determinan sus características físicas-mecánicas y las propiedades de capacidad de soporte.

4.3. Prueba de hipótesis

4.3.1. Prueba de hipótesis específicas

La primera hipótesis específica establece que al determinar las características geológicas contribuyen al mejoramiento de la carretera Oyón – Ambo del Tramo II en las Divisorias Cerro de Pasco - Chacayán, entre las progresivas Km. 200+480 al Km. 204+830. Luego de determinar las características geológicas del área del trazado de la carretera Oyón – Ambo, los resultados demuestran que el tramo estudiado yace sobre roca metamórfica esquistosa del neo proterozoico del Complejo Marañón y en estructuras estratigráficas del cuaternario representado por depósitos coluviales, aluviales y terraza del río Chaupihuaranga. Los depósitos cuaternarios están constituidos por arena arcillosa con grava (SC) grava arcillosa con arena (GC), grava pobremente gradada con limo y arena (GP-GM), y en menor proporción por arcilla arenosa de baja plasticidad (CL), por lo que se corrobora que el tramo en mayor proporción se encuentra localizada en zona estable y posee condiciones litológicas aceptables para la construcción de la carretera, pero existe la posibilidad de hallar proporciones menores que yacen en zona inestable. Finalmente, por todo lo expresado se concluye que se demuestra la hipótesis planteada.

Respecto a la segunda hipótesis específica, donde se indica que si se determinan las características físico-mecánicas del suelo de la subrasante se contribuye al mejoramiento de la carretera Oyón – Ambo del Tramo II en las Divisorias Cerro de Pasco - Chacayán. Los resultados de las propiedades físico–

mecánicas, se muestran en las diferentes tablas los cuales son interpretadas y aplicadas en el trazo principal para el mejoramiento de la subrasante a profundidades óptimas dependiendo si los suelos son expansivos o no, su carga admisible y la capacidad de soporte y se determinó que las profundidades de mejoramiento de subrasante en base a los siguientes criterios: profundidad de mejoramiento de subrasante mínima, en todos los casos será de 0.70 m. Los criterios de contenido de humedad natural en condición de alto contenido de humedad, presencia de filtraciones de agua, y los índices de liquidez y de consistencia, determinan una profundidad máxima de mejoramiento de 0.70 m. Por todo lo señalado se confirma la hipótesis planteada.

La tercera hipótesis planteada indica que al determinar las características de la cantera a utilizar como material de sub-base y base contribuyen al mejoramiento de la carretera Oyón – Ambo. Los resultados muestran el estudio de canteras de origen fluvial para materiales de subbase y canteras de cerro como materiales para rellenos estructurales y terraplenas, cuyas características de acuerdo a los ensayos de laboratorio son adecuados para emplear como materiales de subrasante y de rellenos. Por todo lo mencionado se cumple con la hipótesis planteada.

4.3.2. Prueba de hipótesis general

La hipótesis general de la investigación, detalla que desarrollando la evaluación geotécnica contribuye al mejoramiento de suelos de la carretera Oyón – Ambo del Tramo II en las Divisoria Cerro de Pasco – Chacayán. Los resultados de los trabajos de campo determinando sus características geológicas, los ensayos de campo y laboratorio y el estudio de canteras corresponden a las técnicas de una evaluación geotécnica, éstas técnicas han contribuido mejorar las

características de la carretera en el tramo estudiado. Por todo lo manifestado se confirma la hipótesis general planteada.

4.4. Discusión de resultados

En una evaluación geotécnica es importante determinar las características geológicas las cuales contribuyen al mejoramiento de la carretera Oyón – Ambo del Tramo II en las Divisoria Cerro de Pasco - Chacayán, entre las progresivas Km. 200+480 al Km. 204+830, 2023. Los resultados de la evaluación geológica de tramo estudiado presentan unidades morfológicas, lito-estratigráficas, marco estructural y fenómenos de geodinámica externa con influencia directa en el área de estudio y cercanías. Las rocas y suelos que afloran a lo largo del trazo de la carretera Oyón - Ambo respecto a su edad geológica van del más antiguo correspondiente al Neo-proterozoico, Complejo Marañon al reciente representado por el Cuaternario reciente, depósito aluvial, ubicados en los cauces de los ríos del valle del río Chaupihuaranga, éstas características fueron importantes para identificar zonas inestables, asimismo son interesantes para determinar las cualidades del suelos donde se emplaza la carretera, muchos de los cuales han tenido que ser mejoradas, modificadas. Estos resultados al ser comparados con lo encontrado por Huamán (2019) en su tesis titulado: “Estudio Geodinámico Geotécnico para el Mejoramiento y ampliación de la carretera San Marino-Vilcabamba en su primer tramo puente Chaullay-Oyara- distrito de Vilcabamba - La Convención-Cusco (0+000 A 27+360 Km)” quien demostró que los fenómenos geodinámicos que más afectan la plataforma vial son los deslizamientos con 7.6%, derrumbes 0.9% y caída de bloques con 0.7% en talud superior, mientras que en talud inferior se tiene la erosión pluvial con 3.4% y la erosión fluvial con 1.3%; que contrastados con el presente estudio muestran

rasgos de acciones naturales ocurridos en el pasado y recientemente son los deslizamientos de masa de tierra y reptación de suelos, los cuales fueron estabilizados mediante controles de escorrentía superficial y subterránea a través de cunetas y drenajes.

En el siguiente objetivo se planteó determinar las características físico-mecánicas del suelo de la subrasante para contribuir al mejoramiento de la carretera Oyón – Ambo del Tramo II en las Divisoria Cerro de Pasco - Chacayán. Según Acuña y García (2017) en el trabajo de investigación que realizaron “Caracterización geológica-geotécnica del tramo I de la carretera Comején-Waslala”, encontró según los resultados de los ensayos de laboratorio que los suelos presentan de manera general características del tipo de grava areno-limosa. (profundidad 0.30 m) clasificada por el método AASHTO M 145 de tipo A-2-6 y A-2-4, y a mayor profundidad hasta 1.50 m donde se encontró arcilla, arcilla arenosa y arcilla gravosa tipo A-7-6 y A-7-5 y arenas con arcillas y gravas con arcillas tipo A-6 y A-5. Al contrastar los resultados con el presente estudio se encontró en general en el Sector II, los depósitos cuaternarios están constituidos por arena arcillosa con grava (SC) grava arcillosa con arena (GC), grava pobremente gradada con limo y arena (GP-GM), y en menor proporción por arcilla arenosa de baja plasticidad (CL), lo cual demuestra una relativa semejanza esto es debido a la geología de ambos lugares no son iguales.

Otro aspecto importante es conocer las características de las canteras los cuales fueron utilizadas como material de sub base en el tramo estudiado. Según el Ministerio de Transportes y comunicaciones (MTC, 2018) una cantera es un depósito natural de material apropiado para ser utilizado en la construcción, rehabilitación, mejoramiento y/o mantenimiento de las carreteras. Los resultados

muestran en función a su importancia la presencia de 2 canteras como el de Huachus y Juanita, cuyas características son apropiadas para realizar el mejoramiento del suelo en el tramo estudiado. Contrastando con la teoría se valora su importancia de las canteras si los resultados de los ensayos de laboratorio son apropiados para el mejoramiento de suelos los cuales se utilizaron en la subrasante del tramo en estudio.

Finalmente, se comprueba que con los resultados de la evaluación geotécnica se logra el mejoramiento del tramo en estudio.

CONCLUSIONES

1. El área proyectada para el trazo de la carretera Oyón - Ambo, está ubicada en la zona superior, media e inferior de las laderas de los cerros y lomas en mayor proporción. adyacente a la margen izquierda de la Unidad Geomorfológica Mayor Valles, el cual posee relieve variado que van de ligeramente accidentada a accidentado, con ondulaciones de poca altura y pendientes que buzan hacia el este y sureste y forma parte de la cadena de cerros asentados en forma concordante al trazo de la carretera. Para fines de la investigación el área del trazado de la carretera Oyón - Ambo en mayor proporción se encuentra localizada en zona estable y posee condiciones litológicas aceptables para la construcción de la carretera en menor proporción yace en zona inestable (deslizamientos, derrumbes, desprendimientos de rocas, etc.). Asimismo el área de estudio, se encuentra emplazado en las siguientes Formaciones Geológicas: Masa rocosa Volcánica Calipuy· Aglomerado y andesita; Masa rocosa sedimentaria Formación Jumasha· Calizas; Masa rocosa sedimentaria Formación Celendín: Lutita margosa -calizas; Masa rocosa sedimentaria Formación Casapalca: Lutitas y areniscas ; Masa rocosa sedimentaria Grupo Goyllarisquizga· Areniscas; Masa rocosa sedimentaria Formación Chulec/Pariatambo· Calizas; Masa rocosa metamórfica Complejo Marañón: Esquistos;; Depósitos aluviales: Grava pobremente graduada (Terrazas del río Chaupihuaranga).
2. Se realizaron un total de 03 exploraciones tipo calicata en la zona de la plataforma de la vía, hasta una profundidad máxima de 1.50 m o hasta donde se encuentra roca obteniéndose los siguientes resultados:

N° CALICATA	UBICACIÓN (km)	LADO	MUESTRA	PROF. (m)	MATERIAL			HUMEDAD NATURAL	LÍMITES DE CONSISTENCIA			CLASIFICACION		PROCTOR		CBR 0,1" 95%	EXP.
					% GRAVA	% ARENA	% FINO		LL	LP	IP	AASHTO	SUCS	MDS	OCH		
C-01	KM. 203+920	IZQ	M-1	0.00 - 1.50	48.3	33.6	18.1	16.3	35.8	17.6	18.2	A-2-6 (0)	GC	1.976	10.4	39.2	0.83
C-02	KM. 204+030	IZQ.	M-1	0.00 - 1.50	17.4	15.2	67.4	15.6	37.3	18.8	18.5	A-6 (10)	CL	1.866	12.7	5.8	7.81
C-03	KM. 203+910	DER	M-1	0.00 - 1.50	46.9	36.3	16.8	16.1	35.7	17.0	18.7	A-2-6 (0)	GC	1.999	10.6	38.9	0.76

Con estos resultados la profundidad de mejoramiento de subrasante mínima, en todos los casos será de 0.70 m.

Asimismo, los criterios de contenido de humedad natural en condición de alto contenido de humedad, presencia de filtraciones de agua, y los índices de liquidez y de consistencia, determinan una profundidad máxima de mejoramiento de 0.70 m.

Se ha determinado una longitud total de mejoramiento de 300 ml, ubicados en el lado izquierdo, de acuerdo a los sectores obtenidos en la evaluación de mejoramiento.

Los depósitos cuaternarios están constituidos por arena arcillosa con grava (SC) grava arcillosa con arena (GC), grava pobremente gradada con limo y arena (GP-GM), y en menor proporción por arcilla arenosa de baja plasticidad (CL)

- Los resultados muestran en función a su importancia la presencia de 2 canteras como el de Huachus y Juanita, cuyas características son apropiadas para realizar el mejoramiento del suelo en el tramo estudiado. La cantera Huachus es un banco natural de material morrénico. Por otro lado, se han identificado un macizo de roca caliza: cantera Juanita, cuya calidad y dureza han sido verificados a través de su análisis petrográfico macroscópico y características del afloramiento rocoso. Estas canteras permitirán el aprovisionamiento para la producción de materiales como base granular, filtros para sub dren y enrocados.

RECOMENDACIONES

1. Los trabajos de mejoramiento de suelos se clasificarán de la siguiente manera: 1. Mejoramiento de Subrasante y 2. Mejoramiento del Terreno de Fundación. La topografía aprobada, definirá los niveles reales de la subrasante y por lo tanto, en base a ésta información técnica se podrá determinar los volúmenes de mejoramiento de subrasante.
2. Se debe precisar que a consecuencia de visitas al Tramo II, se observó un sector inestable entre el km. 203+250 al km 203+350. En tal sentido en dicho sector se sugiere hacer un monitoreo, cuyos límites deben ser definidos en la etapa de ejecución de la obra, a fin de aplicar las soluciones planteadas.
3. Es importante anotar que de los criterios “Suelo de potencial expansivo”, “Carga Admisible” y “Baja Capacidad de Soporte del Suelos: AASHTO 93”, se deduce que estos suelos deben de ser sustituidos o no debido a sus propiedades físicas y mecánicas deficientes.
4. El volumen y el tipo de material a reemplazar se determinará mediante los criterios expuestos y que son concordantes con las especificaciones técnicas aplicables, y con las rasantes y las secciones topográficas, en las que se ha verificado y definido las profundidades de mejoramiento, las mismas que en todos los casos se miden a partir del nivel de subrasante proyectada definitiva.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuña, L.M. y García, C.E (2017). Caracterización geológica-geotécnica del tramo I de la carretera Comején-Waslala (Matagalpa-RACN). [Tesis de Licenciatura]. Universidad Nacional autónoma de Nicaragua, Managua.
- Arangurí, G.Y. (2015) La importancia del uso de agregados provenientes de canteras de calidad. (Artículo). Lima-Perú. 07 de Noviembre de 2015. 08 pp
- Cortez, P.A y Gutierrez, O.A. (2018). Evaluación Geotécnica del suelo de 1km de vía no pavimentada, exponiendo el comportamiento físico y mecánico del mismo en el Municipio de Melgar – Tolima. [Tesis de grado]. Universidad Piloto de Colombia.
- Cobbing, E. J., Quispesivana Quispe, L. J., & Paz Maidana, M. (1996). Geología de los cuadrángulos de Ambo, Cerro de Pasco y Ondores. Hojas: 21-k, 22-k, 23-k – [Boletín A 77].
- Huaman, U. (2019). Estudio Geodinámico Geotécnico para el Mejoramiento y ampliación de la carretera San Marino-Vilcabamba en su primer tramo puente Chaullay-Oyara- distrito de Vilcabamba - La Convención-Cusco (0+000 A 27+360 Km). [Tesis de grado]. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.
- Ochoa, M. A. (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 grado]. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann – Tacna.
- García, F. (2007). Estudios Geotécnicos para Caminos Rurales. Escuela Politécnica Superior, Huesca.
- González de Vallejo (2002). Ingeniería geológica. Prentice hall.

AASHTO, T. (2021). Standard Method of Test for The California Bearing Ratio

Arévalo, R. (2016). Estudio de suelos con fines de construcción vial, en la Urbanización 09 de abril en el distrito de Tarapoto, Provincia y distrito de San Martín -2016”.

Higuera C. (2011). Nociones sobre métodos de diseño de estructuras de pavimentos para carreteras Vol. 1. Tunja, Colombia, UPTC.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (2000). Manual de Ensayos de Materiales EM-2000”, Lima – Perú.

Ugaz, R. M. (2016). Estabilización de suelos y su aplicación en el mejoramiento de subrasante. Perú. Obtenido de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/3163>

ANEXOS

Anexo 1: Instrumentos de recolección de datos.

Registro de excavación

300 365
FORMATO RC-003

CESEL
INGENIEROS

DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

CALICATA : CT2-19

CÓDIGO : 124600 REALIZADO : Téc. Nefi Godoy S
 PROYECTO : Estudio de Factibilidad y Definitivo para el Mejoramiento de la Carretera Oyón - Ambo REVISADO : Ing. Yosli Silva
 UBICACIÓN : Lima - Perú FECHA DE EXCAVACIÓN : 19/02/2014
 COORDENADAS : 325 002 E; 8 834 808 N PROFUNDIDAD TOTAL (m) : 1.20
 REFERENCIA : 200+330 PROF. NIVEL FREÁTICO (m) : N.A

PROF. (m)	DESCRIPCIÓN DEL SUELO Clasificación técnica, forma del material granular, color, contenido de humedad, Índice de plasticidad / compresibilidad, grado de compactación / consistencia, Otros: presencia de esquistaciones y material orgánico, porcentaje estimado de bolsones / cantos, etc.	GRANULOMETRÍA						L.L.	L.P.	N.N.	N° DE MUESTRA	PROF (m)
		SUCS		AASHTO		%	%					
		< 0.075 mm	0.075 - 4.750 mm	< 4.750 mm	4.750 - 75 mm							
0.00	Arena arcillosa con gravas de forma angulosa, color marrón claro, húmedo, baja plasticidad, presenta bolonería de TM = 8".	SC	-	-	-	-	-	-	-	-	SM	0.00
1.20												1.20

OBSERVACIONES:

[Signature]
MANUEL OSWALDO TORRES ROSAS
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 15227

[Signature]
JOSE MANUEL PAUCAR GARCES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 54335

[Signature]
RICARDO ANIYA KOMATSU
 INGENIERO GEÓLOGO
 Reg. CIP. N° 13719



REGISTRO DE EXCAVACIÓN

CALICATA : CM2-20

CÓDIGO : 124600 REALIZADO : Téc. Nefi Godoy S
 PROYECTO : Estudio de Factibilidad y Definitivo para el Mejoramiento de la Carretera Oyón - Ambo. REVISADO : Ing. Yesli Silva
 FECHA DE EXCAVACIÓN : 19/02/2014
 UBICACIÓN : Lima - Perú PROFUNDIDAD TOTAL (m) : 1.50
 COORDENADAS : 325 013 E; 8 834 916 N ELEVACIÓN (m) :
 REFERENCIA : 200+430 PROF. NIVEL FREÁTICO (m) : N.A

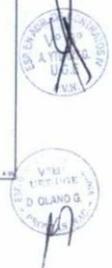
PROF. (m)	DESCRIPCIÓN DEL SUELO <small>Clasificación mecánica, forma del material granular, color, contenido de humedad, índice de plasticidad / compresibilidad, grado de compactación / consistencia, Otros: presencia de oxidaciones y material orgánico, porcentaje estimado de bolones / carnos, etc.</small>	SUCS	GRANULOMETRÍA			L.L.	L.P.	P.N.	N° DE MUESTRA	PROF. (m)
			CL	6.75 mm	4.75 mm					
			AASHTO	mm	mm					
0.00	Cobertura de arcilla, color marrón rojizo, húmedo, baja plasticidad, consistencia muy blanda, presenta raíces en mediana cantidad.	CL	-	-	-	-	-	-	S/M	0.20
0.20	Arcilla gravosa de baja plasticidad, color marrón rojizo, húmedo, consistencia blanda, presenta gravas sub-angulosas con TM=1 1/2".	CL	54.9	13.2	31.0	41.0	22.0		M-1	1.00
1.50	Se infiere de debajo grava arcillosa.									1.50

OBSERVACIONES: La calicata se realiza talud inferior para muro proyectado, y se recomienda cimentar de bajo de 1.50 m de profundidad.

Manuel Oswaldo Torres Rosas
MANUEL OSWALDO TORRES ROSAS
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 15227

Jose Manuel Paucar Garcés
JOSE MANUEL PAUCAR GARCÉS
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 54335

Ricardo Aníya Kohatsu
RICARDO ANÍYA KOHATSU
 INGENIERO GEÓLOGO
 Reg. CIP. N° 13719



REGISTRO DE EXCAVACIÓN

CALICATA : CA2-21

CÓDIGO : 124600
 PROYECTO : Estudio de Factibilidad y Definitivo para el Mejoramiento de la Carretera Oyón - Ambo.
 UBICACIÓN : Lima - Perú
 COORDENADAS : 325 218 E; 8 835 668 N
 REFERENCIA : 201+310

REALIZADO : Téc. Nefi Godoy S
 REVISADO : Ing. Yesli Silva
 FECHA DE EXCAVACIÓN : 19/02/2014
 PROFUNDIDAD TOTAL (m) : 2.00
 ELEVACIÓN (m) :
 PROF. NIVEL FREÁTICO (m) : N.A

PROF. (m)	DESCRIPCIÓN DEL SUELO	SUCS	GRANULOMETRÍA			L.L. %	L.P. %	N.N. %	N° DE MUESTRA	PROF. (m)
			< 0.075 mm	0.075 - 0.425 mm	> 0.425 mm					
			AASHTO	U	TS					
0.00	Arcilla. color marrón rojizo, muy húmedo, plástico, muy blando, presenta raíces.	CL	-	-	-	-	-	-	S-1	0.00
1.00	Arcilla de baja plasticidad, color marrón rojizo, húmedo, medianamente plástica, blando, presenta gravas en forma aisladas.	CL	93.7	2.0	4.3	48.0	25.0	-	M-1	1.00
2.00	Se estima que debajo se encuentra el mismo material hasta 2.50 m y a esta profundidad encontramos mayor cantidad de gravas, clasificando como una grava arcillosa de mayor resistencia según el DPL2-27.									2.00

OBSERVACIONES: La calicata cerca a la plataforma para analizar hasta 2.00 m de profundidad alcanzada como arcilla para la cimentación de la alcantarilla proyectada.

Manuel Oswaldo Torres Rosas
MANUEL OSWALDO TORRES ROSAS
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 15227

Jose Manuel Paucar Garces
JOSE MANUEL PAUCAR GARCES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 54335

Ricardo Aniya Kohatsu
RICARDO ANIYA KOHATSU
 INGENIERO GEOLOGO
 Reg. CIP N° 13719

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

CALICATA : CT2-22

CÓDIGO : 124600 REALIZADO : Téc. Nefi Godey S
 PROYECTO : Estudio de Factibilidad y Definitivo para el Mejoramiento de la Carretera Oyón - Ambó REVISADO : Ing. Yesli Silva
 FECHA DE EXCAVACIÓN : 19/02/2014
 UBICACIÓN : Lima - Perú PROFUNDIDAD TOTAL (m) : 1.80
 COORDENADAS : 325 463 E; 8 836 063 N ELEVACIÓN (m) :
 REFERENCIA : 201+890 PROF. NIVEL FREÁTICO (m) : N.A

PROF. (m)	G R A V I C D	DESCRIPCIÓN DEL SUELO <small>Clasificación litológica, forma del material granular, color, contenido de humedad, índice de plasticidad / compresibilidad, grado de compactación / consistencia, Otros: presencia de oxidaciones y material orgánico, porcentaje estimado de bolosos / cartos, etc.</small>	SUCS	GRANULOMETRÍA			L.L.	L.P.	H.N.	N° DE MUESTRA	PROF. (m)
				4.750	6.000	7.500					
				mm	mm	mm					
			AASHTO	mm	mm	mm	%	%	%		
1.80		Grava limosa arcillosa con arena, forma de la grava sub-angular, color marrón, húmedo, ligeramente plástico, densa, presenta boloneras y bloques de 0.50 m.	GC-GM	37.6	29.7	32.7	21.0	15.0		M-1	1.80
1.60											1.60
1.40											1.40
1.20											1.20
1.00											1.00
0.80											0.80
0.60											0.60
0.40											0.40
0.20											0.20
0.00											0.00

OBSERVACIONES:

Manuel Oswaldo Torres Rosas
MANUEL OSWALDO TORRES ROSAS
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 15227

Jose Manuel Paucar Garcés
JOSE MANUEL PAUCAR GARCES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 54335

Ricardo Aníva Kohatsu
RICARDO ANIYA KOHATSU
 INGENIERO GEÓLOGO
 Reg. CIP. N° 13719



REGISTRO DE EXCAVACIÓN

CALICATA : CS2-23

CÓDIGO : 124600 REALIZADO : Téc. Neft Godoy S
 PROYECTO : Estudio de Factibilidad y Definitivo para el Mejoramiento de la Carretera Oyón - Ambó REVISADO : Ing. Yesil Silva
 UBICACIÓN : Lima - Perú FECHA DE EXCAVACIÓN : 19/02/2014
 COORDENADAS : 326 218 E; 8 836 526 N PROFUNDIDAD TOTAL (m) : 1.80
 REFERENCIA : 202+830 ELEVACIÓN (m) :
 PROF. NIVEL FREÁTICO (m) : N.A

PROF. (m)	DESCRIPCIÓN DEL SUELO	SUCS	GRANULOMETRÍA			L.L.	L.P.	N.N.	N° DE MUESTRA	PROF. (m)
			4.750	75	200					
			mm	%	%					
0.00	Cobertura de material orgánica de raíces y arcillas húmedas, blandas.	OL	-	-	-	-	-	-	SIM	0.50
0.50	Grava limosa con arena, forma de la grava sub-angular, color marrón verdoso, húmedo, no plástica, medianamente densa, presenta cantos angulosos en 20 %.	GM	33.6	29.6	36.8	-	NP	-	M-1	1.80

OBSERVACIONES: La trinchera se realiza talud superior para analizar la estabilidad considerado como sector inestable.

Manuel Oswaldo Torres Rosas
MANUEL OSWALDO TORRES ROSAS
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 15227

Jose Manuel Padua Garces
JOSE MANUEL PADUA GARCES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 54335

Ricardo Aniya Kohatsu
RICARDO ANIYA KOHATSU
 INGENIERO GEOLOGO
 Reg. CIP N° 13719

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

CALICATA : CA2-24

CÓDIGO : 124600 REALIZADO : Téc. Neft Godoy S
 PROYECTO : Estudio de Factibilidad y Definitivo para el Mejoramiento de la Carretera Oyón - Ambo. REVISADO : Ing. Yesli Silva
 FECHA DE EXCAVACIÓN : 19/02/2014
 UBICACIÓN : Lima - Perú PROFUNDIDAD TOTAL (m) : 0.80
 COORDENADAS : 326 644 E; 8 836 652 N ELEVACIÓN (m) :
 REFERENCIA : 293+280 PROF. NIVEL FREÁTICO (m) : N.A

PROF. (m)	DESCRIPCIÓN DEL SUELO	SUCS	GRANULOMETRÍA			L.L.	L.P.	H.N.	N° DE MUESTRA	PROF. (m)
			<	0.075	4.750					
			mm	mm	mm					
0.20	Cobertura: conformado por arena arcillosa, color rojizo, húmedo, baja plasticidad, blanda.	SC	-	-	-	-	-	-	S.M	0.20
0.80	Arcilla con arena, color rojizo, húmedo, plastica, medianamente blanda, presenta cantos redondeados en forma aislada.	CL	-	-	-	-	-	-	S.M	0.80

OBSERVACIONES:

[Signature]
MANUEL OSWALDO TORRES ROSAS
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 15227

[Signature]
JOSE MANUEL PAUCAR GARCES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 54335

[Signature]
RICARDO ANIYA KUHATSU
 INGENIERO GEOLOGO
 Reg. CIP. N° 13719



REGISTRO DE EXCAVACIÓN

CALICATA : CS2-25

CÓDIGO : 124600 REALIZADO : Téc. Nefti Godoy S
 PROYECTO : Estudio de Factibilidad y Definitivo para el Mejoramiento de la Carretera Oyón - Ambo. REVISADO : Ing. Yesil Silva
 FECHA DE EXCAVACIÓN : 19/02/2014
 UBICACIÓN : Lima - Perú PROFUNDIDAD TOTAL (m) : 1.00
 COORDENADAS : 326 781 E; 8 837 085 N ELEVACIÓN (m) :
 REFERENCIA : 203+720 PROF. NIVEL FREÁTICO (m) : N.A

PROF. (m)	G R A F I C A	DESCRIPCIÓN DEL SUELO Clasificación técnica, forma del material granular, color, contenido de humedad, Índice de plasticidad / compresibilidad, grado de compactación / consistencia, Otros: presencia de oxidaciones y material orgánico, porcentaje estimado de bolones / carnos, etc.	SUCS	GRANULOMETRÍA			L.L.	L.P.	N.N.	N° DE MUESTRA	PROF. (m)
				<	0.075	4.750					
				mm	mm	mm					
			AASHTO	<	0.075	4.750	%	%	%		
		Arcilla de baja plasticidad, color gris rojizo, húmedo, blanda, suelo considerado como residual de lutita, se infiere debajo grava arcillosa producto de fragmentos de lutita.	CL	88.8	8.6	2.6	35.0	19.0		M-1	

OBSERVACIONES: La trinchera se realiza talud superior para analizar la estabilidad.

MANUEL OSWALDO TORRES ROSAS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 15227

JOSE MANUEL BAUCAR GARCES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 54335

RICARDO ANIYA KOHATSU
INGENIERO GEOLOGO
Reg. CIP N° 13719

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

CALICATA : CT2-26

CÓDIGO : 124600 REALIZADO : Téc. Neft Godoy S
 PROYECTO : Estudio de Factibilidad y Definitivo para el Mejoramiento de la Carretera Oyón - Ambo. REVISADO : Ing. Yesli Silva
 FECHA DE EXCAVACIÓN : 19/02/2014
 UBICACIÓN : Lima - Perú PROFUNDIDAD TOTAL (m) : 1.50
 COORDENADAS : 326 413 E; 8 837 448 N ELEVACIÓN (m) :
 REFERENCIA : 204+310 PROF. NIVEL FREÁTICO (m) : N.A

PROF. (m)	DESCRIPCIÓN DEL SUELO <small>Clasificación técnica, suma del material granular, color, contenido de humedad, índice de plasticidad / compresibilidad, grado de compactación / consistencia, Otros: presencia de oxidaciones y material orgánico, porcentaje estimado de bolones / cantos, etc.</small>	GRANULOMETRÍA			L.L. (%)	L.P. (%)	P.N. (%)	N° DE MUESTRA	PROF. (m)	
		SUCS	0.075 mm	0.425 mm						2.0 mm
		AASHTO	mm	mm						mm
0.00	Grava limosa con arena, forma de la grava sub-angulosa, color plomo, húmeda, no presenta plasticidad, muy densa.	GM	-	-	-	-	-	S/M	0.00	
0.40	Limo con gravas de forma sub-angulosa, color amarillento, húmeda, no plástica, compacta.	ML	-	-	-	-	-	S/M	0.40	
1.50	Grava limosa con arena, forma de la grava sub-angulosa, color plomo, húmeda, no presenta plasticidad, muy densa, presenta boloneras y bloques producto de fragmentos de roca.	GM	34.5	26.2	39.3	-	NP	M-1	1.50	

OBSERVACIONES: La trinchera se realiza talud superior para analizar la estabilidad.

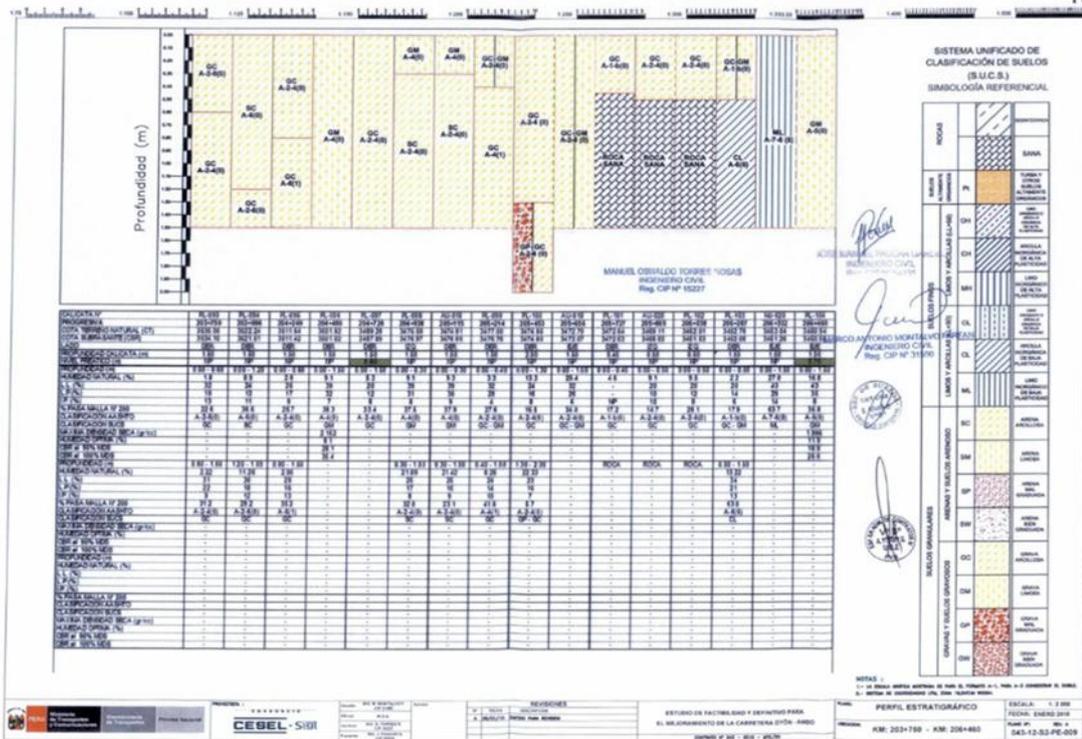
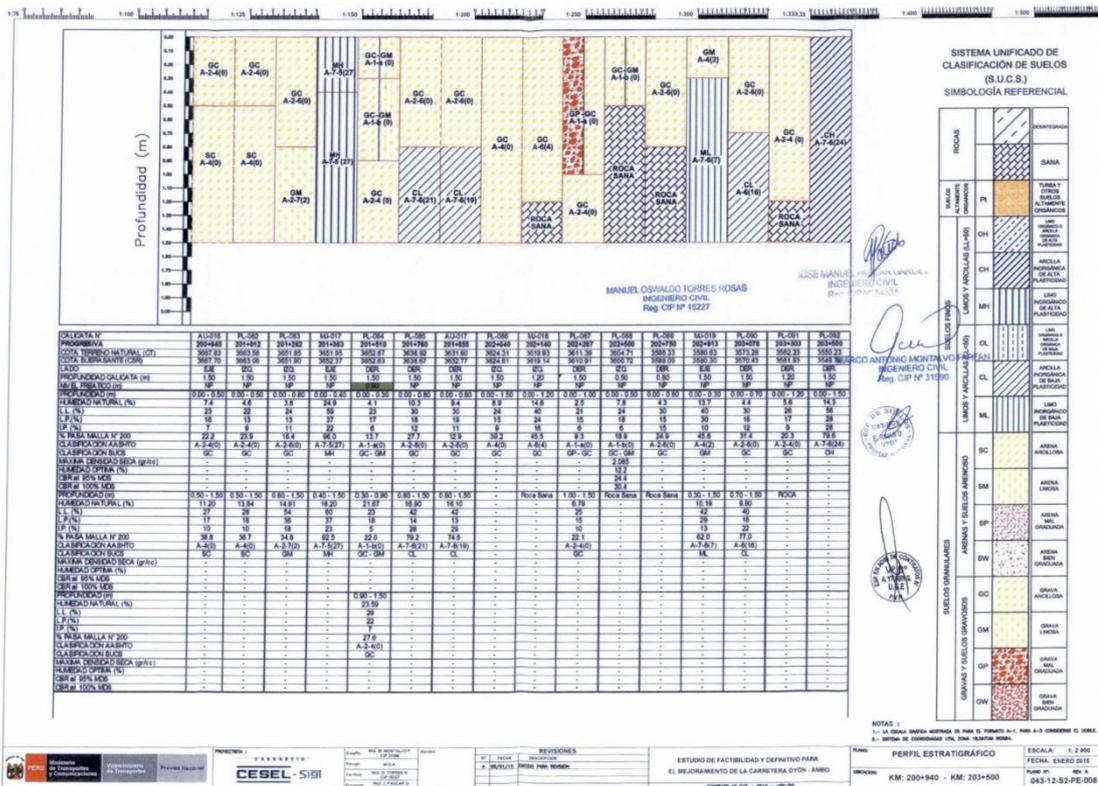
[Signature]
MANUEL OSWALDO TORRES ROSAS
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 15227

[Signature]
JOSE MANUEL PALGAR GARCÉS
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 54335

[Signature]
RICARDO ANIYA KOHATSU
 INGENIERO GEOLOGO
 Reg. CIP N° 13719



Anexo 2: Perfil estratigráfico



Anexo 3: Análisis granulométrico por tamizado

370

	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N°	: SYP-MAY-14
		Fecha de Emisión	: 15/09/2012
		Páginas	: 01-01
		Realizado por	: Tec. M.C.C.
		Revisado por	: Ing. M.M.F.
		Certificado N°	: SYP-05-14/078

PROYECTO:	Estudio de Factibilidad y Definitivo del Proyecto de Mejoramiento de la Carretera Oyon - Ambo		
SECTOR I:	Desvío Cerro de Pasco - Desvío Chacayán		
MATERIAL:	Plataforma Projectada		
UBICACIÓN:	KM 200+043	Lado	: IZQ.

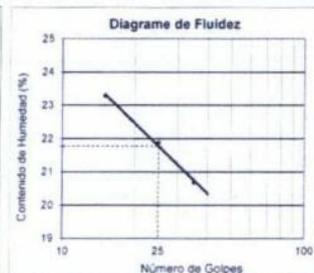
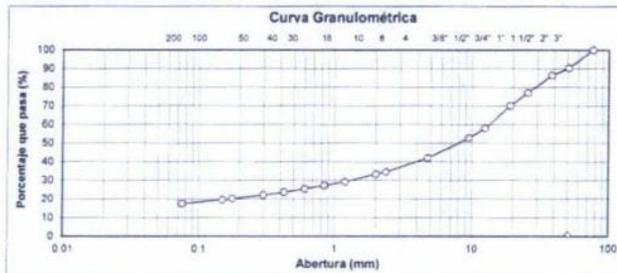
DATOS DE LA MUESTRA			
CALICATA:	C-078	TAMAÑO MÁXIMO:	3"
MUESTRA:	M-01	Peso inicial seco:	6188.9 g
PROF. (m):	0.00 - 0.45	Peso lavado seco:	5113.5 g

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (NORMA MTC E-107, E-108, AASHTO T-27, ASTM D422)

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200				100.0		Contenido de Humedad (%) : 2.9
2"	50.800	595.5	9.6	9.6	90.4		Tara N° : F81
1 1/2"	38.100	246.0	4.0	13.6	86.4		Peso de la Tara (g) : 533.50
1"	25.400	578.4	9.3	22.9	77.1		Peso Tara+Suelo Hum (g) : 5877.50
3/4"	19.000	432.2	7.0	29.9	70.1		Peso Tara+Suelo Sec (g) : 5722.40
1/2"	12.500	755.0	12.2	42.1	57.9		Peso del Agua (g) : 155.10
3/8"	9.500	319.7	5.2	47.3	52.7		Peso del Suelo Seco (g) : 5188.90
N° 4	4.750	657.6	10.6	57.9	42.1		Límite Líquido (LL) : 22
N° 8	2.360	464.9	7.5	65.4	34.6		Límite Plástico (LP) : 13
N° 10	2.000	75.7	1.2	66.7	33.3		Índice Plástico (IP) : 9
N° 16	1.190	251.1	4.1	70.7	29.3		Clasificación (SUCS) : GC
N° 20	0.840	124.8	2.0	72.7	27.3		Descripción (SUCS) : Grava arcillosa con arena
N° 30	0.600	111.6	1.8	74.5	25.5		Clasificación (AASHTO) : A-2-4(0)
N° 40	0.425	111.4	1.8	76.3	23.7		Descripción (AASHTO) : Bueno
N° 50	0.300	95.1	1.5	77.9	22.1		Bolonería > 3" : 0.0
N° 80	0.177	116.9	1.9	79.8	20.2		Grava 3" - N° 4 : 57.9
N° 100	0.150	37.8	0.6	80.4	19.6		Arena N° 4 - N° 200 : 24.7
N° 200	0.075	135.3	2.2	82.6	17.4		Finos < N° 200 : 17.4
< N° 200	FONDO	1075.4	17.4	100.0	0.0		

LÍMITES DE CONSISTENCIA-PASA LA MALLA N°40 (NORMA MTC E-110, E-111, AASHTO T-89, T-90, ASTM D 4318)

N° TARRO	Unid	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		
		N°	745	149	458	HR6	HR19
PESO TARRO + SUELO HÚMEDO	(g)	31.05	29.89	32.32	19.69	22.19	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	27.54	26.87	28.70	18.92	20.99	
PESO DE AGUA	(g)	3.51	3.02	3.62	0.8	1.2	
PESO DEL TARRO	(g)	12.47	13.07	11.20	12.82	11.75	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	15.1	13.8	17.5	6.1	9.2	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	(%)	23.29	21.88	20.69	12.6	13.0	13
NUMERO DE GOLPES	-	15	25	35	-	-	-



N: 8834066 83

E: 324806 21

MANUEL OSWALDO TORRES ROSAS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 15227

JOSE MANUEL PAUCAR GARCES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 54335

MARCO ANTONIO MONTALVO FARFAN
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 31590

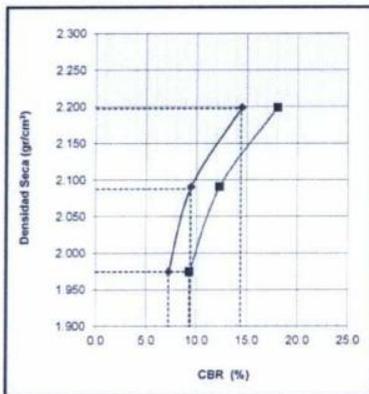


	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N° : SYP-MAY-14
		Fecha de Emis. : 14/08/12
		Páginas : 04 - 04
		Realizado por : Tec. M.C.C.
		Revisado por : Ing. M.M.F.
		Certificado N° : SYP-08-12/098

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
(NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1883)

PROYECTO:	Estudio de Factibilidad y Definitivo del Proyecto de Mejoramiento de la Carretera Oyon - Ambo		
SECTOR II:	Desvío Cerro de Pasco - Desvío Chacayan		
MATERIAL:	Plataforma Projectada		
UBICACION:	KM 204+940	Lado :	DER.

DATOS DE LA MUESTRA			
CALICATA:	C-098	PROGRESIVA:	KM 204+940
MUESTRA:	M-02	CLASF. (SUCS):	SC
PROF. (m):	0.30 - 1.50	CLASF. (AASHTO):	A-2-4(0)

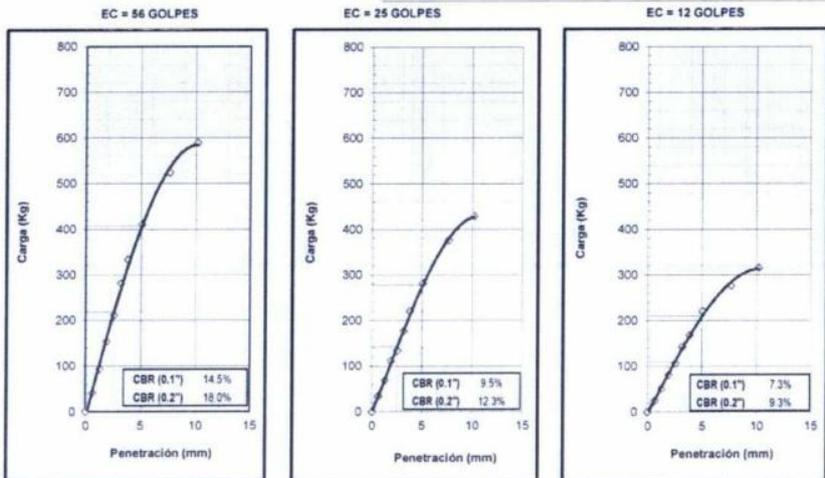


METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 2.198
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 8.3
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 2.088

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1":	14.4	0.2":	17.9
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1":	9.4	0.2":	12.2

RESULTADOS:
 Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 14.4 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 9.4 (%)

OBSERVACIONES:



N. 8837926

E. 326374

TECNICO DE LABORATORIO

ING. JEFE DE LABORATORIO

MARCO ANTONIO MONTALVO FARFAN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 31590

JOSE MANUEL PAUCAR GARCEZ
 INGENIERO CIVIL

Anexo 6: Características físico-mecánicas de la cantera Huachus

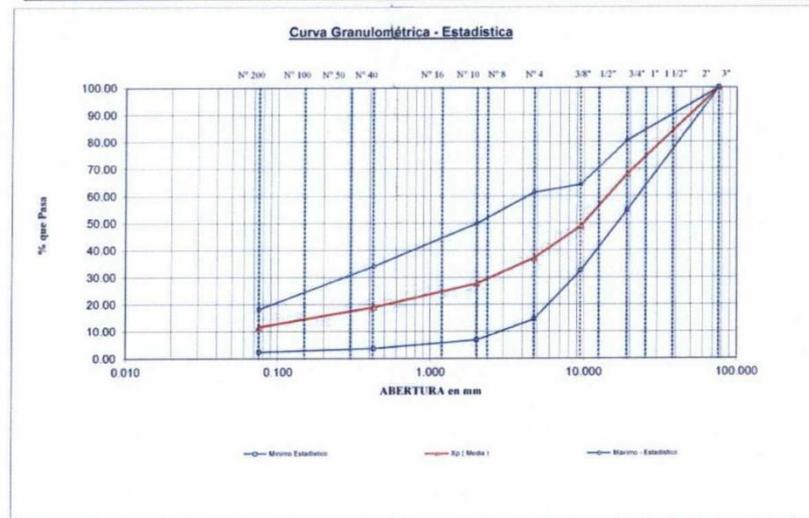
095067

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N° : SYP-ENE-19
		Fecha de Emisión : 05/01/2015
		Páginas : 02-02
		Realizado por : Tec. M.C.C.
		Revisado por : Ing. M.M.F.
		Certificado N° : SYP-08-14/001

PROYECTO:	Estudio de Factibilidad y Definitivo del Proyecto de Mejoramiento de la Carretera Oyon - Ambo
SECTOR II:	Desvío Cerro de Pasco - Desvío Chacayan
MATERIAL:	Cantera Huachos
UBICACIÓN:	Km 188+200

CURVA GRANULOMÉTRICA - ESTADÍSTICA CARACTERÍSTICAS FÍSICO MECÁNICAS - CANTERA HUACHOS, KM 188+200

ESTADÍSTICAS	Análisis Granulométrico - % que Pasa Tamiz						
	3"	3/4"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 200
ABERTURA (mm)	76.200	19.050	9.525	4.750	2.000	0.425	0.075
MIN - ESPECIFICACION	-	-	-	-	-	-	-
MIN - ESTADÍSTICO	100.0	54.7	32.4	14.5	6.9	3.7	2.4
Xp (Media)	100.0	68.1	48.9	37.1	27.8	19.1	11.7
MAX - ESTADÍSTICO	100.0	80.5	64.2	61.4	49.9	34.1	18.3
MAX - ESPECIFICACION	-	-	-	-	-	-	-



[Firma]
MANUEL OSWALDO TORRES ROSAS
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 15227

[Firma]
JOSE MANUEL ARUCAR GARCERAN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 54335



[Firma]
MARCO ANTONIO MONTALVO FARFAN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 31590

Anexo 7: Registro de excavación de la cantera Huachus

097 069

	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N° : SYP-ABR-14
		Fecha de Emisión : 05/08/2012
		Páginas : 01-01
		Realizado por : Tec. M.C.C
		Revisado por : Ing. M.M.F.
	Certificado N° : SYP-08-12/001	

REGISTRO DE EXCAVACION CALICATA : C-01

PROYECTO	: Estudio de Factibilidad y Definitivo del Proyecto de Mejoramiento de la Carretera Oyon - Ambo		
SECTOR II	: Desvío Cerro de Pasco - Desvío Chacayan		
MATERIAL	: Huachos		
PROGRESIVA	: KM 188+200	LADO IZQUIERDA	ACCESO REQUERIDO: 490 m
FECHA DE EXCAVACION	: 28-07-12		
PROFUNDIDAD TOTAL (m)	: 0.30 - 1.90		
NIVEL FREATICO (m)	: .		

PROF. (m)	GRAFICO	DESCRIPCION DEL SUELO Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compactación / consistencia; Otros presencia de oxidaciones y material orgánico; porcentaje estimado de boleos / cantos, etc.	SUCS	GRANULOMETRIA					LL	I.P.	H.N.	N° DE MUESTRA	
				<	0,075	0,600	2,0	75					>
				mm	mm	mm	mm	mm					mm
0.30		Material de cobertura vegetal Depositos morenicos constituido por grava pobremente gradada con limo y arena, de forma angulosa y laminar, de color gris, con humedad media, de baja plasticidad, consistencia rígida, presencia de oxidaciones menores, presenta botonería con tamaño máximo de 4".	GP - GM A-1-a(0)	7.8	34.9	45.9	11.4	0.0	22	3	6.6	M-02	
1.90				2.00	3.00	4.00							

MANUEL OSWALDO TORRES ROSAS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 15227

JOSE MANUEL PAUCAR GARCES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 54335

MARCO ANTONIO MONTALVO FARFAN
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 31590

M:\Contratos\124600 estudio oyon-ambo\6 Informe Final\EST_DEFINITIVO\01_M_Descriptiva-Est. Basicos\XVIII Anx_Est. Bas\03 Suelos_Cant\S2\04 Est. Cant\01 Huachos_188+200 - CERRO\C-01\1.C-01_188+200_REG_EXC_

CONSORCIO CESEL - SIGA	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N°	: SYP-ABR-14
		Fecha de Emisión	: 05/08/2012
		Páginas	: 01-06
		Realizado por	: Tes. M.C.C.
		Revisado por	: Ing. M.M.F.
		Certificado N°	: SYP-08-12/001

PROYECTO:	Estudio de Factibilidad y Definitivo del Proyecto de Mejoramiento de la Carretera Oyon - Ambo		
SECTOR II:	Desvío Cerro de Pasco - Desvío Chacayan		
MATERIAL:	Cantera Huachos		
UBICACIÓN:	KM 188+200	Lado: Izquierda	Acceso: 490 m

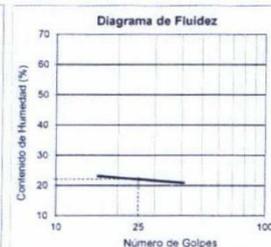
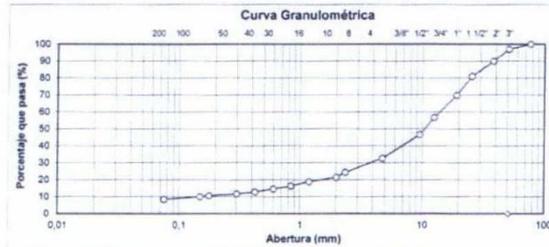
DATOS DE LA MUESTRA			
CALIGATA:	C-01	TAMAÑO MAXIMO:	3"
MUESTRA:	M-02	Peso inicial seco:	45662.0 g
PROF. (m):	0.30 - 1.90	Fracción N° 04:	443.6 g

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO Y HUMEDAD NATURAL
(NORMA MTC E-108, E-204, AASHTO T-27, ASTM D422)

TAMIZ (mm)	AASHTO T-27	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.200				100.0		Contenido de Humedad (%) 6.6
2"	50.800	1382.0	3.0	3.0	97.0		Tara N° A5
1 1/2"	38.100	3241.0	7.1	10.1	89.9		Peso de la Tara (g) 0.00
1"	25.400	4005.0	8.8	18.9	81.1		Peso Tara+Suelo Hum (g) 501.60
3/4"	19.000	5169.0	11.3	30.2	69.8		Peso Tara+Suelo Sec (g) 470.70
1/2"	12.500	5945.0	13.0	43.2	56.8		Peso del Agua (g) 31.10
3/8"	9.500	4575.0	10.0	53.3	46.7		Peso del Suelo Seco (g) 470.70
N° 4	4.750	6400.0	14.0	67.3	32.7		Límite Líquido (LL) 22
N° 8	2.360	112.3	8.3	75.6	24.4		Límite Plástico (LP) 19
N° 10	2.000	39.6	2.9	78.5	21.5		Índice Plástico (IP) 3
N° 16	1.190	35.9	2.6	81.1	18.9		Clasificación (SUCS) GP - GM
N° 20	0.840	33.6	2.5	83.6	16.4		Descripción (SUCS) Grava pobremente graduada con limo y arena
N° 30	0.600	23.5	1.7	85.3	14.7		
N° 40	0.425	23.5	1.7	87.1	12.9		Clasificación (AASHTO) A-1-a(0)
N° 50	0.300	16.2	1.2	88.3	11.7		Descripción (AASHTO) Bueno
N° 80	0.177	13.5	1.0	89.3	10.7		Bolonería > 3" 11.4
N° 100	0.150	9.7	0.7	90.0	10.0		Grava 3" - N° 4 67.3
N° 200	0.075	20.2	1.5	91.5	8.5		Arena N° 4 - N° 200 24.2
< N° 200	FONDO	115.6	8.5	100.0	0.0		Finos < N° 200 8.5

LIMITES DE CONSISTENCIA-PASA LA MALLA N°40
(NORMA MTC E-110, E-111, AASHTO T-89, T-90, ASTM D 4318)

Und	N°	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		Promedio
		3	8	16	6	5	
N° TARRO	(g)	32.67	35.55	33.81	19.91	19.03	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	29.49	31.98	30.58	19.27	18.50	
PESO DE AGUA	(g)	3.18	3.57	3.23	0.6	0.5	
PESO DEL TARRO	(g)	15.72	16.01	15.31	15.88	15.67	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	13.8	16.0	15.3	3.4	2.8	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	23.1	22.4	21.2	18.9	18.7	19
NUMERO DE GOLPES	-	16	23	36	-	-	-



[Firma]
MANUEL OSWALDO TORRES ROSAS
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 15227

[Firma]
JOSE MANUEL PAUCAR GARCES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 54335

[Firma]
MARCO ANTONIO MONTALVO FARFAN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 31590

J:\Contratos\124600 estudio oyon-ambo\6 Informe Final\EST_DEFINITIVO\01_M_Descriptiva-Est_Basicos\XVIII Anx_Est_Bas\03 Suelos_Cant\SI\04 Est_2ant\01 Huachos_188+200 - CERROIC-012 C-01_188+200_GI.G3 HN L.P.CBR

	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N° : SYP-ABR-14
		Fecha de Emisión : 05/08/2012
		Paginas : 02 - 06
		Realizado por : Tec. M.C.C.
		Revisado por : Ing. M.M.F.
		Certificado N° : SYP-08-12/001

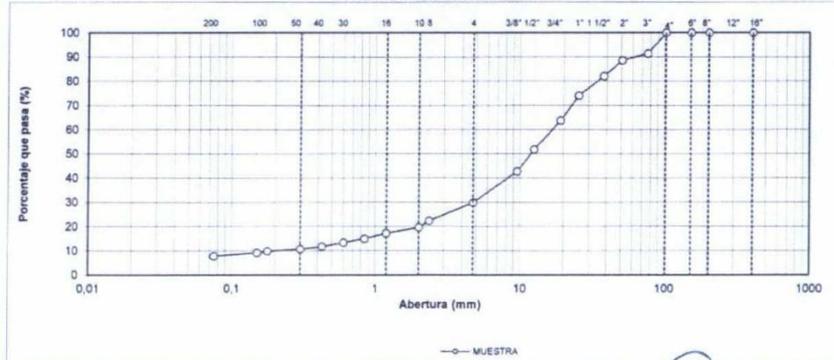
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(NORMA MTC E-204, AASHTO T-27, ASTM D422)

PROYECTO:	Estudio de Factibilidad y Definitivo del Proyecto de Mejoramiento de la Carretera Oyon - Ambo	
SECTOR II:	Desvío Cerro de Pasco - Desvío Chacayan	
MATERIAL:	Cantera Huachos	
UBICACIÓN:	KM 188+200	Lado: Izquierda Acceso: 490 m

DATOS DE LA MUESTRA				
CALICATA:	C-01	Peso inicial seco:	51047,0 g	
MUESTRA:	M-02	Fracción 3" :	45662,0 g	
PROF. (m):	0.30 - 1.90	TAMAÑO MAXIMO : 4"	Fracción N° 04 :	443,6 g

TAMIZ (mm)	PESO RETENIDO	RETENIDO RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	RETENIDO QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
16"	406,400					Contenido de Humedad (%) : 6,6
8"	203,200					Limite Liquido (LL) : 22
6"	152,400					Limite Plástico (LP) : 19
4"	101,600			100,0		Indice Plástico (IP) : 3
3"	76,200	4385,0	8,6	8,6	91,4	Clasificación (SUCS) : GP - GM
2"	50,800	1382,0	2,8	11,4	88,6	Clasificación (AASHTO) : A-1-a(0)
1 1/2"	38,100	3241,0	6,5	17,8	82,2	Descripción (AASHTO) : Bueno
1"	25,400	4005,0	8,0	25,9	74,1	Descripción (SUCS) : Grava pobremente graduada con limo y arena OBSERVACIONES : Boloneria > 6 : 0,0 Boloneria 6" - 2" : 11,4 Grava 2" - 3/8" : 45,9 Arena 3/8" - N° 200 : 34,9 Finos < N° 200 : 7,8
3/4"	19,000	5169,0	10,3	36,2	63,8	
1/2"	12,500	5945,0	11,9	48,1	51,9	
3/8"	9,500	4575,0	9,2	57,3	42,7	
N° 4	4,750	6400,0	12,8	70,1	29,9	
N° 8	2,360	112,3	7,6	77,7	22,3	
N° 10	2,000	39,6	2,7	80,3	19,7	
N° 16	1,190	35,9	2,4	82,7	17,3	
N° 20	0,840	33,6	2,3	85,0	15,0	
N° 30	0,600	23,5	1,6	86,6	13,4	
N° 40	0,425	23,5	1,6	88,2	11,8	
N° 50	0,300	16,2	1,1	89,3	10,7	
N° 80	0,177	13,5	0,9	90,2	9,8	
N° 100	0,150	9,7	0,7	90,8	9,2	
N° 200	0,075	20,2	1,4	92,2	7,8	
< N° 200	FONDO	115,6	7,8	100,0	0,0	

CURVA GRANULOMETRICA



MANUEL OSWALDO TORRES ROSAS
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 15227

JOSE MANUEL PAUCAR GARCES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 54335

MARCO ANTONIO MONTALVO FARFAN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 31590

M:\Contratos\124900 estudio oyon-ambo\6 Informe Final\EST_DEFINITIVO\01_M Descriptiva-Est Basicos\XVIII Anx_Est_Bas\03 Suelos_Cant\S2\04 Est_Cant\01 Huachos_188+200 - CERRO-C-01\2 C-01_188+200_GI G3_HN.L.P.CBR

CONSORCIO CESEL - Sigl	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N° : SYP-ABR-14
		Fecha de Emisión : 05/08/2012
		Páginas : 03-06
		Realizado por : Tec. M.C.C.
		Revisado por : Ing. M.M.F.
		Certificado N° : SYP-08-12/001

PORCENTAJE Y LIMITES DE CONSISTENCIA QUE PASA LA MALLA N°200
(NORMA MTC E-110, E-111, E-202 AASHTO T-89, T-90, ASTM D 4318)

PROYECTO:	Estudio de Factibilidad y Definitivo del Proyecto de Mejoramiento de la Carretera Oyon - Ambo		
SECTOR II:	Desvío Cerro de Pasco - Desvío Chacayan		
MATERIAL:	Cantera Huachos		
UBICACIÓN:	KM 188+200	Lado: Izquierda	Acceso : 490 m

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA:	C-01
MUESTRA:	M-02
PROF. (m):	0.30 - 1.90

PORCENTAJE QUE PASA LA MALLA N° 200

TAMAÑO NOMINAL MAXIMO DE LOS TÁMICES (Pulg.)	(mm)	MUESTRA SECA (gr)	MUESTRA LAVADA (gr)	% PASA N° 200	ESCALONADO	
					ORIGINAL	% PASA CORREGIDA
1 1/2" ó Mayor	37.5	5001,7	5000,1	0,0	7,1	0,0
3/4"	19,5	2507,1	2504,8	0,1	11,3	0,0
3/8"	9,5	1006,2	1004,8	0,1	10,0	0,0
N° 04 ó menos	4,8	300,8	252,3	16,1	46,7	7,5
					TOTAL	7,6

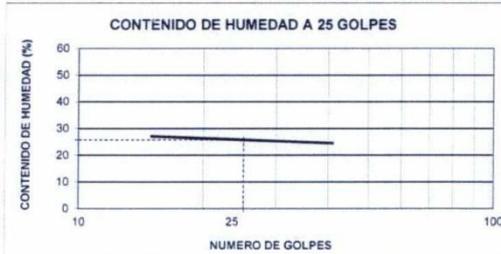
LIMITES DE CONSISTENCIA QUE PASA LA MALLA N° 200

N° TARRO	Und	N°	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		Promedio
			5	2	8	16	13	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)		32,89	34,62	31,34	20,03	19,39	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)		29,23	30,45	28,30	19,23	18,58	
PESO DE AGUA	(g)		3,66	4,17	3,04	0,8	0,8	
PESO DEL TARRO	(g)		15,67	14,45	16,01	15,31	14,56	
PESO DEL SUELO SECO	(g)		13,6	16,0	12,3	3,9	4,0	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)		27,0	26,1	24,7	20,4	20,1	20
NUMERO DE GOLPES			15	24	36	-	-	

MATERIAL QUE PASA LA MALLA N° 200	
PORCENTAJE QUE PASA	7,6

CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	26
LIMITE PLASTICO	20
INDICE DE PLASTICIDAD	6

OBSERVACIONES	



TCO. RESPONSABLE

MANUEL OSWALDO TORRES ROSAS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 15227

JOSE MANUEL PAUCAR GARCES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 54335

ING. RESPONSABLE

MARCO ANTONIO MONTALVO FARFAN
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 31590



	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS		Informe N° : SYP-ABR-14
			Fecha de Emis. : 05/08/12
			Páginas : 05 - 06
			Realizado por : Tec. M.C.C.
			Revisado por : Ing. M.M.F.
		Certificado N° : SYP-08-12/001	

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
(NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1883)

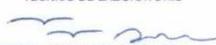
PROYECTO:	Estudio de Factibilidad y Definitivo del Proyecto de Mejoramiento de la Carretera Oyon - Ambo		
SECTOR II:	Desvío Cerro de Pasco - Desvío Chacayan		
MATERIAL:	Cantera Huachos		
UBICACION:	KM 188+200	Lado : Izquierda	Acceso: 490 m

DATOS DE LA MUESTRA			
CALICATA:	C-01	PROGRESIVA :	KM 188+200
MUESTRA:	M-02	CLASF. (SUCS) :	GP - GM
PROF. (m):	0.30 - 1.90	CLASF. (AASHTO) :	A-1-a(0)

COMPACTACION						
Molde N°	4		17		8	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12525.0	12775.5	12086.0	12327.7	12877.0	11008.9
Peso de molde (g)	7568.00	7568.0	7316.00	7316.0	8180.00	8180.0
Peso del suelo húmedo (g)	4957.0	5207.5	4770.0	5011.7	4697.0	2828.9
Volumen del molde (cm ³)	2104.90	2104.9	2131.00	2131.0	2213.80	2213.8
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.355	2.474	2.238	2.352	2.122	1.278
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	434.3	369.2	398.7	362.7	410.7	357.1
Peso suelo seco + tara (g)	408.8	344.9	375.2	338.2	386.5	334.1
Peso de tara (g)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso de agua (g)	25.5	24.3	23.5	24.5	24.2	23.0
Peso de suelo seco (g)	408.8	344.9	375.2	338.2	386.5	334.1
Contenido de humedad (%)	6.24	7.05	6.26	7.24	6.26	6.88
Densidad seca (g/cm ³)	2.217	2.311	2.106	2.193	1.997	1.196

EXPANSION											
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
01/08/2012	13:12	0	34.0	0.000	0.0	45.0	0.000	0.0	56.0	0.000	0.0
02/08/2012	13:18	24	36.0	0.051	0.0	49.0	0.102	0.1	67.0	0.279	0.2
03/08/2012	13:24	48	47.0	0.330	0.3	54.0	0.229	0.2	73.0	0.432	0.4
04/08/2012	13:30	72	48.0	0.356	0.3	59.0	0.356	0.3	87.0	0.787	0.7
05/08/2012	13:36	96	52.0	0.457	0.4	74.0	0.737	0.6	92.0	0.914	0.8

PENETRACION													
PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N°			MOLDE N°			MOLDE N°					
		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION				
		Dial (div)	kg	%	Dial (div)	kg	%	Dial (div)	kg	%			
0.000		0	0		0	0		0	0				
0.635		17	76.7		15	68.0		13	59.3				
1.270		57	250.5		48	211.4		38	167.9				
1.905		120	523.7		96	419.7		72	315.6				
2.540	70.5	181	787.6	773.6	51.3	125	545.3	805.4	40.2	110	478.2	490.6	32.5
3.180		234	1016.4		190	826.5		147	638.4				
3.810		285	1236.1		237	1029.3		188	817.8				
5.080	105.7	352	1524.0	1509.3	66.7	269	1167.2	1203.1	53.2	227	984.0	968.1	42.8
7.620		462	1995.2		378	1635.6		294	1274.8				
10.160		556	2396.2		456	1969.5		355	1536.9				

TECNICO DE LABORATORIO

MANUEL OSWALDO TORRES ROSAS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 15227


JOSE MANUEL PAUCAR GARCES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 54335

ING. JEFE DE LABORATORIO

MARCO ANTONIO MONTALVO FARFAN
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 31590



Anexo 8: Estudio petrográfico-microscópico



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

220

0192

Facultad de Ingeniería Civil
Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos y Pavimentos

Av. Tupac Amaru N° 210 - Lima 25 - Perú Telefex 381-3842 Central Telefónica 481-1070 Anexo 308

INFORME N° S12 - 709 - 3

SOLICITADO : CONSORCIO CESEL - SIGT

PROYECTO : Estudio de Factibilidad y Definitivo para el Mejoramiento de la Carretera OYON - AMBO

UBICACIÓN : Tramo II - Desvío Pasco-Desvío Chacayán

FECHA : Lima, 20 de Agosto del 2012

ESTUDIO PETROGRÁFICO MACROSCÓPICO

MUESTRA : Roca (Km. 191 + 100, lado izquierdo)

1.0 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA EN MUESTRA DE MANO

MARCO ANTONIO MONTALVO FARFAN
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 31590

- 1.1 NATURALEZA DE LA ROCA** : Sedimentaria
- 1.2 COLOR** : Color gris que intemperiza a un color gris claro con manchas amarillentas.
- 1.3 GRADO DE METEORIZACIÓN** : Poco meteorizada, solo superficialmente.
- 1.4 TEXTURA** : Afanítica, no clástica.
- 1.5 MATRIZ Y CEMENTO** : Arcillo - calcárea.
- 1.6 ESTRUCTURA Y FRACTURA** : Estructura sedimentaria y fractura irregular sub-concoidea de superficies semiáspera al tacto. La roca presenta microfracturamiento paralelo, con planos de separación de 3 cm.

JOSE MANUEL PAUCAR GARCES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 54335



MANUEL OSWALDO TORRES ROSAS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 15227

Informe S12-709-3



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

221
0193

Facultad de Ingeniería Civil Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos y Pavimentos

Av. Tupac Amaru N° 210 - Lima 25 - Perú Telefax 381-3842 Central Telefónica 481-1070 Anexo 308

Al primer golpe del martillo se rompe en fragmentos de 4 a 8.5 cm de diámetros. Los fragmentos son ángulos y de bordes afilados o cortantes

1.7 COMPOSICIÓN MINERALÓGICA PRINCIPAL: La roca está compuesta principalmente por calcita (CO_3Ca).

1.8 COMPOSICIÓN MINERALÓGICA EN MENOR PORCENTAJE: Por el color gris de la roca se supone que debe contener algo de arcilla y restos de materia orgánica. La roca también presentan venillas de uno (1) mm de grosor de calcita blanca.

1.9 REACCIÓN AL ÁCIDO CLORHÍDRICO (HCl): Efervesce fuertemente.

1.10 CLASIFICACIÓN MACROSCÓPICA: CALIZA AFANÍTICA.

2.0 OBSERVACIONES: Roca sedimentaria con predominancia del mineral calcita (CO_3Ca), con presencia de microfracturamiento, que debilita estructuralmente a la roca, pues esta se rompe en fragmentos angulosos de bordes agudos de 4 a 8.5 cm de diámetro al primer golpe de martillo de 24 onzas.

La dureza de la roca es tres (3), que es rayada por la cuchilla de acero (5.5) y efervesce fuertemente con el HCl diluido.

Por su comportamiento al primer golpe del martillo se le estima 50 kg/cm^2 a la compresión simple aproximadamente.

Cuando se explote como roca de cantera debe tenerse cuidado de que no se contamine con los estratos de lutitas arcillosas que suelen contener las formaciones geológicas calcáreas.



MARCO ANTONIO MONTALVO FARFAN
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 31590



Ing. Geólogo: Jorge Agramonte B.
C.I.P.: 5924



Jorge Adalberto Agramonte Bermejo
INGENIERO GEÓLOGO
F. del Colegio de Ingenieros N° 5924

MANUEL OSWALDO TORRES ROSAS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 15222

JOSE MANUEL PAUCAR GARCÉS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 54335

Informe S12-709-3

Anexo 9: Registro de excavación de la cantera Juanita

224 196

	CONSORCIO	Informe N°	: SYP-ABR-14
	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Fecha de Emisión	: 05/08/2012
		Páginas	: 01-01
		Realizado por	: Tec. M.C.C
		Revisado por	: Ing. M.M.F.
		Certificado N°	: SYP-08-12/001

REGISTRO DE EXCAVACION CALICATA : C-01

PROYECTO	: Estudio de Factibilidad y Definitivo del Proyecto de Mejoramiento de la Carretera Oyon - Ambo		
SECTOR II	: Desvío Cerro de Pasco - Desvío Chacayan		
MATERIAL	: Cantera Juanita - Estrato rocoso		
PROGRESIVA	: KM 188+600	LADO IZQUIERDA	ACCESO REQUERIDO 30 m
FECHA DE EXCAVACION	: 28-07-12		
PROFUNDIDAD TOTAL (m)	: 0.00 - 3.50		
NIVEL FREATICO (m)	: ..		

PROF. (m)	GRAFI CO	DESCRIPCION DEL SUELO Clasificación técnica, forma del material granular; color; contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compactación / consistencia. Otros: presencia de oxidaciones y material orgánico, porcentaje estimado de boleos / cantos, etc.	GRANULOMETRIA									
			SUCS	< 0,075 mm >				L.L.			N° DE MUESTRA	
				< 0,075 mm	0,075 - 0,425 mm	0,425 - 0,850 mm	> 0,850 mm	%	%	%		
			AASHTO	< N° 200	N° 4	>						
				N° 200	N° 4	3"	3"					

	GP-GM A-1-a(0)	8,0	19,9	72,1	3,1	18	NP	0,9	M-01
	Macizo rocoso, constituido por bloques fracturados de roca caliza, que resultan en grava pobremente gradadas con limo y arena, de 0.50 m a 1.00 m de diametro, de consistencia rigida, de color gris, poco intemperizada superficialmente y presenta material vegetal (pastos y arbustos).								

OBSERVACIONES : _____

Página 1/1

M:\Contratos\124600 estudio oyon-ambo\6 Informe Final\EST_DEFINITIVO\01_M.Descriptiva-Est. Basicos\XVIII Anx. Est. Bas\03 Suelos_Cant\S2\04 Est. Cant\02 Juanita_km 188+850 LI - ROCA\IC-01\11.C-01_188+600_REG_EXC_

MANUEL OSWALDO TORRES ROSAS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 15227

MARCO ANTONIO MONTALVO FARFAN
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 31590