

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL**



**DISEÑO DE UN FALSO TÚNEL, PROGRESIVA 46+300M,
CARRETERA CUTERVO – CHIPLE, ZONA DENOMINADA LA
VARIANTE- DISTRITO DE SANTO DOMINGO DE LA CAPILLA,
PROVINCIA DE CUTERVO - REGIÓN CAJAMARCA, 2018**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL**

AUTOR

MAX ROBINSON RAMIREZ CASTRO

ASESOR

SEGUNDO GUILLERMO CARRANZA CIEZA

<https://orcid.org/0000-0001-9321-2501>

Chiclayo, 2020

**DISEÑO DE UN FALSO TÚNEL, PROGRESIVA 46+300M, CARRETERA
CUTERVO – CHIPLE, ZONA DENOMINADA LA VARIANTE- DISTRITO
DE SANTO DOMINGO DE LA CAPILLA, PROVINCIA DE CUTERVO -
REGIÓN CAJAMARCA, 2018**

PRESENTADA POR

MAX ROBINSON RAMIREZ CASTRO

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO CIVIL AMBIENTAL

APROBADA POR

Ovidio Serrano Zelada

PRESIDENTE

Wilson Martín García Vera

SECRETARIO

Segundo Guillermo Carranza Cieza

VOCAL

DEDICATORIA

A Dios por permitirme estudiar algo que me gusta.

A mis padres, Miria y Hernán por apoyarme siempre con todo su amor todos los días, quienes amo mucho y estoy muy orgulloso de ellos.

A mis abuelos, por darme todo su cariño y consejos, en especial a mi abuela Digna María por ser la mujer más servicial y amable que he conocido y a mi abuelo Aurelio, por darme el ejemplo de familia.

A mis tíos, Charito y Edward por ser las personas que brindaron una perspectiva diferente de actuar y son las personas más especiales, detallistas y únicas que he podido conocer en mi vida

AGRADECIMIENTO

Agradecer a Dios por todo lo que me ha dado, agradecido con mis padres por su amor y enseñanzas, por darme mi educación, con Dios por darme una gran familia. Agradezco a mi asesor, Ing. Segundo Guillermo Carranza Cieza por brindarme sus conocimientos y disposición de su tiempo. A todas las personas que contribuyeron con este trabajo.

RESUMEN

En esta presente tesis tiene por finalidad diseñar un falso túnel debido a la caída de rocas que es uno de los mayores riesgos naturales que prevalecen en el tramo denominado La Variante, en el kilometraje más crítico, Km 46+300. Al año se gastan miles de nuevos soles en sectores viales que presentan problemas de inestabilidad y caída de rocas de gran tamaño, por concepto de pérdida de vidas humanas, costos por accidentabilidad, mantenimiento, reparación de infraestructuras impactada, trabajos sobre la estabilización de taludes, cierres parciales o totales, y efectos negativos sobre la economía regional de Cajamarca (en especiales sectores como el transporte de carga y el turismo). Los túneles falsos son estructuras que se han diseñado con el fin de proteger las vías contra el impacto de las rocas funcionando como techos protectores, su propósito es absorber la energía del impacto de la roca por medio de la utilización de un colchón amortiguador el cual se diseña basado en ciertos parámetros que relacionan la fuerza de impacto con el espesor de la capa amortiguadora. El propósito de este estudio es proporcionar el diseño de un falso túnel para el control de caída de rocas, la cual se desarrollado basándose en investigaciones realizadas por expertos en el tema y se fundamenta los falsos túneles como un medio de protección de contra caídas de rocas. en este documento se presentan los procedimientos más importantes a seguir en la realización de un proyecto de este tipo de acuerdo con la normativa que rigen nuestro país; un resumen de los estudios previos y sus memorias de diseño.

Palabras clave: falso túnel, caída de rocas, mecánica de rocas, modelamiento, diseño, impacto.

ABSTRACT

The fall of rocks is one of the greatest natural risks that prevail in the mountainous regions of our country. Every year thousands of new soles are spent in road sectors with problems of instability and falling of large rocks, for loss of human life, costs for accidents, maintenance, infrastructure repair impacted, works on the stabilization of slopes, partial closures or total, and negative effects on the regional economy of Cajamarca (in special sectors such as freight transport and tourism).

False tunnels are structures that have been designed to protect the roads against the impact of rocks functioning as protective roofs, its purpose is to absorb the energy of the impact of the rock through the use of a buffer cushion which is designs based on certain parameters that relate the impact force with the thickness of the buffer layer. They are called false tunnels because they are not built crossing the mountain, they simply lean on the slope; in some countries they are called "protection galleries" or "false ceilings".

The objective of this study is to provide the design of a false tunnel for rockfall control, which was developed based on research conducted by experts in the field and false tunnels are founded as a means of protection against falling rocks . This document presents the most important procedures to follow in the realization of a project of this type in accordance with the regulations that govern our country; a summary of previous studies and their design memories.

Keywords: false tunnel, rock fall, rock mechanics, modeling, design, impact.

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	13
II.	MARCO TEÓRICO	17
	2.1. Antecedentes del problema.....	17
	2.2. Bases teórico-científicas.	17
	2.2.1. Normas.....	18
	2.2.2. Leyes.....	19
	2.2.3. Factores importantes en el diseño de estructuras.....	19
	2.2.4. Túneles falsos o cubiertas de protección.	20
	2.2.5. Mecánica de las caídas de roca.	20
	2.2.6. Protección contra caída de rocas.	21
	2.2.7. Bermas en el talud	22
	2.2.8. Barreras.....	22
	2.2.9. Túneles falsos o cubiertas de protección.	22
	2.2.10. Simulación de la caída de roca.	23
	2.2.11. Análisis del impacto.	24
III.	METODOLOGÍA	25
	3.1. Tipo y nivel de investigación.....	25
	3.2. Diseño de investigación.....	25
	3.3. Población, muestra, muestreo	25
	3.4. Criterios de selección.....	25
	3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	25
	3.5.1. Técnicas	26
	3.5.2. Fuentes.....	27
	3.5.3. Instrumentos	27
	3.6. Procedimientos.	28
	3.6.1. Levantamiento topográfico	28
	3.6.2. Estudio de mecánica de suelos y rocas	29
	3.6.3. Modelamiento en el software SAP2000	29
	3.6.3.1. Características y propiedades de los materiales	29
	3.6.3.2. Combos de diseño	30
	3.6.3.3. Cargas unitarias	30

3.6.3.3.1.	Carga muerta.....	30
3.6.3.3.2.	Carga viva.....	30
3.6.3.3.3.	Carga impacto.....	30
3.6.4.	Análisis sísmico	32
3.6.5.	Estructuras proyectadas.	38
3.6.5.1.	Falso túnel.	38
3.6.5.2.	Muro de concreto.	38
3.6.5.3.	Losa unidireccional de concreto.....	40
3.6.5.4.	Columnas de concreto.	41
3.6.5.5.	Vigas de concreto.	42
3.6.5.6.	Cimentación.	43
3.6.5.7.	Capa de amortiguamiento.....	44
3.6.5.8.	Relleno para estructuras (muro de contención).....	45
3.6.5.9.	Cunetas	45
3.7.	Plan de procesamiento para análisis de datos	45
IV.	RESULTADOS	47
4.1.	Estudios de mecánica de suelos y rocas	47
4.2.	Diseño de pavimentos.....	49
4.3.	Topografía y trazo	50
4.4.	Diseño geométrico- proyecto original	52
4.4.1.	Vehículo de diseño	52
4.5.	Diseño geométrico del falso Túnel – Propuesta de modificación.	53
4.6.	Señalización y seguridad	55
4.6.1.	Generalidades	55
4.6.2.	Información específica.	56
4.6.3.	Registro y análisis de las características físicas actuales de la vía.	56
4.6.4.	Señalización existente.....	57
4.6.5.	Señalización propuesta en el EDI (expediente definitivo de ingeniería).....	58
4.6.6.	Señalización proyectada	58
4.7.	Estudio de hidrología e hidráulica	60
4.7.1.	Sistema de drenaje	60
4.8.	Estudio Geológico – Geotécnico.	62
4.9.	Diseño de la estructura del Falso Túnel concreto armado.....	62

4.9.1. Metrado de cargas.....	63
4.9.2. Análisis sísmico.....	68
4.10. Canteras y fuentes de agua.....	80
4.11. Análisis de estabilidad.	81
4.11.1. Ubicación.	81
4.11.2. Características del talud.	82
4.11.3. Modelamiento de estabilidad en el programa GEO5.	82
4.12. Evaluación de impacto ambiental.	84
V. DISCUSIÓN.....	85
VI. CONCLUSIONES	88
VII. RECOMENDACIONES	91
VIII. LISTA DE REFERENCIAS.....	92
IX. ANEXOS.....	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Señal de aviso de caída de rocas en el tramo estudiado.....	13
Figura 2. Tramo de carretera Cutervo-Chiple-Jaén.....	14
Figura 3. Desprendimientos de rocas	15
Figura 4. Localización geográfica de la carretera Cutervo-Chiple.	16
Figura 5. Caída de rocas carretera Cutervo- Chiple.	20
Figura 6. Tipos de obras de protección.	22
Figura 7. Túnel falso	23
Figura 8: Difusión de la fuerza de remplazo.	32
Figura 9: Zonas Sísmicas	33
Figura 10. Vista en planta del tramo del proyecto.	51
Figura 11. Vista del perfil longitudinal del tramo del proyecto, pendiente 8.68%.	51
Figura 12. Sesión transversal del Falso Túnel con el perfil del talud.	54
Figura 13. Sesión transversal del Falso Túnel.....	54
Figura 14. Elevación longitudinal vista muro.	55
Figura 15. Elevación longitudinal vista Columnas.	55
Figura 16. Vista en planta, el mismo eje de la carretera.	56
Figura 17. Vista longitudinal del tramo Km 46+300 – Km 46+350.	57
Figura 18. Señalización informativa de desprendimiento de rocas existente.	58
Figura 19. Sesión típica de cuneta rectangular propuesto.	61
Figura 20. Sesión típica de cuneta rectangular - tapa.....	61
Figura 21. Roca de un volumen de 3.90m ³ en el tramo evaluado Km 46+300 – Km 46+350.	64
Figura 22. Espectro Pseudo Aceleraciones en X.....	71
Figura 23. Espectro Pseudo Aceleraciones en Y.....	71
Figura 24: Distribución Viga interior, transversal.	72
Figura 25: Distribución Viga exterior, transversal.....	73
Figura 26: Distribución Viga longitudinal.	73
Figura 27: Distribución de refuerzo por flexo compresión y cortante.	74
Figura 28: Distribución general de la cimentación.	75
Figura 29: Distribución franja de borde la cimentación-columna.....	75
Figura 30: Distribución franja de borde la Cimentación-Muro.....	76
Figura 31: Distribución franja central de la cimentación.	76
Figura 32: Distribución del refuerzo Muro-Cimentación.	77

Figura 33:Distribución del refuerzo en muro	78
Figura 34:Distribución en planta del refuerzo de loza maciza.	79
Figura 35Distribución en planta del refuerzo de loza maciza Propia.:	79
Figura 36.Programa GEO5: Estableciendo valores de sobrecarga.	83
Figura 37.Programa GEO5: Posible superficie de deslizamiento en el talud.	83
Figura 38.Programa GEO5: Ventana Verificación de estabilidad aceptable.	84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores de Modo de falla	32
Tabla 2:Factores de zona "Z"	34
Tabla 3:Clasificación De Los Perfiles De Suelo	34
Tabla 4:Parámetros de suelo "S"	34
Tabla 5:Períodos "Tp" y "TL"	35
Tabla 6:Coeficiente para estimar el periodo fundamental de un edificio "CT"	35
Tabla 7:Categoría de las edificaciones, factor "U".	36
Tabla 8:Sistemas Estructurales.....	36
Tabla 9:Irregularidades estructurales en altura.	37
Tabla 10: Irregularidades estructurales en planta.....	37
Tabla 11.Resultados del estudio de mecánica de suelo y rocas.	47
Tabla 12.Parámetros para el diseño en ingeniería.....	47
Tabla 13.Carga puntual en roca y densidad (ASTM-D 5731).	48
Tabla 14.Valoración del macizo rocoso clasificación geomecánica de BIENIAWSKI-RMR.48	
Tabla 15. Longitud de tramo a pavimentar.	49
Tabla 16. La estructura de pavimento adoptada para e tramo Km 46+300 – Km 46+350.	49
Tabla 17. Resultados del ensayo Marshal.	50
Tabla 18. Característica técnica del proyecto.....	52
Tabla 19 Cargas consideras en el diseño del Falso Túnel.....	63
Tabla 20. Análisis histórico del Km 46+300 – Km 46+350 años: 2018-2019.	64
Tabla 21.Volumen máximo de roca encontrado, peso específico de la roca.	65
Tabla 22. Factor de amplificación sísmica.....	69
Tabla 23. Cortante en la base X-X y Y-Y.	69
Tabla 24. Fuerza cortante en la base y peso.	69
Tabla 25. Factor de reducción y amplificación sísmica.	70
Tabla 26. Verificación y verificación del sistema estructural.	70
Tabla 27. Deslazamientos Dirección X-X y Y-Y.	71
Tabla 28.Características de cantera Km 49+650.....	80
Tabla 29.Características de cantera "Rio Callayuc" Km 85+200.	80
Tabla 30.Características de cantera de agua Km 42+780.	81
Tabla 31. Características del talud	82

I. INTRODUCCIÓN

La caída de rocas es uno de los mayores riesgos naturales que prevalecen en las regiones de la sierra de nuestro país, esto se evidencia en las pérdidas de las vidas humanas sino también en lo material, como los daños que sufren los pavimentos debido al impacto de los bloques de gran tamaño que caen y producen accidentes generando pérdidas económicas graves. Un ejemplo de ello es la vía Cutervo-Chilple, durante varios años ha tenido varios accidentes, especialmente, en la zona denominada La Variante por las constantes caídas de rocas, deslizamiento de talud produciendo pérdidas humanas y económicas, paralizando el tránsito en esta vía. En la figura 1 se puede observar, la vía existente; en la cual se puede observar en el tramo estudiado avisos de caída de rocas y de inestabilidad de dicho talud.

Figura 1. Señal de aviso de caída de rocas en el tramo estudiado.



Fuente: Propia.

Los falsos túneles son estructuras que se han diseñado con el fin de proteger las vías contra el impacto de las rocas funcionando como techos protectores, en su propósito es absorberse la energía de impacto de la roca por medio de la utilización de un falso túnel el cual se diseña basado en ciertos parámetros que relacionan la fuerza de impacto con el espesor de la capa. Se denominan falsos túneles porque no se construyen dentro de la montaña, simplemente se apoyan en el talud; en algunos países los denominan "Galerías de protección" o "Falsos techos protectores". El estudio es proporcionar un diseño de un falso túnel para la absorción de caída

de rocas, y los procedimientos más importantes a seguir en la realización de este tipo de proyecto [1].

Cajamarca es un departamento que se encuentra dentro de la cordillera de los Andes, ubicado en la región sierra, destacado por su relieve accidentado generando una geología compleja y que representa un gran reto de manera ingenieril en las comunicaciones, vía terrestre. A esto se le suma la disponibilidad y el orden técnico que conlleva medidas exigentes de solución, además, de la escasez de los recursos económicos propio de los países en desarrollo como lo es el Perú.

En relación con lo mencionado, se consideran algunos casos donde se demuestran diseños con errores en concepción en el inicio de los proyectos, un ejemplo de ello se ve reflejado en Cutervo, en las vías de montaña debido a la inestabilidad geológica y geotécnica, con especificación en varios puntos de la carretera de Cutervo – Chiple, sector “El infiernillo”, afectada periódicamente por deslizamiento de taludes (Figura 2).

Figura 2. Tramo de carretera Cutervo-Chiple-Jaén.



Fuente: Google Earth.

Este sector denominado “La variante” se encuentra en la carretera Cutervo-Chiple, progresiva Km 46+300 presenta constantemente acumulación de material en las vías, en especial en temporadas de lluvias, debido a la inestabilidad en los taludes que generan desprendimientos y caídas de las rocas, y que actualmente no tiene una solución definida ni en progreso, además genera un peligro constante a la población y usuarios que emplean esta vía como medio, por

ese motivo se considera un motivo principal para la elaboración del presente proyecto a investigar.

Asimismo, un boletín de emergencia emitido por el Centro de operaciones de emergencia del Ministerio de Transportes y Comunicaciones “COE-MTC” en el 2018, informo que el tramo Chiple-Cutervo, de la red Vial Nacional PE-3N, ubicado en el distrito de Callayuc, provincia de Cutervo, región Cajamarca, se encuentra con el tránsito restringido a consecuencia de un derrumbe ocurrido en la víspera debido a las lluvias intensas que se presentaron en esta zona [2].

En la Figura 3, se muestra material rocoso con un deslizamiento de $18 m^3$ que ocurrió en el año 2018 en el Km 46+320 de la carretera Cutervo-Chiple; en una distancia afectada de 40m de la vía y se encontraron bloques de rocas que sobrepasaron los $8 m^3$.

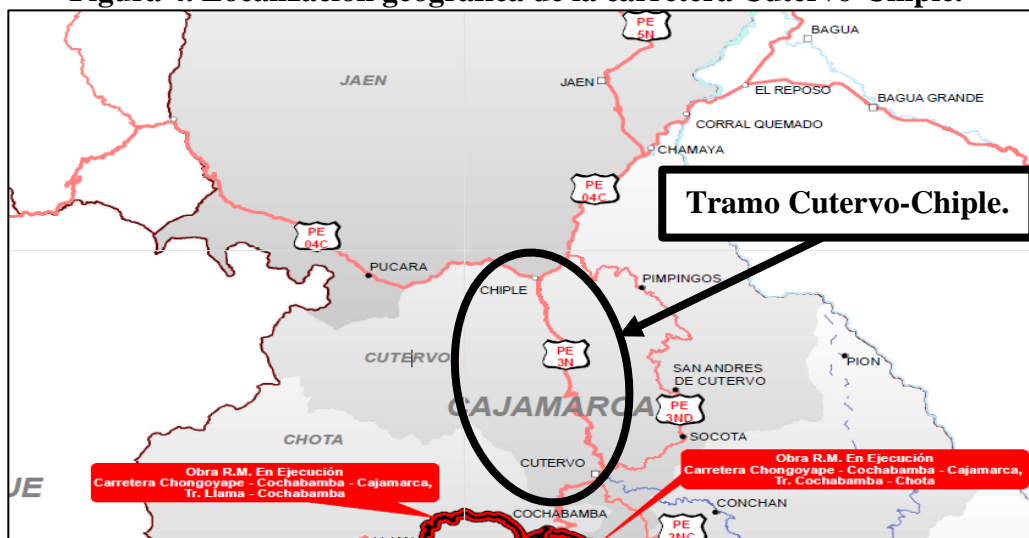
Figura 3.Desprendimientos de rocas



Fuente: Propia

La vía Cutervo-Chiple tiene una gran relevancia en el aspecto social y económico porque permite y facilita el desplazamiento por vía terrestre de Cutervo a la región de la selva de nuestro país, asimismo permite mejorar la comunicación entre Cutervo, Jaén y el departamento de Amazonas, debido a que tiene una distancia de separación de 5 horas aproximadamente.

Figura 4. Localización geográfica de la carretera Cutervo-Chiple.



Fuente: Ministerio de transportes y comunicaciones

La importancia de esta vía es que forma parte de la vía longitudinal de la Sierra Norte y de las nuevas vías de transporte, por lo cual es un punto clave para el desarrollo del país, además se abre paso hacia un debate político- económico [3].

Con este trabajo de investigación se realizará estudios de mecánicas de suelos topografía y mecánica de rocas para saber sus características de este tramo para un óptimo diseño de un Falso Túnel con el uso de software como el Sap 2000, GEO5.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

Los siguientes títulos mostrados son investigaciones referenciales en el presente proyecto:

R. Garzón, en su investigación **“Desarrollo de una herramienta para diseño de falsos túneles como protección contra impacto de caída de rocas usando redes neuronales artificiales”**, 2012 [3]. Nos ilustra sobre el diseño de un túnel falso mediante la aplicación de un modelo numérico de caída de rocas que permite aproximar y realizar un análisis de las respuestas para la elaboración de un sistema de protección en losas de concreto y del material para la capa granular ante una carga de tipo dinámica, es decir se analizó la losa de concreto y la capa de material granular disipador ante el impacto de un bloque de roca.

R. Rivero y Martínez, en su proyecto de investigación **“Diseño y construcción de túneles falsos para el control de caídas de roca”**, 2015 [1]. Manifiesta el diseño y construcción de túneles falsos para el control de caída de rocas en la carretera Bucaramanga es importante en nuestro medio y debe ser implementada en muchas de las carreteras de nuestro país ya que debido a la topografía un gran número de vías se ven afectadas por estos eventos ocasionando grandes pérdidas humanas como económicas, por los taponamientos de las vías principales.

En el año 2017, **Quilca Ruela**, en su investigación **“Diseño y construcción de falso túnel en el portal de acceso de la galería principal del nv. 4853 de la minera Minarva, u.m. la Rinconada Ananea”** [4], describe el diseño y construcción de un falso túnel en el portar de la Minería Minarva, dando una solución a los accidentes por caídas de rocas, deslizamientos de hielo y derrumbes de talud, solucionando las pérdidas humanas y económicas que paralizaban las operaciones mineras.

2.2. Bases teórico-científicas.

Existen formalizaciones científicas relacionadas con el tema: Diseño de un falso túnel, progresiva Km 46+300, carretera Cutervo – Chiple, zona denominada la variante- distrito de Santo Domingo de la Capilla, provincia de Cutervo, región Cajamarca, 2018, entre los cuales toman en cuenta los siguientes:

2.2.1. Normas

- **Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) 2014. Norma CE.010 pavimentos urbanos. Perú [5]:** Establece los requisitos mínimos para el diseño, construcción, rehabilitación, mantenimiento, rotura y reposición de pavimentos urbanos, desde los puntos de vista de la Mecánica de Suelos y de la Ingeniería de Pavimentos, a fin de asegurar la durabilidad, el uso racional de los recursos y el buen comportamiento de aceras, pistas y estacionamientos de pavimentos urbanos, a lo largo de su vida de servicio.
- **Manual de carreteras túneles, muro y obras complementarias. volumen I.R.D. N° 36-2016-MTC/14 [6]:** presenta recomendaciones de diseño generales para la elaboración de estudios geológicos, geotécnicos, hidrología, topográficos, hidráulica y drenaje, cuyas metodologías previamente a su aplicación deben ser validadas a las condiciones particulares de cada proyecto vial. Este manual puede facilitar y dar uniformidad de criterio al proyecto y la ejecución de nuevas obras de túneles, muros y obras complementarias en el País. El tema es muy amplio y abarca contribuciones de varias ramas de la ciencia y la tecnología: desde la Mecánica de Rocas al Trazado de Obras Lineales o desde la Ventilación de túneles a los Métodos de Excavación.
- **Manual de hidrología, hidráulica y drenaje – ministerio de transportes y comunicaciones [7]:** presenta recomendaciones de diseño generales para la elaboración de estudios de hidrología, hidráulica y drenaje, cuyas metodologías previamente a su aplicación deben ser validadas a las condiciones particulares de cada proyecto. Ofrece al proyectista una herramienta práctica para el desarrollo de estudios con criterios ingenieriles, metodologías y recomendaciones para obtener consistentemente la estimación de la magnitud del caudal de diseño para diferentes periodos de retorno y diseñar obras de drenaje.
- **Norma E.050: suelos y cimentaciones. 2014. Perú: reglamento nacional de edificaciones [8]:** establece los requisitos para la ejecución de Estudios de Mecánica de Suelos, con fines de cimentación, de edificaciones y otras obras indicadas en la norma. También se ejecutará con la finalidad de asegurar la estabilidad y permanencia de las obras y para promover la utilización racional de los recursos.

- **Norma E.060: concreto armado. 2014. Perú: reglamento nacional de edificaciones [9]:** fija los requisitos y exigencias mínimas para el análisis, el diseño, los materiales, la construcción, el control de calidad y la supervisión de estructuras de concreto armado, pre-esforzado y simple.
- **Normativa Suiza, (ASTRA 12 006, Oficina Federal de Vías - OFROU) [10]:** establece requisitos y exigencias para un diseño óptimo de un falso Túnel. Recomendado diferentes dimensiones y calculando la fuerza de impacto que produciría el impacto de una roca a una losa de concreto con una capa de amortiguamiento.

2.2.2. Leyes

- **Ley general del ambiente (Ley N° 28611) [11]:** establece los principios y normas básicas que aseguren el efectivo ejercicio del derecho constitucional al ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida. Asimismo, la Ley General del Ambiente regula el cumplimiento de las obligaciones vinculadas a la efectiva gestión ambiental, que implique la mejora de la calidad de vida de la población, el desarrollo sostenible de las actividades económicas, el mejoramiento del ambiente urbano y rural, así como la conservación del patrimonio natural del país, entre otros objetivos.
- **Ley de recursos hídricos (Ley N° 29338) [12].**
Artículo 74: Faja Marginal en los terrenos aledaños a los cauces naturales o artificiales, se mantiene una Faja Marginal de terreno necesaria para la protección, el uso primario del agua, el libre tránsito, la pesca, caminos de vigilancia y otros servicios.

2.2.3. Factores importantes en el diseño de estructuras.

Los factores más importantes para tener en cuenta en el diseño de estas estructuras son la trayectoria de las rocas, la velocidad, la energía de impacto y el volumen total de acumulación. Según las características de la caída se diseñan diversas tipologías de obras [4].

2.2.4. Túneles falsos o cubiertas de protección.

De existir amenaza de caídas de roca en taludes que tienen pendientes fuertes, se puede diseñar la construcción de coberturas de protección o túneles falsos, que son estructuras que se han diseñado con el fin de proteger las vías contra el impacto de las rocas funcionando como techos protectores, su propósito es absorber la energía del impacto de la roca basado en ciertos parámetros que relacionan la fuerza de impacto [4].

2.2.5. Mecánica de las caídas de roca.

Las caídas de roca son generalmente iniciadas por algunos eventos climáticos y biológicos, que causan un cambio en las fuerzas actuantes en la roca. Estos eventos pueden incluir aumento en la presión de poros debido a la infiltración de la lluvia, erosión por arrastre del material durante las fuertes lluvias, degradación química o meteorización de la roca, crecimiento de las raíces de las plantas o el movimiento de las raíces por los fuertes vientos [1]. En un ambiente de alta circulación vehicular el riesgo de que suceda un evento catastrófico debido a la caída de rocas es mayor y el potencial de ocurrencia se hace más probable que por cualquier evento de los descritos anteriormente. Una vez el movimiento de una roca ubicada en la cima de un talud ha sido iniciado, el factor más importante que controla su trayectoria es la geometría del talud. En particular las caras de la superficie del talud, ya que estas pueden proporcionar una componente horizontal al movimiento haciendo rebotar la roca [1].

Figura 5. Caída de rocas carretera Cutervo- Chiple.



Fuente: Propia.

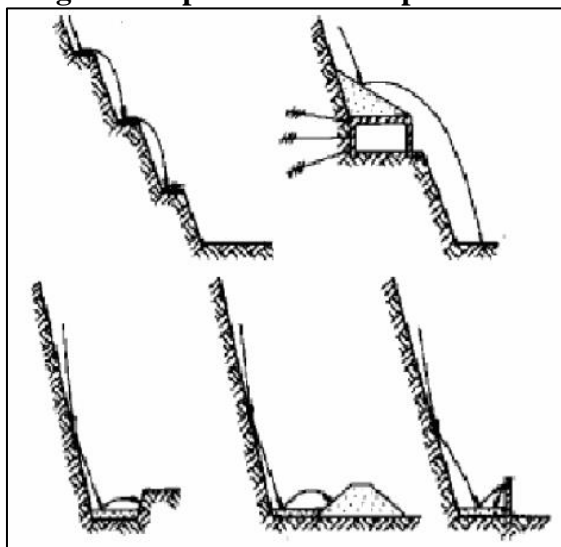
La más peligrosa de estas superficies es la llamada “rampa” la cual imparte una alta velocidad horizontal a la caída de la roca causando un largo rebote hacia fuera del pie del talud. Las caras lisas de una roca no meteorizada y no fracturada son las más peligrosas porque ellas no retardan el movimiento de la caída o deslizamiento de la roca en algún grado considerable. Por otro lado, las superficies cubiertas de material rugoso, barro o gravas absorben una considerable cantidad de energía de la caída de la roca, y en muchos casos pueden pararla completamente evitando deslizamientos. Esta capacidad de retardar de los materiales en la superficie es expresada matemáticamente por un término llamado coeficiente de restitución [1].

El valor de este coeficiente depende de la naturaleza de los materiales que están en la superficie de impacto. Las superficies limpias de una roca dura muestran altos coeficientes de restitución mientras que las arenas, gravas, y el granito completamente descompuesto tienen bajos valores de coeficiente de restitución; por esto se colocan capas de material rugoso con el fin de prevenir fuertes rebotes en las caídas de roca [1]. Otros factores tales como el tamaño y la forma de los bloques de roca, los coeficientes de fricción de la superficie de la roca, la presencia o no de meteorización en la roca, la fracturación en pequeñas piezas durante el impacto es de menor importancia comparados con la geometría del talud y los coeficientes de restitución descritos. Consecuentemente modelos de simulación de caída de rocas relativamente comunes tales como el programa Rockfall 6.1, son capaces de producir predicciones exactas y razonables de la trayectoria de una caída de roca [1].

2.2.6. Protección contra caída de rocas.

Cuando se hace imposible detectar o prevenir la caída de rocas se requieren algunos métodos o mecanismos de protección que mitiguen o detengan el impacto. La forma adecuada de controlar las caídas de roca requiere de un previo análisis y un conocimiento previo del comportamiento de la roca, para ello se realiza una serie de simulaciones con los modelos numéricos o con el software existente en el mercado. Para el diseño de estas estructuras es necesario determinar la velocidad y trayectoria de las rocas, la energía de impacto y el volumen total de acumulación [1].

Figura 6. Tipos de obras de protección.



Fuente: Lowell, Obras de protección, 2002

2.2.7. Bermas en el talud

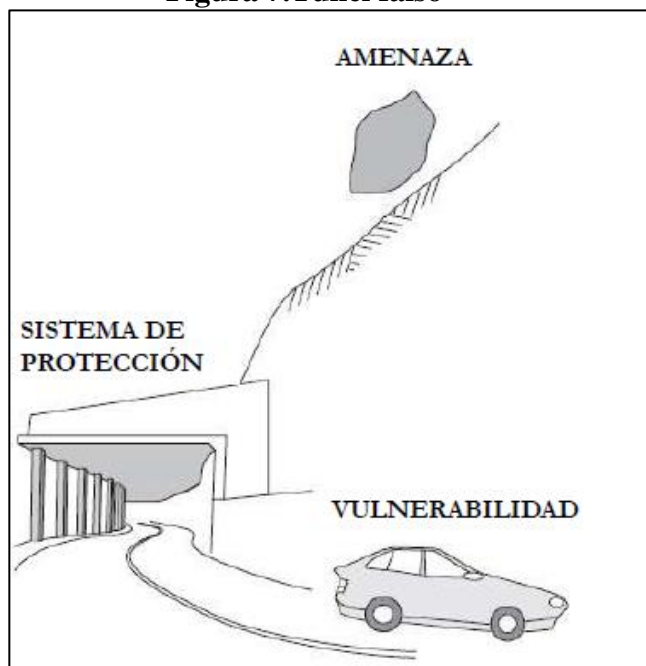
Existen diversos diseños de bermas en taludes. Sin embargo, la diferencia es precisa. Existe una gran amenaza de caídas cuando se realizan excavaciones de bermas intermedias, debido a que suelen saltar por encima. Sin embargo, las bermas de tipo cancha permitan, por su diseño, ser más útiles para algunos casos de caídas como lo es los residuos de roca [1].

2.2.8. Barreras

Las barreras de protección que dependen de la energía de los caídos y por ende, existe una gran variedad de barreras, con diversas características y dimensiones. Un ejemplo de ellas son los muros de concreto, rocas, tierra armada, suelo, pilotes, bloques de concretos o cercas [1].

2.2.9. Túneles falsos o cubiertas de protección.

Cuando existe la amenaza de caídas de roca en taludes de pendiente fuerte se puede plantear la construcción de cubiertas de protección o túneles falsos, que son estructuras que se han diseñado con el fin de proteger las vías contra el impacto de las rocas funcionando como techos protectores, su propósito es absorber la energía del impacto de la roca basado en ciertos parámetros que relacionan la fuerza de impacto [1].

Figura 7. Túnel falso

Fuente: Sergio Rosales. "Túneles falsos contra caída de rocas"

2.2.10. Simulación de la caída de roca.

La predicción de la caída de rocas es imposible, debido a la variabilidad en la geometría de los taludes, el desconocimiento de las condiciones iniciales, la falta de conocimiento sobre las propiedades de los materiales (especialmente los coeficientes de restitución) y la falta de un método de análisis que sea sensible a cambios en estos parámetros contribuyen a dificultar la predicción. El objeto de los programas de simulación es crear una herramienta útil para ayudar a los ingenieros con los análisis probabilísticos de las caídas de rocas, la cual sea de fácil acceso y que sirva para el análisis y diseño de medidas de prevención y probar su efectividad. Para realizar un modelo numérico se emplea un modelo estadístico que permita la simulación de un alto número de caídas de rocas, que identifique las áreas más apropiadas para elaborar una intervención por medio de un análisis de la distribución de las energías cinéticas máximas y medias. Algunos programas requieren una base topográfica y un estudio geomorfológico dirigido a la determinación de zonas de desprendimientos de bloques de rocas, de afloramientos rocosos y de los distintos tipos de materiales de cobertura (detritos o aluviones) [1].

2.2.11. Análisis del impacto.

Para modelar las fuerzas de impacto en las estructuras es necesario realizar un análisis numérico, estas fuerzas de impacto van a ser los parámetros de diseño de los túneles falsos, dentro de la simulación se deben tener en cuenta los elementos que conforman la estructura túnel falso, así como los materiales de cada elemento. Se ha hecho un gran esfuerzo para reducir la energía de impacto colocando un material amortiguador sobre la placa del túnel y se han realizado varias pruebas tanto numéricas como de campo para establecer un modelo de diseño.

Los altos rangos de la energía de impacto de la roca son difíciles para modelar en la escala de laboratorio. Las pruebas de campo generalmente son evitadas por que traen consigo altos costos y en algunos casos por la dificultad de sus pruebas [13].

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y nivel de investigación

De acuerdo con el tipo de Investigación es descriptiva debido a que se realizó recolección de datos basado en la teoría existente, con la finalidad de conocer lo relacionado con el concreto armado, que permiten describir y analizar los principios que rigen el diseño estructural; permitiendo realizar un desglose de información que permiten resaltar los principios básicos, centrándose de esta manera en un enfoque y análisis de criterios, que permite conceptualización, reflexión, conclusión y recomendaciones de trabajos realizados con anterioridad.

Y según el fin que se persigue es Investigación aplicada porque busca la utilización de conocimientos que permita llevar a cabo la fase de recolección documentaria, la cual consiste en la comprobación del modelo, el diseño y de esta manera examinar el comportamiento estructural mediante programas de ingeniería como el programa SAP2000 que permite obtener los metas establecidos.

3.2. Diseño de investigación

El tipo de investigación empleada en la presente investigación es aplicado, ya que trata de resolver problemas prácticos recaudando la información precedente de diversas fuentes sobre métodos de diseño concreto armado en este tipo de estructuras, basados en ensayos y experiencias constructivas a nivel internacional.

3.3. Población, muestra, muestreo

Se dispondrá los parámetros necesarios y correspondientes, describiendo e identificando las características del tramo donde se realizará el falso túnel y del proyecto mismo, el cual se desarrollará en el tramo km 46 +300 al km 46+350 de la carreta Cutervo-Chiple.

3.4. Criterios de selección

Para seleccionar el tramo donde se realizará el falso túnel se evaluó el tramo más crítico de desprendimiento de roca existente de la carreta Cutervo – Chiple.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La observación directa e investigada mediante las visitas a la zona de proyecto para la recolección de toda la información necesaria que permitan la elaboración pertinente del proyecto. En este método se utilizarán las siguientes técnicas:

3.5.1. Técnicas

- **Estudio de Tráfico vehicular:** tiene por propósito cuantificar, clasificar y determinar el volumen de los vehículos que se transportan por la carretera, así como considerar el origen - destino de los vehículos e identificar los propósitos indispensables para la evaluación económica de la carretera y determinar las peculiaridades de diseño a cada trayecto de la carretera.
- **Levantamiento Topográfico:** se emplea para realizar actividades planteadas sobre un terreno, con las herramientas apropiadas para así elaborar una correcta representación gráfica o plano, que es primordial para ubicar de manera adecuada cualquier obra que se lleve a cabo, así como para elaborar cualquier proyecto técnico. Asimismo, permite conocer la posición de puntos en el área a evaluar y para determinar su ubicación se realiza mediante tres coordenadas que son latitud, longitud y elevación o cota.
- Experimentación en laboratorio especializado, para obtener las características del suelo y estudio de los materiales a utilizar en el proyecto. En este método se utilizarán las siguientes técnicas:
- **Estudio de Suelos:** permite evaluar y conocer las particularidades físicas y mecánicas del suelo; como la humedad, la profundidad, el tipo de cimentación más apropiado para la obra a construir y los asentamientos de la estructura en la relación al peso que va a soportar. Las técnicas de investigación en el campo son las siguientes:
 - Pozos, calicatas, trincheras y zanjas
 - Método de ensayo estándar para la densidad y el peso unitario del suelo in-situ mediante el método del cono de arena.
 - Método de ensayo estándar para la densidad in-situ de suelo y suelo-agregado por medio de métodos nucleares (Profundidad superficial).
 - Método de ensayo para la determinación en campo del contenido de humedad, por el método de presión del gas carburo de calcio.
 - Descripción e identificación de suelos. Procedimiento visual manual.
 - Práctica para la investigación y muestreo de suelos por perforaciones con barrena.
 - Muestreo geotécnico de suelos con tubos de pared delgada

- Método de prueba normalizada para el contenido de humedad de suelo y roca in situ por métodos nucleares (poca profundidad).
- Método de ensayo normalizado in-situ para CBR (California Bearing Ratio-Relación del Valor Soporte) de suelos.
- Método estándar de ensayo para el uso del penetrómetro dinámico de Cono en aplicaciones superficiales de pavimentos.
- **Estudio Hidrológico:** Permite estudiar el agua, su ocurrencia, distribución, circulación, y propiedades físicas, químicas y mecánicas en los océanos, atmósfera y superficie terrestre. Esto incluye las precipitaciones, la escorrentía, la humedad del suelo, la evapotranspiración y el equilibrio de las masas glaciares. Por otra parte, el estudio de las aguas subterráneas corresponde a la hidrogeología.

3.5.2. Fuentes

Se realizará la recolección de información registrada en los antecedentes encontrados y publicaciones del tema, en relación con el diseño del sistema de drenaje pluvial.

- Bibliográficas
- Normativa existente
- Manual de carreteras túneles, muros y obras complementarias
- Normatividad internacional vigente para túneles viales.

3.5.3. Instrumentos

- **Programas de computo**
 - AutoCAD
 - Sap 2000
 - S10 Presupuestos 2005
 - GEO5
 - Microsoft Office (Ms Project, Word, Excel, Power Point)
- **Instrumentos topográficos.**
 - GPS
 - Estación total
 - Prisma para estacion total
 - Cinta Métrica
 - Brújula

- **Instrumentos hidrológicos.**
 - Pluviómetro.
- **Laboratorio de Mecánica de Suelos.**
 - Formatos para el levantamiento topográfico
 - Libreta topográfica
 - Formatos para el estudio de suelos
 - Formatos para el estudio hidrológico
 - Formatos del MTC
 - Máquina de corte directo
 - Horno

3.6. Procedimientos.

3.6.1. Levantamiento topográfico

Se realizó el levantamiento topográfico con la finalidad de obtener la representación del tramo del proyecto, y poder elaborar el plano de curvas de nivel para de esta manera determinar los desniveles que presenta dicho tramo.

El procedimiento para la obtención de datos fue la siguiente:

- Estacionar los equipos topográficos en un punto estratégico donde se pueda visualizar la mayor cantidad de puntos de levantamiento.
- Luego se procedió a la toma de altura, lectura de puntos con referente a los prismas para tomar la mediación de distancias y ángulos.

Para el establecimiento de la estación total de los puntos de control terrestre monumento a lo largo del proyecto, se utilizó la data geodésica recolectada de las estaciones Geodésicas de control, ubicado en la localidad de Cutervo y Santo Domingo de la Capilla, provincia de Cutervo, departamento de Cajamarca, cuyas coordenadas están establecidas en el Sistema WGS84.

Realizada la georreferencia, se completó la red de nivelación considerando como BM de partida el PB-1, data obtenida del informe de georreferencia adjunto, todo esto considerado que este control altimétrico está enlazado a la Red de Nivelación del IGN. El cual físicamente se encuentra en el C.P de Cochabamba, al inicio del tramo. En la siguiente figura se muestra PB-1 Se encuentra en Cochabamba, provincia de Chota, Departamento de Cajamarca [14].

3.6.2. Estudio de mecánica de suelos y rocas

Se programaron y ejecutaron investigaciones geotécnicas, las cuales fueron desarrolladas con labores de ejecución de exploraciones geotécnicas de campo como las siguientes: excavación de trincheras/calicatas (ASTMD-2488), ensayo de granulometría global (ASTM D-2488), ensayo de penetración dinámica ligera (DIN 4094), ensayo de densidad in situ-Método del cono de arena (ASTM D1556), ensayos de refracción sísmica (ASTM D5777), ensayos de medición de ondas de superficie en arreglo multicanal-MASW, Parámetros de deformación, Evaluación geomecánica de macizo rocoso.

También se realizaron ensayos de laboratorio como el ensayo de clasificación de suelos (ASTM D-2487), ensayo de carga puntual (ASTM D5731), determinación de las propiedades físicas (ASTM D2397 y ASTM D6473), ensayos químicos.

3.6.3. Modelamiento en el software SAP2000

Para el cálculo de la estructura del falso túnel se realizó en el programa SAP2000, se trabajó el modelado de un bloque, se le asignó los elementos estructurales y las cargas actuantes

3.6.3.1. Características y propiedades de los materiales

Concreto:

Resistencia nominal a compresión: $F'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$

Módulo de elasticidad: $E = 250998 \text{ kg/cm}^2$

Acero de Refuerzo:

Corrugado, grado 60, esfuerzo de fluencia: $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

Módulo de elasticidad: $E = 2100000 \text{ kg/cm}^2$

Factores de reducción de resistencia.

- Flexión $\phi = 0.9$
- Cortante $\phi = 0.85$
- Carga axial $\phi = 0.7$

Para las solicitaciones de resistencia nominales que deben satisfacerse son:

- Flexión $\phi M_n \geq M_u$

- Cortante $\phi V_n \geq V_u$
- Carga axial $\phi P_n \geq P_u$

3.6.3.2. Combos de diseño

Las combinaciones de cargas utilizadas para el diseño de la estructura según la norma E.060.

- $R_1 = 1.4CM + 1.7 CV + 1.7IM$
- $R_2 = 1.25(CM + CV + IM) \pm CSISMO$
- $R_3 = 0.9 CM \pm CSISMO$

Donde:

CM: Carga muerta, constituidas por el peso propio de los elementos estructurales, peso de la capa de amortiguamiento sobre la losa.

CV: Carga Viva.

CS: Carga producidas por el sismo.

IM: Impacto de la roca.

3.6.3.3. Cargas unitarias

3.6.3.3.1. Carga muerta

Son cargas de gravedad que actúan durante la vida útil de la estructura, estas son como: el peso propio de los elementos de la estructura, peso del material que se utilizará como capa de amortiguamiento, el peso de elementos que se adicionara a la estructura que perduraran sin algún cambio [15].

3.6.3.3.2. Carga viva

Cargas gravitatorias de un carácter movible, actúan en forma esporádica. Entre estos son: peso de las peatonas, carga viva establecida en la norma E.020 [15].

3.6.3.3.3. Carga impacto

La fuerza dinámica que generará la roca depende de las siguientes características; Su forma y peso del bloque de roca, ángulo y caída. Las características que tenga el material de la cubierta, espesor, tipo de material y grado de compactación. También de la rigidez de la misma

estructura. La carga de impacto de la roca se tomará como carga viva de acuerdo con la norma E 0.60 en el artículo 9.2.7 [9].

Para el cálculo de esta carga se tomó en cuenta la Normativa Suiza [10], donde toma varias consideraciones cuando se calcula esta fuerza. Con la siguiente ecuación:

$$F_k = 2,8 \cdot e^{-0,5} \cdot r^{0,7} \cdot M_{E,K}^{0,4} \cdot \tan \phi_k \cdot \left(\frac{m_k V_k^2}{2} \right)^{0,6} \quad \text{Ecuación 3.1}$$

Donde:

F_k = Fuerza de impacto.

e =Espesor de la capa de material amortiguador.

r = Radio de la roca equivalente en metros.

$M_{E,K}$ = Módulo de elasticidad de la capa de amortiguamiento.

ϕ_k =Angulo de fricción interno del material de la capa amortiguador.

m_k =Masa del bloque en toneladas.

V_k =Velocidad del bloque.

Cálculo de la penetración máxima, de la roca en contacto con la capa de amortiguamiento [10].

$$t = \left(\frac{m_k V_k^2}{F_k} \right) \quad \text{Ecuación 3.2}$$

(t) =Penetración en metros.

Consideraciones que deben tomar en cuenta:

$$e \geq 0,5 \text{ m}$$

$$e \geq t+3 \cdot \phi_{max}$$

$$e \geq 2 \cdot t$$

$$A_d = C \cdot F_k$$

A_d =Area equivalente.

C= Factor de falla

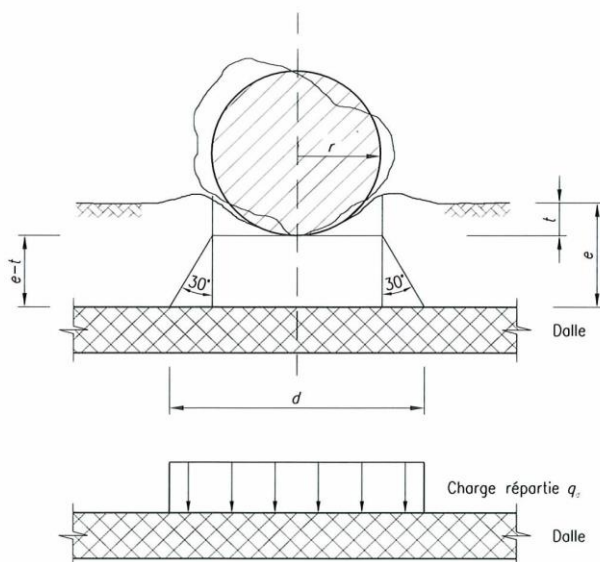
Coeficiente de seguridad el valor de la fuerza de impacto, requerido por la Normativa Suiza para recubrir las incertidumbres que pueden existir en el resto de los parámetros que influyen en la fuerza de impacto (espesor de tierras, modulo elástico de las tierras etc.) y se toma igual a 1.20 para el caso de falla frágil [10].

Tabla 1. Valores de Modo de falla

Modo de falla	C
Dúctil (falla a flexión de vigas o losas, falla de elementos reforzados a cortante o punzonamiento)	0.4
Frágil (falla de elementos no reforzados a cortante o punzonamiento)	1.2

Fuente: Normativa Suiza, (ASTRA 12 006, Oficina Federal de Vías - OFROU) [10].

Figura 8: Difusión de la fuerza de remplazo.



Fuente: Normativa Suiza, (ASTRA 12 006, Oficina Federal de Vías - OFROU) [10].

3.6.4. Análisis sísmico

Nuestro país se encuentra en una zona altamente sísmico, por lo cual es fundamental realizar un análisis sísmico de los proyectos de estructuras. [16]

Se tomará en cuenta [16] por el comportamiento de los elementos estructurales que se asemeja a las estructuras mencionadas en dicha norma.

Para realizar un buen desempeño de la estructura ante la respuesta de un evento sísmico, se debe considerar varios factores [16], ya que nuestro país se encuentra en una zona altamente sísmica. La estructura que se diseña para lograr controlar con respecto a desplazamientos de dicha estructura ante la fuerza del sismo.

Consideraciones para el análisis sísmico del Falso Túnel.

Zonificación

La estructura del Falso Túnel se encuentra en Cajamarca, provincia de Cutervo, distrito de Santo domingo de la capilla, se encuentra en zona 2, por lo que le corresponde un factor de zona de $Z=0.25$, según [16].

Figura 9: Zonas Sísmicas



Fuente: Norma de Diseño Sismo Resistente – Perú [16].

Tabla 2: Factores de zona "Z"

FACTORES DE ZONA	
ZONA	Z
Z4	0.45
Z3	0.35
Z2	0.25
Z1	0.1

Fuente: Norma de Diseño Sismo Resistente – Perú [16].

Parámetros de sitio

De acuerdo con el estudio geotécnico, se obtuvieron la velocidad promedio de propagación de ondas de corte donde fue de 484.85 m/s.

Tabla 3: Clasificación De Los Perfiles De Suelo

Perfil	\bar{V}_s	\bar{N}_{60}	\bar{S}_u
S ₀	> 1500 m/s	-	-
S ₁	500 m/s a 1500 m/s	> 50	>100 kPa
S ₂	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S ₃	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa
S ₄	Clasificación basada en el EMS		

Fuente: Norma de Diseño Sismo Resistente – Perú [16].

Le corresponde un suelo S2 de acuerdo con la norma [16] (180 m/s a 500 m/s), S=1.2.

Tabla 4: Parámetros de suelo "S"

PARAMETROS DEL SUELO				
Tipo	S0	S1	S2	S3
Z4	0.80	1.00	1.05	1.10
Z3	0.80	1.00	1.15	1.20
Z2	0.80	1.00	1.20	1.40
Z1	0.80	1.00	1.60	2.00

Fuente: Norma de Diseño Sismo Resistente – Perú [16].

Tabla 5: Períodos “Tp” y “TL”

PARAMETROS DEL SUELO			
Tipo	Descripción	T _p (s)	TL (s)
S0	Roca Dura	0.3	3
S1	Roca o suelos muy rígidos	0.4	2.5
S2	Suelos intermedios	0.6	2
S3	Suelos Blandos	1	1.6
S4	Condiciones Excepcionales	*	*

Fuente: Norma de Diseño Sismo Resistente – Perú [16].

Factor de Amplificación Sísmica (C)

De acuerdo con la tabla 5, se define el factor de amplificación sísmica C por las siguientes expresiones:

$$T < T_p \quad C = 2,5 \quad \text{Ecuación 3.3}$$

$$T_p < T < TL \quad C = 2,5 \left(\frac{T_p}{T} \right) \quad \text{Ecuación 3.4}$$

$$T > TL \quad C = 2,5 \left(\frac{T_p * TL}{T^2} \right) \quad \text{Ecuación 3.5}$$

Por lo que T es el periodo fundamental de vibración, determinado de la siguiente ecuación:

$$T = \frac{h_n}{C_T} \quad \text{Ecuación 3.6}$$

Dónde C_T, se obtuvo de la tabla 6:

Tabla 6: Coeficiente para estimar el periodo fundamental de un edificio "CT"

TIPO	Descripción	C _T
C _{ta}	Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean únicamente: a) Porticos de concreto armado sin muros de corte b) Porticos ductiles de acero con uniones resistentes a mometos, sin arriostamiento.	35
C _{tb}	Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean: a) Porticos de concreto armado con muros en las cajas de ascensores y escaleras. b) Porticos de acero arriostados.	45
C _{tc}	Para edificios de albañilería y para todos los edificios de concreto armado duales, de muros estructurales, y muros de ductilidad limitada.	60

Fuente: Norma de Diseño Sismo Resistente – Perú [16].

Factor de uso

Depende del tipo se categoría de la edificación, obtuvo por el facto “U”.

Tabla 7: Categoría de las edificaciones, factor "U".

CATEGORIA DE LAS EDIFICACIONES		
CATEGORIA	Descripción	U
A1	Edificaciones de salud	*
A2	Edificaciones esenciales	1.5
B	Edificaciones importantes	1.3
C	Edificaciones Comunes	1.0
D	Edificaciones Temporales	*

Fuente: Norma de Diseño Sismo Resistente – Perú [16].

El tipo de estructura concierne a esencial le corresponde un factor U de 1.5.

Factor de uso

De acuerdo con los sistemas estructurales se clasifican de acuerdo con los materiales que serán usado:

Tabla 8: Sistemas Estructurales.

MATERIAL	SISTEMA ESTRUCTURAL	Coefficiente Básico de reducción R_o
Acero	Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
	Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	7
	Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	6
	Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	8
	Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	6
	Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
Concreto armado	Pórticos	8
	Dual	7
	De muros estructurales	6
	Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería	Albañilería Armada o Confinada	3
Madera	Madera (por esfuerzos admisibles)	7

Fuente: Norma de Diseño Sismo Resistente – Perú [16].

Regularidad estructural

Si la estructura analizada presenta irregularidades altura I_a o planta I_p , será el menor valor de la tabla 9 y 10, caso contrario, si es regular será 1.0.

Tabla 9: Irregularidades estructurales en altura.

TIPO	I _a
Irregularidad de Rigidez – Piso Blando	0,75
Irregularidad de Resistencia – Piso Débil	0,75
Irregularidad Extrema Rigidez	0,50
Irregularidad Extrema Resistencia	0,50
Irregularidad de Masa o Peso	0,90
Irregularidad Geométrica Vertical	0,90
Discontinuidad en los Sistemas Resistentes	0,80
Discontinuidad extrema en los Sistemas Resistentes	0,60

Fuente: Norma de Diseño Sismo Resistente – Perú [16].

Tabla 10: Irregularidades estructurales en planta.

TIPO	I _p
Irregularidad Torsional	0,75
Irregularidad Torsional Extrema	0,6
Esquinas Entrantes	0,9
Discontinuidad del Diafragma	0,85
Sistemas no Paralelos	0,90

Fuente: Norma de Diseño Sismo Resistente – Perú [16].

Coefficiente de reducción de las fuerzas sísmicas “R”

Luego de verificar las table 9 y 10, el coeficiente de reducción se determinó con la ecuación 3.41 [16].

$$R = R_0 * I_a * I_p \quad \text{Ecuación 3.7}$$

Estimación del peso

Para estructuras que pertenecen a las categorías A y B. se tomará el 50% de cargas vivas, categoría C. se tomará el 25% de la carga viva [16].

Fuerza cortante en la base

La cortante total en la base de la estructura, se obtiene de la ecuación 3.42, para cada dirección de análisis.

$$V = \frac{Z * U * C * S}{R} * P \quad \text{Ecuación 3.8}$$

Debe cumplir que el valor C/R, no será menor que 0.11 [16].

Modos de vibración

La suma de masas deberá ser por los menos el 90% de la masa total, en cada dirección de análisis [16].

Fuerzas Sísmicas Verticales

Como la estructura está constituida por vigas de grandes luces, la fuerza sísmica se considerará como una fracción del peso a $2/3$ del $Z*U*S$ [16].

Fuerza cortante mínima

Para estructuras regulares, para las dos direcciones de análisis la fuerza cortante del primer entrepiso no será menor que 80% del valor del artículo 25 de la norma [16] y 90% para estructuras irregulares.

Determinación de Desplazamientos

Los desplazamientos laterales se calculan multiplicando por 0,75 R para estructuras regulares y 0.85 para irregulares [16].

Desplazamientos laterales relativos admisibles

El máximo desplazamiento relativo de entrepiso, por tratarse de una estructura de concreto armado, será no menor que 0.007 [16].

3.6.5. Estructuras proyectadas.

3.6.5.1. Falso túnel.

El diseño de la estructura es gobernado por la norma técnica de edificaciones E.060, ya que la estructura funciona similar al comportamiento de una edificación de un nivel [9].

La estructura del falso túnel generalmente es diseñada por un método de esfuerzos admisibles, por lo cual se usa un análisis elástico en los cuales la carga dinámica producida por las caídas de rocas será remplazada por una carga estática. Dicha carga que se diseñará va a depender de las características del material que actuara como amortiguador [3].

3.6.5.2. Muro de concreto.

Las dimensiones de la estructura del muro de concreto que permite acomodar los anchos y gálibos requeridos de la sección transversal (descritas líneas arriba), tiene una altura de 9.80 m

con una sección transversal rectangular con un ancho en la corona de 0.90 y en la base 0.90m con un concreto de resistencia de $F'c=280 \text{ Kg/cm}^2$ [8].

Diseño del muro de concreto armado:

Empuje activo:

$$K_a = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \quad \text{Ecuación 3.9}$$

Presión de la sobrecarga en el muro:

$$P_1 = k_a * s/c \quad \text{Ecuación 3.10}$$

Empuje 1 por sobrecarga en el muro:

$$E_1 = k_a * s/c * h \quad \text{Ecuación 3.11}$$

Presión del empuje de relleno:

$$P_2 = k_a * \gamma * h \quad \text{Ecuación 3.12}$$

Empuje 2 por sobrecarga del muro:

$$E_2 = \frac{1}{2} * k_a * \gamma * h^2 \quad \text{Ecuación 3.13}$$

Diseño a flexión del muro:

$$a = \frac{A_s * f_y}{0.85 * f'_c * b} \quad \text{Ecuación 3.14}$$

$$A_s = \frac{M_u}{\phi * f_y * (d - a/2)} \quad \text{Ecuación 3.15}$$

Momento Ultimo Resistente:

$$M_{ur} = \phi A_s * f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad \text{Ecuación 3.16}$$

Refuerzo mínimo con Momento Crítico:

$$M_{cr} = 1.10 f_r S \quad \text{Ecuación 3.17}$$

Módulo de rotura del concreto:

$$fr = 2.01 \sqrt{f'c} \quad \text{Ecuación 3.18}$$

Módulo seccional para la fibra extrema de la sección compuesta en el cual las cargas externas aplicadas provocan esfuerzo de tracción:

$$s = \frac{bh^2}{6} \quad \text{Ecuación 3.19}$$

Refuerzo mínimo con Momento ultimo:

$$1.33 M_U \quad \text{Ecuación 3.20}$$

Refuerzo por temperatura:

$$A_{s,t} = \frac{0.18b * h}{2(b + h)} \quad \text{Ecuación 3.21}$$

El refuerzo por temperatura tiene que cumplir con la Ecuación 14:

$$2.33 \text{ cm}^2/\text{m} \leq A_{s,temp} \leq 12.75 \text{ cm}^2/\text{m} \quad \text{Ecuación 3.22}$$

3.6.5.3. Losa unidireccional de concreto.

El espesor de la losa para resistir las cargas actuantes es de 0.40m, siendo una losa armada en una dirección con luces rectangulares de 2.10 mx12.10m con un concreto de resistencia de $F'c=280 \text{ Kg/cm}^2$.

El diseño de la losa maciza unidireccional, se consideraron los esfuerzos últimos en el diseño por flexión se utilizó las Ecuaciones 3.6 y 7, luego se verifica el refuerzo mínimo con las ecuaciones 9 y 12 [17].

Continuando con las verificaciones por distribución Ecuación 13 y temperatura Ecuación 14.

Refuerzo por distribución:

$$\frac{220}{\sqrt{s}} \leq 67\% \quad \text{Ecuación 3.23}$$

Luego se realizó el control por Agrietamiento en estado límite de servicio:

$$f_s = \frac{M_s}{A_s * j d} \leq 0.60 f_y \quad \text{Ecuación 3.24}$$

Verificación por espaciamiento máximo del refuerzo:

$$S_{max} = \frac{125000 \gamma_e}{\beta_s * f_{se}} - 2 * dc \quad \text{Ecuación 3.25}$$

$$\beta_s = 1 + \frac{dc}{0.7 * (h - dc)} \quad \text{Ecuación 3.26}$$

3.6.5.4. Columnas de concreto.

Para las dimensiones de las secciones transversales de las columnas, las cargas horizontales producidas por los sismos son muy reducidas y su predimensionamiento prevalece la carga axial que ira actuar sobre la estructura propuesta. Cabe resaltar que se diseña para cada una de las resistencias según el reglamento E 060. Se tomo en cuenta recomendaciones de otros países como las que recomienda Rosales [3].

Para dimensionar se utilizó la expresión, para cargas de gravedad [18]:

$$\text{Área de la columna} = \frac{P}{0.45 f_c} \quad \text{Ecuación 3.27}$$

Dónde:

P=Carga de servicio.

Con respecto a las dimensiones se optará por columnas rectangulares, las columnas su sección mínima es 25cm [9]. Después de analizar la estructura se optó de 0.90m x 0.70m con altura de 7.60 m con un concreto de resistencia de $F'_c=280 \text{ Kg/cm}^2$.

Para el diseño se verifica si estas se diseñaran por flexión o flexo compresión a través de la siguiente fórmula:

$$P_U < 0.1 * F'_c * A_g \quad \text{Ecuación 3.28}$$

Se tomó en cuenta el método de la excentricidad Equivalente [19].

Cálculo de la excentricidad equivalente:

$$\left(\frac{e}{h}\right) = \sqrt{\left(\frac{e}{h}\right)_x^2 + \left(\frac{e}{h}\right)_y^2} \quad \text{Ecuación 3.29}$$

Excentricidad adimensional en x:

$$\left(\frac{e}{h}\right)_x = \frac{M_{uy}}{P_u \cdot b} \quad \text{Ecuación 3.30}$$

Excentricidad adimensional en Y:

$$\left(\frac{e}{h}\right)_y = \frac{M_{ux}}{P_u \cdot h} \quad \text{Ecuación 3.31}$$

Factor de recubrimiento γ :

$$\gamma = \frac{h - 2r}{h} \quad \text{Ecuación 3.32}$$

Fuerza axial de compresión adimensional:

$$K_n = \frac{P_n}{f'_c \cdot b \cdot h} \quad \text{Ecuación 3.33}$$

$$R_n = \frac{P_n \cdot e}{f'_c \cdot A_g \cdot h} \quad \text{Ecuación 3.34}$$

Área de acero de refuerzo:

$$A_s = \rho \cdot b \cdot h \quad \text{Ecuación 3.35}$$

Se revisa el Factor Bresler:

$$F.B = \frac{k_u}{k_x} + \frac{k_u}{k_y} - \frac{k_u}{k_0} \quad \text{Ecuación 3.36}$$

Se verifico que las combinaciones producidas por el análisis se encuentren en el interior del diagrama de interacción del software SAP2000 con la distribución dada.

3.6.5.5. Vigas de concreto.

Para el predimensionamiento de las vigas se consideró recomendaciones de proyectos realizados en otros países y considerando la recomendación de edificaciones y cumpliendo con el parámetro de deflexión.

$$h > luz/12 \text{ y } h < l/10 \text{ (cargas verticales)} \quad \text{Ecuación 3.37}$$

En el proyecto en estudio se tiene una luz de 12.1 metros, por lo cual se optará un peralte de 1.50 m. Con respecto al ancho de la viga, la norma E.060. en su artículo 21.5.1.3 indica que no debe ser menor de 0.25 veces el peralte ni de 25 cm [9]. Por lo cual se optará por un ancho de 60 cm. Por lo consiguiente se optará vigas de concreto con sección rectangular de 0.70 m x 1.5 m en la dirección X-X (transversal) y en la dirección Y-Y (longitudinal) se optó por tomar la misma sección 0.70 m x 1.2 m con un concreto de resistencia de $F'c=280 \text{ Kg/cm}^2$.

El diseño de las vigas debe resistir esfuerzos de flexión y cortante, se consideró las cargas muertas, vivas, impacto y cargas de sismo, para el diseño del refuerzo por flexión se utilizaron las ecuaciones 3.6 y 3.7.

El factor considerado de resistencia para diseño a flexión será 0.9 [9].

Diseño por cortante:

$$V_c = 0.53\sqrt{f'c} * b * d \quad \text{Ecuación 3.38}$$

$$V_s = V_n - V_c \quad \text{Ecuación 3.39}$$

$$s = \frac{A_v * f_y * d}{V_s} \quad \text{Ecuación 3.40}$$

3.6.5.6. Cimentación.

Consiste en platea de cimentación directa, de 15.00 m de ancho con un peralte de 1.00m en los extremos y 0.70m en la zona central con un concreto de resistencia de $F'c=280 \text{ Kg/cm}^2$, para una capacidad portante de 12.4 Kg/cm^2 [20].

Para el diseño cimentación se modeló en el software SAP 2000, con un balasto de 30000 tn/m^3 , realizando las siguientes verificaciones:

Verificaciones de corte por flexión:

$$V_u < \phi V_c \quad \text{Ecuación 3.41}$$

Verificación refuerzo mínimo con las ecuaciones 3.17 y 3.20.

Verificación por punzonamiento:

$$V_c \leq 0.27 \cdot \left(2 + \frac{4}{\beta}\right) \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d \quad \text{Ecuación 3.42}$$

$$V_c \leq 0.27 \cdot \left(\frac{\alpha_s \cdot d}{b_o} + 2\right) \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d \quad \text{Ecuación 3.43}$$

$$V_c \leq 1.06 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d \quad \text{Ecuación 3.44}$$

Verificación de aplastamiento:

$$P_u \leq \phi \left(0.85 \cdot f'_c \cdot A_1 \cdot \sqrt{A_2/A_1}\right) \quad \text{Ecuación 3.45}$$

3.6.5.7. Capa de amortiguamiento.

La capa de amortiguamiento tendrá una sección transversal al falso Túnel de la forma de trapecio con una inclinación de 20%. La pendiente con el propósito que el deslizamiento futuro y caída de rocas sigan su trayectoria; una altura mínima de 2.00 m y la altura máxima al otro lado de la sección, aledaño al talud, transversal de 6.89m.

La capa de amortiguamiento está conformada por dos elementos, en el contorno estará constituido por gaviones y en el interior por capas material granular protegidas por un geotextil no tejido tipo 2.

Para un buen comportamiento y garantizar un espesor mínimo de protección de la capa se utilizarán gaviones en el contorno de la losa de techo, con el objetivo de contención al relleno que conformara la capa de amortiguamiento [21].

Los gaviones que serán usados, cajones de malla de alambre galvanizado que se rellenan de cantos de roca de un diámetro de 10cm como máximo.

Generalmente se usa cajas de 2m. x 1m. x 1m, conformando una forma trapezoidal.

Estas canastas de gaviones se colocarán una sobre otras tratando de traslapar de la mejor manera para darle una rigidez que requiere la capa de amortiguamiento.

El ancho máximo de la escuadría de la malla tiene que ser menor a la mitad del ancho máximo del canto rodado.

Por el tipo de uso, se empleará filtro no tejido, para evitar la migración de las partículas del suelo a través de piedras y garantizar que el agua percole por los elementos estructurales eliminado el empuje hidrostático, en la estructuras de defensas ribereñas se usan este tipo de geotextiles no tejidos de clase 2, la estructura de capa de amortiguamiento, se asemeja al comportamientos de defensas ribereñas, ya que estarán en convivencia con el agua (precipitaciones pluviales) y fricción con rocas.

Se proyectarán cajas de mallas hexagonal con de material relleno cuyo diámetro máximo será de 0.10 m, serán Geotextil No Tejido Tipo 2, el cual tiene en su propiedades resistencia a la gravedad (ASTM D4632), resistencia al punzonamiento (ASTM D4833), Resistencia al razgado trapezoidal (ASTM D4533), Resistencia “Burts” dicha función de este Geotextil No Tejido es dar la forma al conjunto de grabas, ya que por sí sola la graba tiende a deformarse (se escapa de la malla). cumplir con el fin de amortiguar el impacto, disminuyendo el efecto del impacto de la roca en la loza maciza, distribuyendo las fuerzas en un diámetro equivalente en la losa.

3.6.5.8. Relleno para estructuras (muro de contención).

Para el uso de este relleno se realizará con grava seleccionada comprendida entre tamaños de 3” a 3/4”, que favorece a la no retención del agua para el transcurso libre del agua, y anulando las cargas debido al agua producto de precipitaciones continuas de la zona.

3.6.5.9. Cunetas

Cunetas de concreto de sección U con tapa, sus dimensiones son 0.75m de ancho y un alto de 0.67m con espesor de 0.18m ya definidas en el expediente [14].

3.7. Plan de procesamiento para análisis de datos

FASE I

- Coordinación con las autoridades competentes.
- Visita a la zona del proyecto y recolección de información.
- Recolección de información bibliográfica y antecedentes del proyecto.
- Revisión de la normativa vigente.
- Revisiones parciales por parte del asesor.

FASE II

- Estudio de tráfico.

- Elaboración de Estudio Hidrológico.
- Levantamiento topográfico.
- Elaboración de planos topográficos.
- Análisis de trazo y diseño vial de los accesos.
- Evaluación de alternativas de ubicación del Falso Túnel y elección de la mejor propuesta.
- Toma de muestras para ensayos de mecánica de suelos.
- Realización de ensayos de mecánica de suelos.
- Estudio hidrológico de la cuenca.
- Análisis y diseño estructural del falso túnel.
- Elaboración de planos generales.
- Proceso y toma de datos para la evaluación de impacto ambiental.
- Revisiones parciales por parte del asesor.

FASE III

- Elaboración de la memoria descriptiva.
- Elaboración de memoria de cálculo.
- Elaboración de planos definitivos.
- Elaboración de metrados, costos y presupuesto.
- Revisiones parciales por parte del asesor.
- Proceso y toma de datos para la evaluación de impacto ambiental.

FASE IV

- Elaboración de cronograma de obra.
- Elaboración de informe final de la evaluación de impacto ambiental.
- Conclusiones y recomendaciones.
- Elaboración final del proyecto.
- Revisiones parciales por parte del asesor.
- Presentación y sustentación de tesis.

IV. RESULTADOS

4.1. Estudios de mecánica de suelos y rocas

Los resultados del estudio de mecánica de suelos se muestran en los siguientes cuadros:

De acuerdo con el estudio geofísico, se determinó la siguiente conformación de los estratos; 0.30 m Grava arcillosa de mala graduación con arena, 2:70m grava limo arcillosa con arena;14.00 m Roca blanda, 30:00 m Roca pura [22].

No se encontró aguas subterráneas debido a la información del estudio geofísico que se realizó, donde se evaluado a una profundidad de 30 metros [22].

Tabla 11.Resultados del estudio de mecánica de suelo y rocas.

Tipo de cimentación	Losa de cimentación	
Suelo de cimentación	Roca cuarcita	
Capacidad portante Admisible	12.4 Kg/cm ²	
Coefficiente de Balasto	Kv	3.00 Kg/cm ³
Asentamiento portante Admisible	S _{max} <1”	
Posición del nivel de aguas freáticas	No se ha detectado napa freática en las profundidades investigadas, dentro de las calicatas realizadas.	
Análisis químicos	El resultado de análisis químicos de sulfatos realizados al suelo húmedo dio como resultado 18.33ppm, lo cual se encuentra en el rango 0.0<=SO ₄ <=0.1 (insignificante). Asimismo, el resultado de Cloruros realizados al suelo húmedo dio como resultado 24.28ppm.	
Ataque químico a la cimentación	Se recomienda el uso de cemento tipo MS para estructuras de cimentación, con un f'c=280Kg/cm ²	
CBR para la losa	CBR=7%	
Parámetros para el diseño sismo resistentes	Factor de zona	Z=0.25g

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente tabla se observan los parámetros del diseño de ingeniería.

Tabla 12.Parámetros para el diseño en ingeniería.

Litología	Cuarcita	Datos
Criterio de resistencia de Mohr Coulomb	C'_m	1.5 Kg/cm ²
	Φ'_m	49.90°

Criterio de falla generalizado de Hoek-Brown	m_b	0.308
Parámetros de deformación	E_m	1859 Mpa
Capacidad de soporte última	q_{ult}	28.4 Kg/cm ²
Capacidad admisible del macizo rocoso	q_{adm}	12.40 Kg/cm ²
Adherencia con el concreto (Littlejohn y Bruce 1975)	τ	14.5 Kg/cm ²

Fuente: Laboratorio de geotecnia Sotelo & Asociados [22].

En la siguiente tabla se muestra la carga puntual en roca

Tabla 13. Carga puntual en roca y densidad (ASTM-D 5731).

Resistencia a la Compresión (Mpa)			
Tipo de roca		Cuarcita	Profundidad superficial
$\sigma_c(máx)$	74.5 Mpa		
$\sigma_c(min)$	43.2 Mpa		
$\sigma_c(prom)$	58.0 Mpa	R4	Roca dura
Densidad de la roca NTP 339.139 / ASTM D 2937			
Densidad roca seca corregida (KN/m ³)		24.4 Kn/m ³	
Densidad roca seca corregida (g/cm ³)		2.49 g/cm ³	
Desviación Estándar		0.05	

Fuente: Laboratorio de geotecnia Sotelo & Asociados [22].

Tabla 14. Valoración del macizo rocoso clasificación geomecánica de BIENIAWSKI-RMR.

VALOR RMR	
RMR Básico	39
RMR Ajustado	14
RMR89 (Condiciones secas y muy favorables)	44
Cohesión (c)	195 Kpa
Angulo de fricción interna (°)	28°

Fuente: Laboratorio de geotecnia Sotelo & Asociados [22].

Profundidad (m)	Clasificación	(Suelo Roca)(S/R)	Vs (ms)	Vp (ms)	N (SPT)	γ (Tn/m ³)	Mohr Coulomb	
							Φ (°)	C_u (Kg/cm ²)
1.1	-	S	248	-	12	1.9	37.70	0.36
2.3	-	S	221	-	10	1.9	37.11	0.31
3.7	-	S	22	-	10	2.0	37.13	0.31
5.3	-	S	313	-	18	2.0	39.10	0.46

7.0	-	S	394	-	26	2.0	40.87	0.60
8.9	-	S	372	-	24	2.0	40.38	0.56
11.0	-	S	420	-	29	2.0	41.42	0.64
13.2	-	S	518	-	42	2.0	43.55	0.80
15.6	-	S	675	-	65	2.0	46.94	1.06
18.1	-	S	834	-	93	2.0	50.39	1.32
20.9	-	S	916	-	110	2.0	52.17	1.46
23.70	-	S	894	-	105	2.0	51.68	1.42
26.8	-	S	851	-	97	2.0	50.75	1.35
30	-	S	840	-	95	2.0	50.52	1.33

Fuente: Laboratorio de geotecnia Sotelo & Asociados [22].

4.2. Diseño de pavimentos

Para el desarrollo del diseño de pavimentos se ha tomado como base, la información disponible del componente de Ingeniería, Estudios Básicos, Estudio de rocas, Estudios de suelos y Diseño de Pavimento, del Estudio Definitivo “Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera PE-3N, Longitudinal de la Sierra Norte, Tramo: Cochabamba – Cutervo -Santo Domingo de la Capilla – Chiple” [14]. Adicionalmente se cuenta con los resultados de los estudios geotécnicos realizadas en la adecuación del Km 46+300 – Km 46+350.

Tabla 15. Longitud de tramo a pavimentar.

Sector evaluado (Km)		Longitud (m)
Inicio	Fin	
Km 46+300	Km 46+350	54.80

Fuente: Propia.

Se empleará al material con un CBR DE 30% mínimo al 95% de la máxima densidad seca (IMDS) y un índice de plasticidad menor a 10%, procedente de cantera, la calidad de este deberá cumplir con los especificados en las especificaciones técnicas generales [23].

Tabla 16. La estructura de pavimento adoptada para e tramo Km 46+300 – Km 46+350.

Falso Túnel Km 46+300 – Km 46+350			
Periodo de diseño de 10 años (AASHT 93)			
CA (cm)	Base Granular	Subbase granular	Refuerzo a los 10 años (cm)
7.5	15.0	15.0	5.00

Fuente: Consorcio Carretera Longitudinal Cajamarca [14].

En la preparación del concreto asfáltico en caliente se usará el cemento asfáltico asfáltico PEN 85/100 para altitudes entre 2000 m.s.n.m y 3000 m.s.n.m, el tramo del proyecto se encuentra a 2715 m.s.n.m [14].

Se ha realizado el diseño de mezcla asfáltica tentativas (ensayo Marshal) con las muestras de la Cantera Rio Callayuc Km 89+200, cuyos resultados con los siguientes:

Tabla 17. Resultados del ensayo Marshal.

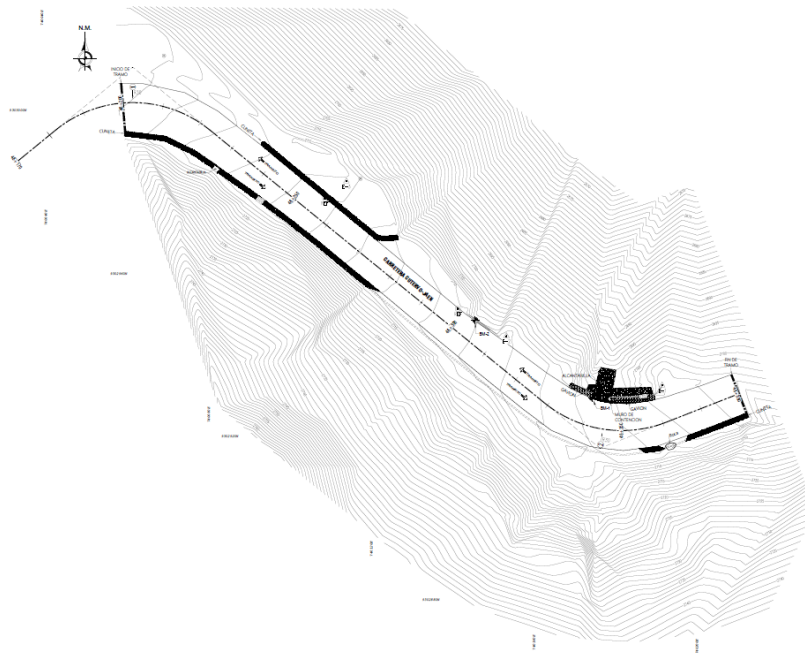
	PEN 85/100
Optimo C.A (5)	5.95
Estabilidad (Kg)	1285
Flujo (mm)	3.50
Vacíos (%)	4.00
VM (%)	15.90
Piedra Chancada (%)	45.0
Arena Natural (%)	28.0
Arena Chancada (%)	25.0
Filler (Cal hidratada) (%)	2.0

Fuente: Consorcio Carretera Longitudinal Cajamarca [14].

4.3. Topografía y trazo

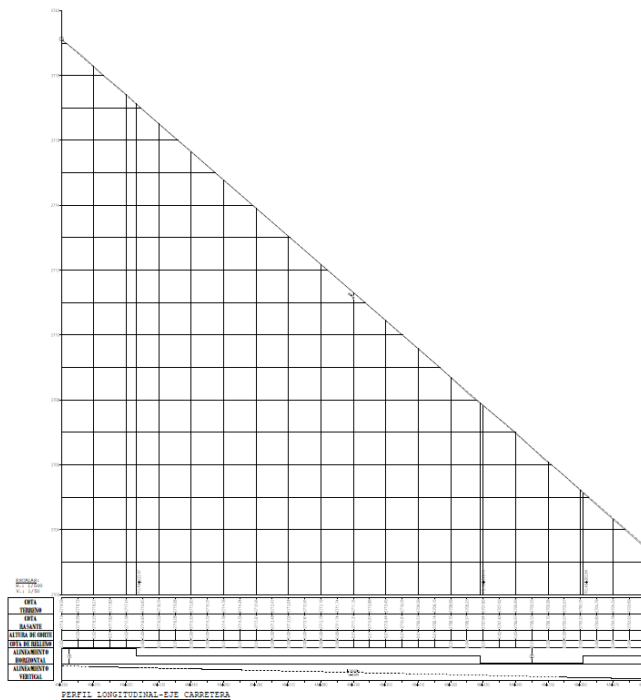
Se realizo el levantamiento topográfico del tramo del proyecto, alcanzando 100 metros de margen izquierda y derecha obtenido desniveles que varían desde los 2670 m.s.n.m. a 2760 m.s.n.m con una pendiente del tramo de la vía de 8.68%.

Figura 10. Vista en planta del tramo del proyecto.



Fuente: Propia.

Figura 11. Vista del perfil longitudinal del tramo del proyecto, pendiente 8.68%.



Fuente: Propia.

4.4. Diseño geométrico- proyecto original

Las principales características Técnicas del proyecto se observan en la siguiente tabla:

Tabla 18. Característica técnica del proyecto.

Parámetros	Datos Técnicos	
Longitud real del tramo	91 + 960 Km	
Velocidad de diseño	30 Km/h	
Ancho de calzada	6.60 m	
Ancho de bermas	1.20 m a cada lado	
Tipo de pavimento	Sector (Km) 00+000 al 29+100 29+100 al 31 +140 31+140 al 91+960	Carpeta asfáltica (e) 0.075 m
Radio mínimo	25.00 m	
Radio mínimo para curvas de vuelta	22.00 m	
Pendiente máxima (Zonas inferiores a 3000 msnm)	09%	
Pendiente máxima (Zonas superiores a 3000 msnm)	08%	
Pendiente mínima longitudinal	0.50%	
Bombeo de la calzada (2.5%)	De acuerdo con el Manual de Diseño de Carreteras del MTC. DG-2014.	
Peralte Máxima (8%)		
Sobre ancho máximo (2.8 m)		
Talud de relleno (1.5H: 1V)		
Cunetas triangulares revestidas (0.90 x 0.45)		

Fuente: Consorcio Carretera Longitudinal Cajamarca [14].

4.4.1. Vehículo de diseño

El vehículo de diseño ha sido establecido por el expediente técnico de la carretera Cochabamba-Cutervo-Chiple. De acuerdo con la composición vehicular los tramos homogéneos identificados en el estudio de tráfico, el vehículo pesado que representa el mayor porcentaje es el camión de 2 ejes (C2E) seguido del camión de 3 ejes. En el caso del subtramo Cutervo -Chiple, el porcentaje de camiones 2 ejes es de 22.93 % seguido de los camiones de 3 Ejes con un 13.75% [14].

Considerando los resultados indicados, y que, una vez puesta en servicio de la vía, se presenten modificaciones en la composición vehicular, resulta necesario considerar como vehicular, resulta necesario considerar como vehículo de diseño, para el presente proyecto, a un semirremolque simple (T2S1) [14].

4.5. Diseño geométrico del falso Túnel – Propuesta de modificación.

Para la geometría de la estructura del Falso Túnel, se establece de acuerdo con las especificaciones del Manual de Carreteras y el manual de Túneles, muros y obras complementarias. El objetivo es definir una sección transversal estándar que cumpla con las normas y que además pueda ser adoptada por la vía Cutervo-Chiple de acuerdo con la topografía montañosa del tramo evaluado.

Revisando la normativa peruana para el diseño de carreteras, se puede observar que las vías por su importancia para la comunicación y desarrollo económico, Se trata de una carretera de segunda clase, los parámetros de diseño se encuentran basados en Normas Peruanas para el diseño de carreteras, versión DG-2018.

Características geométricas de diseño:

Las características geométricas de la propuesta de modificación son las mismas que el proyecto original.

Ante los desprendimientos, se plantea como solución técnica la adecuación del eje de la vía en el Km 46+300 – Km 46+350; determinándose las siguientes modificaciones del trazo de la vía:

a) Variación en Planta:

- No se modificará el eje de la vía ya existente.

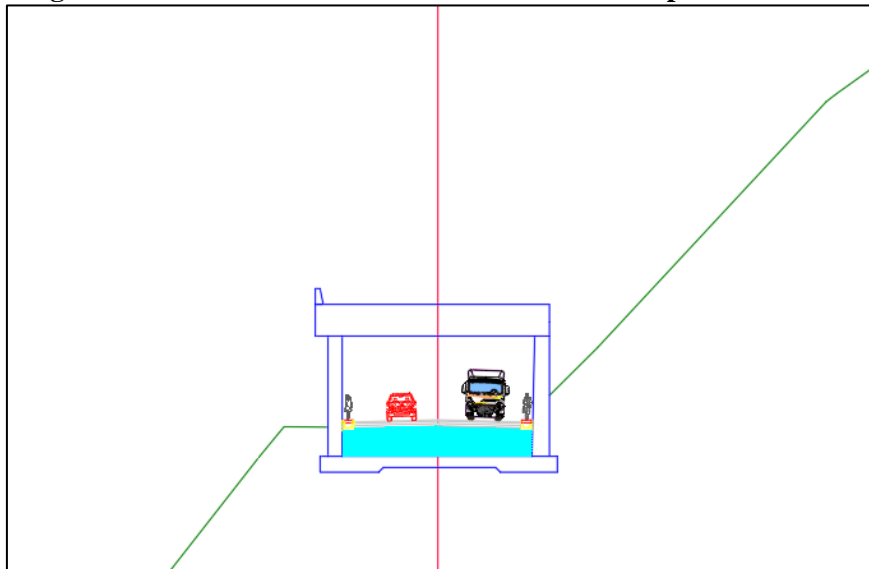
b) Variación en perfil:

- La pendiente entre el Km 46+300 al Km 46+350 es de 8.68% no se modificará con respecto a la vía ya existente.

Con esta adecuación no se tratará de modificar el eje de la vía ni la pendiente, el presente estudio contempla la construcción de un Falso Túnel es una estructura constituida de concreto, cuya sección transversal tiene un ancho suficiente para acomodar dos carriles de 3.30m de ancho, bermas de 1.20m, y veredas de ancho variable, además de un sobre ancho de 0.80m ya que el trazo de la carretera presenta una sección en planta. La sección está confirmada por dos bloques, cada bloque de una longitud de 25.9 metros, espaciado con una junta de 10 centímetros entre bloques. tiene una altura necesaria para garantizar un

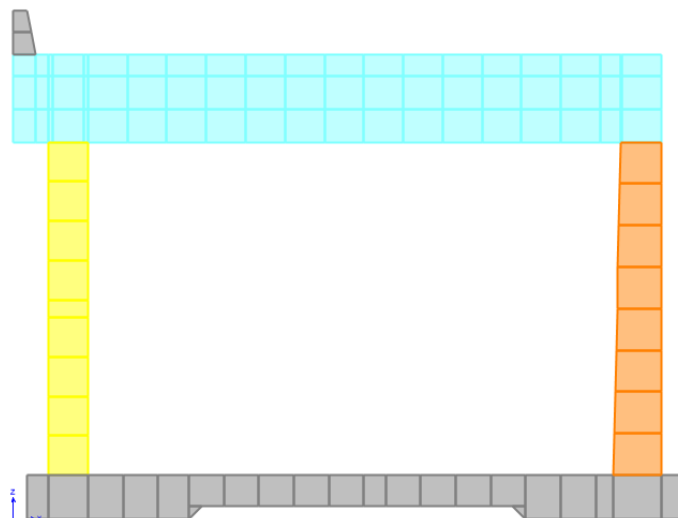
gálibo mínimo de 5.30m en la zona correspondiente a los carriles y un galibo mínimo de 5.00m en las bermas, como se especifica en [6] , la figura 12:

Figura 12. Sesión transversal del Falso Túnel con el perfil del talud.



Fuente: propia.

Figura 13. Sesión transversal del Falso Túnel.

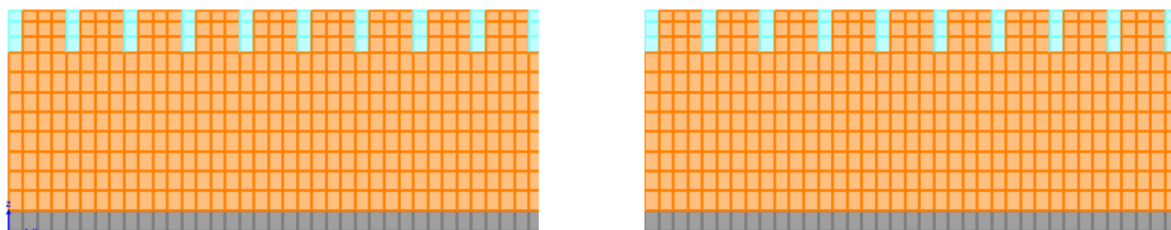


Fuente: propia.

La estructura de concreto tiene una longitud de 51.80m, compuesta por dos bloques, cada bloque de una longitud de 25.9 m, con una separación ente bloques de 10cm, se proyectan muros y columnas de concreto en las caras verticales a la entrada y salida del Falso Túnel.

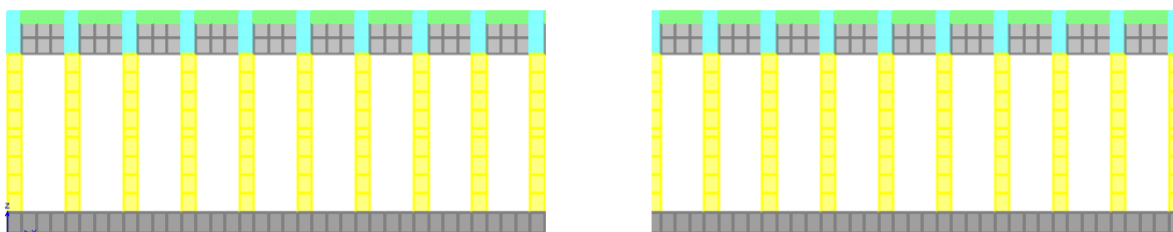
Los muros de concreto se extienden hasta 8.20m de altura y a lo largo de los bloques, la cara del muro en contacto con el talud se plantea un relleno estructural,

Figura 14. Elevación longitudinal vista muro.



Fuente: Propia.

Figura 15. Elevación longitudinal vista Columnas.



Fuente: Propia.

4.6. Señalización y seguridad

4.6.1. Generalidades

La aplicación del dispositivo debe de estar de acuerdo con los requerimientos que el tránsito vehicular lo solicita, es decir, que debe estar diseñado con la uniformidad establecida, a fin de que el conductor lo reconozca fácilmente y tomar sus preocupaciones con suficiente tiempo para evitar riesgos indebidos. Otro aspecto importante por considerar es el mantenimiento de las señales de tránsito o dispositivos reglamentarios, que deben presentar un servicio preferencial en la limpieza de señal, de manera que sea legible en todo tiempo por conductor y así garantizar su eficiente operación. El remplazo oportuno de las señales que por circunstancias del tráfico sufren deterioros, roturas y otros desperfectos debe efectuarse de inmediato, para el cumplimiento de sus misión de ordenamientos control de la circulación vial.

En conclusión, se puede establecer que la correcta señalización de una carretera garantiza el tránsito vehicular en forma normal, sin riesgos ni accidentes, salvo que

persista la imprudencia de algún conductor, que haga caso omiso del dispositivo colocado en la vía.

4.6.2. Información específica.

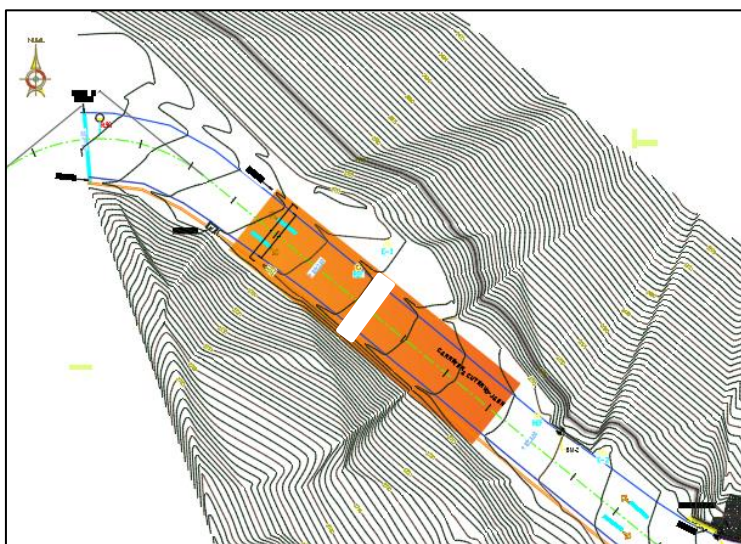
De acuerdo con el estudio de señalización y seguridad vial de ingeniería indica que se producen desprendimientos continuos en el sector comprendido en el falso túnel Km 46+300 – Km 46+350.

4.6.3. Registro y análisis de las características físicas actuales de la vía.

Las características de la vía proyectada con la adecuación del eje de la vía Km 46+300 – Km 46+350, no altera las características geométricas iniciales del estadio de trazo y topografía dados en el expediente de ingeniería, pueda afecte el riesgo y posibles accidentes, interviniendo en la visibilidad en el tramo por la estructura del falso túnel.

Alineamiento horizontal de la vía, la propuesta de falso túnel no altera las características geométricas de la vía, por lo consiguiente no afectaría en radios de curvaturas existentes.

Figura 16. Vista en planta, el mismo eje de la carretera.



Fuente: Propia.

En la carretera existente, se observa que existe buena visibilidad en el Km 46+300 de inicio y en el final del tramo de la estructura propuesta.

Figura 17. Vista longitudinal del tramo Km 46+300 – Km 46+350.



Fuente: Propia.

La vía existente es sinuosa con presencia de curvas y contra curvas kilómetros antes y después, con tramos cortos, aumentan la inseguridad de la vía, toda vez que entre curvas en sentido opuesto debe existir siempre un tramo en tangente lo suficientemente largo para asegurar la estabilidad de los vehículos.

4.6.4. Señalización existente

En la visita de reconocimiento en el sector indicado, se pueden visualizar señales verticales preventivas, reglamentarias e informativas, estas señales se encuentran en la vía existente y que pasa por el trazo del EDI (expediente definitivo de ingeniería) de la carretera existente [14].

Figura 18. Señalización informativa de desprendimiento de rocas existente.



Fuente: Propia.

4.6.5. Señalización propuesta en el EDI (expediente definitivo de ingeniería)

Debido a la propuesta de falso túnel Km 46+300 – Km 46+350 se tiene que las señales propuestas en el EDI se encuentran fuera del eje, estas serán eliminadas y en algún caso se mantendrán y/o reubicarán.

4.6.6. Señalización proyectada

El diseño de la señalización y seguridad vial se realizará dentro de los límites establecidos por la adecuación del eje, es decir comprenderá desde Km 46+300 – Km 46+350, Algunas señales propuestas en el EDI se mantendrán/o reubicarán.

a. Señales preventivas

En el tramo no se contempló ninguna señal preventiva.

b. Señales reglamentarias

En este tramo se ha previsto colocar señales que regulen el tránsito en este sector como son: altura máxima (R-35) al inicio Km 46+285 y fin del proyecto Km 46+380. Las señales de reglamentación utilizadas son dadas en el Manual de dispositivos de control de tránsito, rectangulares de 0.60m x 0.60m [24].

c. Señales informativas

La vía no cuenta con ninguna señal informativa ya que en el Expediente definitivo de ingeniería EDI [14] no se encontraba ningún tipo señal informativa, en el proyecto se implementará una señal informativa “Falso Tunnel”.

d. Marcas en el pavimento

Las marcas en el pavimento utilizadas en el proyecto son las siguientes:

Línea central: Para indicar el centro de la calzada, se utilizará una línea discontinua de segmentos de 4.5m de largo por 0.10m de ancho espaciados 7.50m. En los tramos donde se prohíbe el sobrepaso se utilizará doble línea continua de 0.10m de ancho cada una, la pintura utilizada será de color amarillo [24].

Línea de borde: Para indicar el borde del pavimento. Se utilizará una línea continua en ambos lados de la carretera de 0.10m de ancho de color blanco [24].

e. Delineadores reflectivos o tachas

En este sector se usarán tachas bidireccionales de color amarillo en el centro de la calzada espaciadas a distancias variables de acuerdo con las características geométricas de la carretera. Asimismo, se usan tachas bidireccionales blancas y rojas para los bordes de la carretera, igualmente espaciadas [24].

f. Postes delineadores

En este sector no se han considerado la colocación de postes delineadores En el borde de la carretera, puesto que no amerita por el radio de la curvatura y además se trata de un corte cerrado.

g. Barreras de seguridad

En este sector no se han considerado la colocación de barreras de seguridad en el borde de la carretera, puesto que no amerita.

h. Resaltos

En vista que no hay poblaciones cercanas no se considerarán resaltos.

4.7. Estudio de hidrología e hidráulica

La modificación Km 46+300 – Km 46+350, del proyecto Rehabilitación y Mejoramiento de la carretera PE3N longitudinal de la Sierra Norte Tramo: Cochabamba – Cutervo – Santo Domingo de La Capilla – Chiple [14], presenta como consecuencia trabajos de corte, para el cual no se modificarán las condiciones hidráulicas de flujo superficial y subterráneo para proyectar estructuras de drenaje necesarias a fin de garantizar la estabilidad de la vía. Por lo que conlleva a la adecuación del nuevo sistema de drenaje considerando inicialmente en el proyecto original [14].

4.7.1. Sistema de drenaje

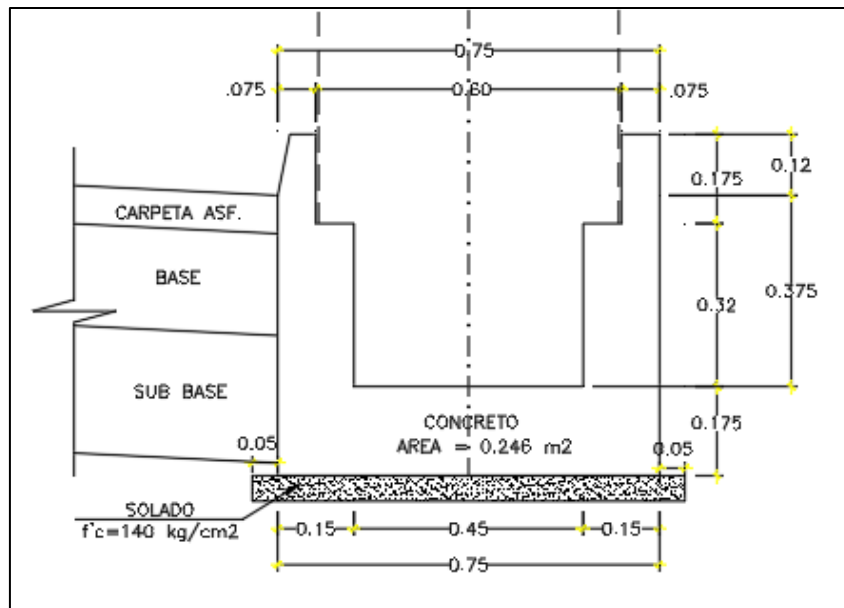
Como consecuencia de esta modificación, el sistema de drenaje del proyecto original ha sido readecuado, el cual está conformando por cunetas triangular, cuneta rectangular con tapa. Subdren. A continuación, se pasa a describir el drenaje y drenaje subterráneo.

4.7.1.1. Drenaje superficial

El drenaje superficial está conformado por cuneta triangular cuya hidráulica corresponde al proyecto original (1.20x0.30), por otro lado, se considera la proyección de una rectangular con tapa (0.45x0.32m). La cuneta longitudinal del lado derecho inicia en el Km 46+300 hasta la progresiva Km 46+350. donde cambian, por medio de una transición de 2.65m, a cuneta rectangular con tapa de 0.45mx0.32m para cruzar la estructura, luego en el Km 46+350 nuevamente cambia a cuneta triangular hasta entregar en la alcantarilla Km 46+405.

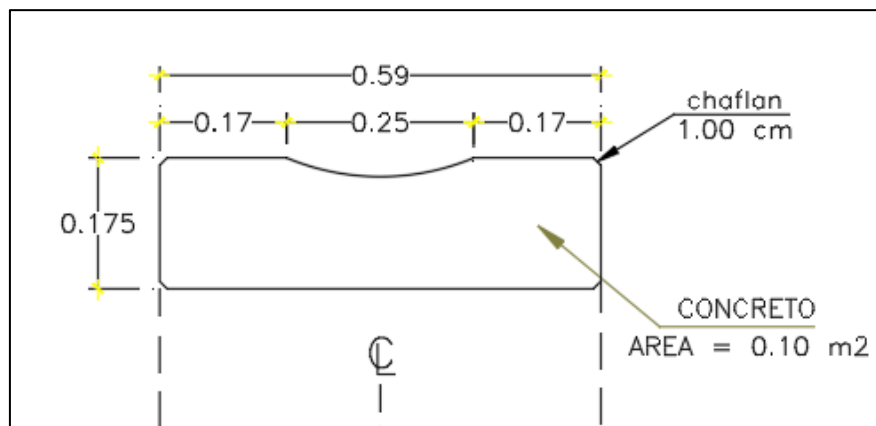
Por otro lado, en margen izquierda, la cuneta triangular proyectada inicia en el Km 46+299 donde cambia a cuneta rectangular con una tapa de (0.45m*0.32m) para cruzar la estructura hasta el kilómetro Km 46+355.

Figura 19. Sesión típica de cuneta rectangular propuesto.



Fuente: Consorcio Longitudinal Cajamarca [14].

Figura 20. Sesión típica de cuneta rectangular - tapa.



Fuente: Consorcio Longitudinal Cajamarca [14].

4.7.1.2. Drenaje muro del Falso Túnel

Teniendo en cuenta lo anterior, las obras de subdrenaje estarán proyectados entre las progresivas Km 46+300 -Km 46+350 con drenaje transversal y descarga a la salida en la alcantarilla Km 46+405. El subdrenaje estará conformado por tubería PVC-SAP 2" y PVC-SAP 6", el tipo de material de relleno en el trasdós del muro será con material de cantera, no resulta necesario emplear material filtrante, dado que se tiene proyectado geodren en toda la superficie trasdós del muro, el cual permitirá captar todas las aguas y conducir hasta la tubería perforada PVC-SAP 6".

Para dar continuidad al drenaje, en el tramo de la estructura del Falso Túnel se proporcionará una tubería perforada PVC-SAP 6” será colocada en toda la longitud del muro para dar continuidad del drenaje conduciendo aguas del exterior de la estructura al interior llegando a la cuneta con tapa (0.45m x 0.32m) desembocando en la alcantarilla del Km 46+355.

4.8. Estudio Geológico – Geotécnico.

El presente informe técnico tiene por objeto realizar el Estudio Geotécnico, con fines de determinar las condiciones de cimentación de la estructura y los análisis de estabilidad del talud y del muro de suelo reforzado que forman parte de la solución de la interferencia Km 46+300 – Km 46+350, “Rehabilitación y mejoramiento de la Carretera PE3N Longitudinal de La Sierra Norte; Tramo: Cochabamba – Cutervo – Santo Domingo de la Capilla – Chiple” [22].

- En un contexto Geológico Regional la zona en estudio se encuentra dentro de la unidad estratigráfica del Grupo (Km-q). El grupo Quilquiñan está representado por 100 a 200 m de lutitas y margas con algunas intercalaciones calcáreas. El grupo consiste en lutitas friables gris oscuras y margas azuladas en capas delgadas que intemperizan a marrón oscuro o marrón rojizo. Las calizas que se intercalan con las lutitas y margas son generalmente delgadas y escasa [22].
- La geología superficial está conformada de roca fractura hasta una profundidad de 2 metros luego es una roca cuarcita de buena resistencia a mayor profundidad, la cimentación que se propone corresponde a una cimentación superficial, compuesta por una losa o plateada de cimentación [22].

4.9. Diseño de la estructura del Falso Túnel concreto armado

Se proyecta un falso túnel en el Km 46+300 mediante de una estructura de concreto armado, conformada por pórticos cuya sección transversal tiene un ancho suficiente para acomodar dos carriles de 3.30m de ancho, bermas de 1.20m, cunetas de 0.75m a cada lado y veredas de ancho variable, además de un sobreancho de 0.80m ya que el trazo de la carretera está establecido. La sección tiene la altura necesaria para garantizar un galibo mínimo de 5.30m en la zona correspondiente a los carriles y un galibo mínimo de 5.00m en las bermas [14].

Para iniciar el diseño de la estructura del Falso Túnel se tomarán en cuenta la Normativa Suiza y la Peruana, ya que Perú no hay normas para esta estructura. Por el tipo de estructura, se asemeja a una edificación por la composición de los elementos estructurales actuando como un pórtico de una edificación (Columna, Viga, Muro, y losa de cimentación). Por lo que el diseño se tomara esta normatividad.

4.9.1. Metrado de cargas

El metrado de las cargas consideradas en el diseño son las siguientes:

Tabla 19 Cargas consideras en el diseño del Falso Túnel

CARGA MUERTA (DC) DEAD	
Peso propio de la platea de cimentación, calculado por el programa SAP2000	
CARGA RELLENO TALON PARTE IZQUIERDA	4.14 Tn/m²
CARGA RELLENO TALON PARTE DERECHA	26.98 Tn/m²
CAPA AMORTIGUADORA (DC)	11.44 Tn/m²
RELLENO PAVIMENTO (EV)	3.60 Tn/m²
CARPETA ASFALTICA	0.79 Tn/m²
CUNETA	0.08 Tn/m²
CARGA VIVA TECHO	0.50 Tn/m²
CARGA VIVA E IMPACTO (LL+IM)	1.20 Tn/m²
CARGA VIVA PEATONAL (PL)	0.25 Tn/m²
FUERZA DE IMPATO DE LA ROCA	15.45 Tn/m²
CARGA VEHÍCULAR	0.11 Tn/m²

Fuente: Propia.

4.9.1.1. Carga de impacto de la Roca.

El principal objetivo es determinar la fuerza de impacto y sus características de impacto de los bloques de rocas sobre la estructura de concreto armado.

Para esta investigación se obtuvieron los siguientes valores:

El espesor de la capa de amortiguamiento es de 4.45 metros (e), se consideró esta altura para la reducción importante de la fuerza de impacto, ya que se utiliza la capa para la distribución de las fuerzas y disminuir el daño sobre el techo de la estructura.

El radio equivalente de la roca probable que caiga sobre la estructura es de 1.50 metros (r), donde se realizó un análisis histórico de las rocas para obtener la roca con más volumen que pueda deslizarse sobre este talud.

Tabla 20. Análisis histórico del Km 46+300 – Km 46+350 años: 2018-2019.

Fecha	Tamaño bloques de roca					
	m*m*m	m*m*m	m*m*m	m*m*m	m*m*m	m*m*m
Abril 2018	1.89*2.36*0.71 3.17 m3	1.89*0.76*2.51 3.61 m3	2.85*1.28*1.38 5.03 m3	2.84*1.31*1.58 5.88 m3	2.41*0.53*1.53 1.95 m3	3.05*0.79*1.84 4.43 m3
Abril 2019	0.8*0.64*0.35 0.18 m3	2.7*2.2*0.85 3.90 m3	0.51*0.46*0.28 0.07 m3	0.48*0.51*0.18 0.04 m3	1.21*0.56*0.89 0.60 m3	0.66*0.56*0.7 0.34 m3
Abril 2019	1.05*1.26*0.68 0.90 m3					

Fuente: Propia.

Donde se consideró la roca con mayor volumen (5.88m3) proporcionándole un radio equivalente de 1.5 metros.

Figura 21. Roca de un volumen de 3.90m3 en el tramo evaluado Km 46+300 – Km 46+350.



Fuente: Propia.

Las características de la capa de amortiguamiento son las siguientes: módulo de elasticidad del material a utilizar es 30000 Kn/m3 con un ángulo de fricción de 36° y un tamaño máximo del material granular de 10 cm.

La masa se consideró de 15.87 toneladas, la roca es cuarcita con un peso específico de 2.70 tn/m³ según el estudio Densidad in-situ método de cono y arena (ASTM D1556/NTP 339.143) del estudio realizado.

Tabla 21. Volumen máximo de roca encontrado, peso específico de la roca.

Volumen maximo	5.88 m ³
Peso especifico	2.70 Tn/m ³
Peso	15.87 Tn

Fuente: Propia.

La velocidad estimada de la caída de la roca es de 28.01 m/s producto de una altura probable de 40 metros, esta altura es una estimación de acuerdo con los desniveles del talud, ya que las alturas de desprendimientos de rocas se pueden generar en un desnivel desconocido. Se obtuvo la velocidad con la fórmula de caída libre que es el producto de la raíz cuadrada de dos veces la gravedad por la altura.

En donde la altura de 40 metros se tomó como la más crítica, por la base topográfica del tramo de estudio y sus características del talud.

Ecuación de la fuerza de impacto según Normativa Suiza, ASTRA 12 006 [10].

$$F_k = 2,8 \cdot e^{-0,5} \cdot r^{0,7} \cdot M_{E,K}^{0,4} \cdot \tan \phi_k \cdot \left(\frac{m_k V_k^2}{2} \right)^{0,6} \quad \text{Ecuación 46}$$

Los componentes de la ecuación tomado son los siguientes:

$$e = 4.45 \text{ m}$$

$$r = 1.50 \text{ m}$$

$$M_{E,K} = 30000 \text{ KN/m}^2$$

$$\phi_k = 36^\circ$$

$$m_k = 15.78 \text{ Tn}$$

$$V_k = 28.01 \text{ m/s}$$

Luego de remplazar en la ecuación, se obtuvo una fuerza de impacto:

$$F_k = 14967.78 \text{ KN}$$

$$F_k = 1526.29 \text{ Tn}$$

Cálculo de la penetración máxima de la roca dentro de la capa de amortiguamiento.

Ecuación de la penetración máxima.

$$t = \left(\frac{m_k V_k^2}{F_k} \right) \quad \text{Ecuación 47}$$

Datos del problema estudiado para hallar la penetración máxima.

$$t = \left(\frac{15.87 \text{ Tn} \times 28.01 \text{ m/s}^2}{1526.29 \text{ Tn}} \right)$$

$$t = 0.83 \text{ m}$$

$$t = 0.90 \text{ m Tomado.}$$

Verificaciones de espesor según normativa Suiza.

$$e \geq 0,5 \text{ m}$$

$$e \geq t + 3 \cdot \phi_{max}$$

$$e \geq 2 \cdot t$$

Donde:

$$e = 4.45 \text{ m}$$

$$t = 0.9 \text{ m}$$

$$\phi_{max} = 0.10 \text{ m}$$

- $5.00 \text{ m} \geq 0,5 \text{ m}$; Cumple verificación.
- $5.00 \text{ m} \geq 0.90 \text{ m} + 3 \times 0.10 \text{ m}$; Cumple verificación.
- $5.00 \text{ m} \geq 2 \times 0.9$; Cumple verificación.

Ecuación de la fuerza equivalente.

$$d = 2 * (r + (e - t) * \tan(\emptyset)) \quad \text{Ecuación 48}$$

Datos obtenidos para hallar el diámetro equivalente.

$$d = 2 * (r + (e - t) * \tan(\emptyset))$$

Dónde:

$$r = 1.50 \text{ m}$$

$$e = 4.45 \text{ m}$$

$$t = 0.90 \text{ m}$$

$\emptyset = 30^\circ$, ángulo formado entre las líneas proyectadas del diámetro de la roca y el diámetro equivalente en la losa de concreto, Según Normativa Suiza.

Remplazando en la ecuación:

$$d = 2 * (1.50 \text{ m} + (4.45 \text{ m} - 0.90 \text{ m}) * \tan(30^\circ))$$

$$d = 7.09 \text{ m}$$

Ya obtenido el diámetro equivalente, se hallará el esfuerzo equivalente.

Ecuación del esfuerzo equivalente.

$$q_d = \frac{F_k * C}{\left(\frac{\pi * d^2}{4}\right)} \quad \text{Ecuación 49}$$

Con los datos obtenidos remplazamos:

$$F_k = 14478.80 \text{ KN}$$

$$C = 0.4$$

La Normativa Suiza considera dos tipos de coeficiente de construcción, por lo cual el modo de falla, se tomará falla dúctil que tiene por valor $C=0.4$, según la (tabla N°7).

$$d = 7.09 \text{ m}$$

$$q_d = \frac{14967.78 \text{ KN} * 0.4}{\left(\frac{\pi * 7.09 \text{ m}^2}{4}\right)}$$

$$q_d = 15.45 \frac{\text{Tn}}{\text{m}^2}$$

Obtenemos un esfuerzo equivalente estático de 15.45 Tn/m² actuando sobre la losa de concreto.

De acuerdo a la normativa Suiza; el Falso Túnel requiere una capa de material granular con un espesor de 4.45 metros.

La estructura se puede diseñar incluyendo la carga de impacto como un esfuerzo estático equivalente igual a 14.45 Tn/m². Ubicado sobre un área circular de diámetro de 7.09 m.

4.9.2. Análisis sísmico

Se tomo en cuenta la norma peruana E.0.30, por el comportamiento de los elementos estructurales que se asemeja a las estructuras mencionadas en dicha norma.

Para realizar un bueno desempeño de la estructura ante la respuesta de un evento sísmico, se debe considerar varios factores según la norma peruana E.0.30, ya que nuestro país se encuentra en una zona altamente sísmica. La estructura que se diseña se logra controlar con respecto a desplazamientos de dicha estructura ante la fuerza del sismo.

4.9.2.1. Análisis estático

El análisis estático es un método que son represada por las fuerzas sísmicas que actúan mediante fuerzas horizontales que actuando en cada nivel de una edificación. Para el diseño del Falso Túnel se asume un comportamiento de un nivel.

Tabla 22. Factor de amplificación sísmica

4)FACTOR DE AMPLIFICACIÓN SÍSMICA

hn	9.60 m
C _T	Ct-c
C _T	45
SUELO	S2
T _p =	0.60
TL =	2.00
No rigidez =	0.85
T =	0.18
Cx= 2.5	

hn	9.60 m
C _T	Ct-c
C _T	45
SUELO	S2
T _p =	0.60
TL =	2.00
No rigidez =	0.85
T =	0.18
Cy= 2.5	

Fuente: Propia.

Tabla 23. Cortante en la base X-X y Y-Y.

B)CORTANTE EN LA BASE

$$P = CM + 50\%CV + 50\%CV = 8572.46 \text{ Tn}$$

$$\text{DIRECCION "X": } V_b = ZUCS/R * P = 1607.34$$

$$\text{DIRECCION "Y": } V_b = ZUCS/R * P = 1607.34$$

Piso	hi	hi acumulado	PESO (CM+50 %CV+50 %CV)	Pi x hi	%	Fix (ton)	Fiy (ton)
1	9.60	9.60	8,572.46	82295.5872	100%	1607.34	1607.34
			8572.457	82295.59	100%	1607.34	1607.34

Fuente: Propia.

Tabla 24. Fuerza cortante en la base y peso.

DIRECCIÓN X - X	
Z =	0.25
U =	1.5
S =	1.20
Cx =	2.5
Rx =	6.0
V =	1607.3
PESO =	8572.46 Tn

DIRECCIÓN Y - Y	
Z =	0.25
U =	1.5
S =	1.20
Cy =	2.5
Ry =	6.0
V =	1607.3
PESO =	8572.46 Tn

Cx/Rx ≥ 0.11	CORRECTO
0.417	

Cy/Ry ≥ 0.11	CORRECTO
0.417	

Fuente: Propia.

4.9.2.2. Análisis dinámico

El análisis dinámico es un procedimiento más completo para analizar una estructura. La Norma E.030, se determinará de acuerdo con la zona, para la estructura del falso túnel, se modelará 100% en cada dirección y en el otro sentido viceversa. cualquier estructura puede ser diseñada usando los resultados del análisis dinámico.

Tabla 25. Factor de reducción y amplificación sísmica.

4) FACTOR DE REDUCCIÓN

SISMO X		SISMO Y	
SIST. ESTR.	De muros estructurales	SIST. ESTR.	De muros estructurales
R _o	6.00	R _o	6.00
I _a	1	I _a	1
I _p	1	I _p	1
R_x=	6	R_y=	6

5) FACTOR DE AMPLIFICACIÓN SÍSMICA

SUELO	S2	SUELO	S2
T _p =	0.60	T _p =	0.60
TL=	2.00	TL=	2.00

Fuente: Propia.

Tabla 26. Verificación y verificación del sistema estructural.

6) VERIFICACIÓN

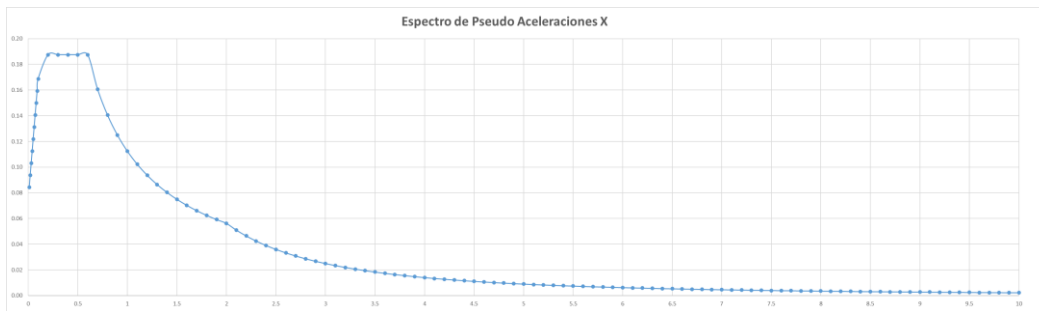
DIRECCIÓN X - X		DIRECCIÓN Y - Y	
V _{xE} =	2058.83	V _{xE} =	2058.83
V _{xD}	1657.85	V _{xD}	1650.01
%V _{xE} = 80%		%V _{xE} = 80%	
FC=	NO APLICA	FC	NO APLICA
	-		-

7) VERIFICACION DEL SISTEMA ESTRUCTURAL

DIRECCIÓN X - X		DIRECCIÓN Y - Y	
V _{total} =	1657.85 Tn	V _{total} =	1650.01 Tn
V _{columnas} =	469.7554	V _{columnas} =	320.1604
V _{muros} =	1188.091	V _{muros} =	1329.848
%MUROS=	71.66%	%MUROS=	80.60%
MUROS ESTRUCTURALES		MUROS ESTRUCTURALES	

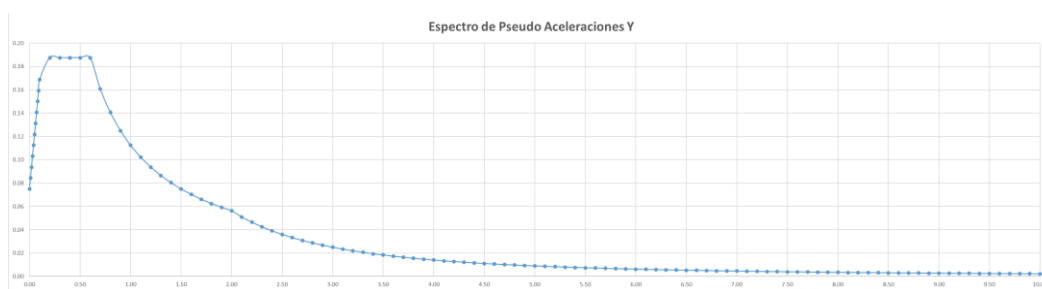
Fuente: Propia.

Figura 22. Espectro Pseudo Aceleraciones en X.



Fuente: Propia.

Figura 23. Espectro Pseudo Aceleraciones en Y.



Fuente: Propia.

4.9.2.3. Control de desplazamientos

Para calcular los desplazamientos laterales de la estructura, según la Norma E.030, se multiplican por 0.75R para estructuras regulares, los desplazamientos obtenidos como respuesta máxima elástica del análisis dinámico.

Tabla 27. Desplazamientos Dirección X-X y Y-Y.

DESPLAZAMIENTOS LATERALES DEL FALSO TÚNEL - SISMO DINAMICO								
1.- DESPLAZAMIENTOS LATERALES DE ENTRE PISO								
DIRECCIÓN X-X			R= 6		Sistema Estructural: Muros estructurales			
PISO	Altura (cm)	Desplazamiento D1 abs SAP	Desplazamiento D2 abs SAP	D-ABS-SAP	D abs REAL	D-Relativo-REAL	Deriva	Verificación
Piso 1	960	1.48	1.49	1.4850	6.6825	6.6825	0.0070	OK
DIRECCIÓN Y-Y			R= 6		Sistema Estructural: Muros estructurales			
PISO	Altura cm	Desplazamiento D1 abs SAP	Desplazamiento D2 abs SAP	D-ABS-SAP	D abs REAL	D-Relativo-REAL	Deriva	Verificación
Piso 1	960	0.6186	2.1	1.3593	6.1169	6.1169	0.006372	OK

Fuente: Propia.

4.9.2.4. Diseño de vigas.

El diseño por flexión de las vigas de las estructuras de los dos bloques, en cada bloque está conformado por 10 vigas, 2 vigas exteriores y 8 vigas interiores cada una de 12.10 metros de longitud, Anexo N°12.

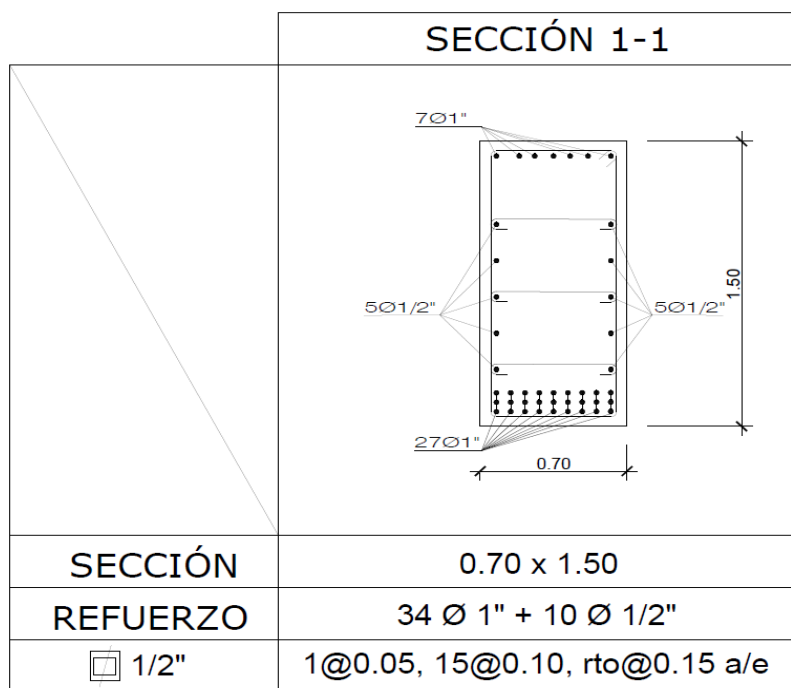
En la dirección longitudinal lo conforman 9 vigas de 2.1 metros de longitud.

Dieron como resultado las siguientes distribuciones de aceros cumpliendo con las cuantías mínimas y máximas [9].

En el diseño por flexión y cortante, después del análisis estructural se obtuvo la siguiente distribución:

Viga interior, transversal:

Figura 24: Distribución Viga interior, transversal.

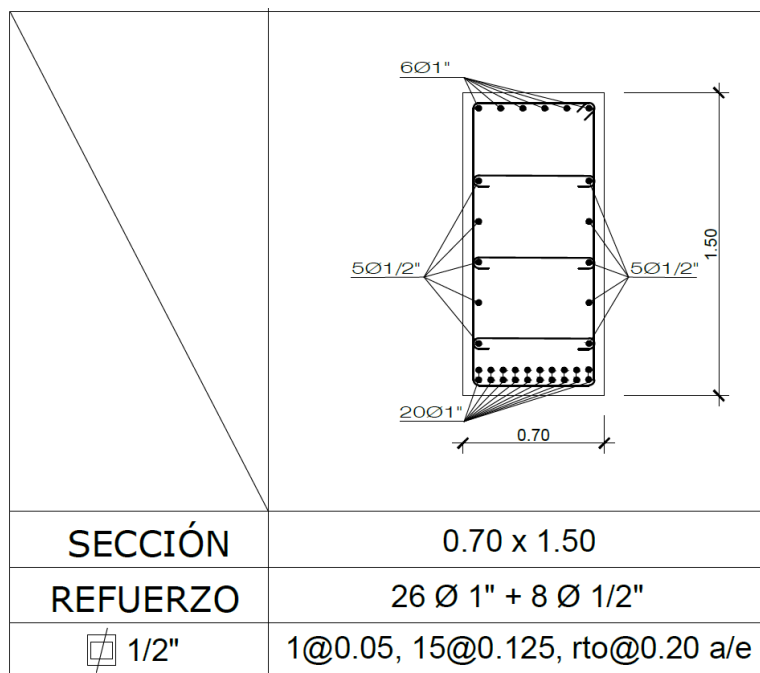


CUADRO DE SECCIONES: V - 101 (0.70m x 1.50m)

Fuente: Propia.

Viga exterior, transversal:

Figura 25: Distribución Viga exterior, transversal.

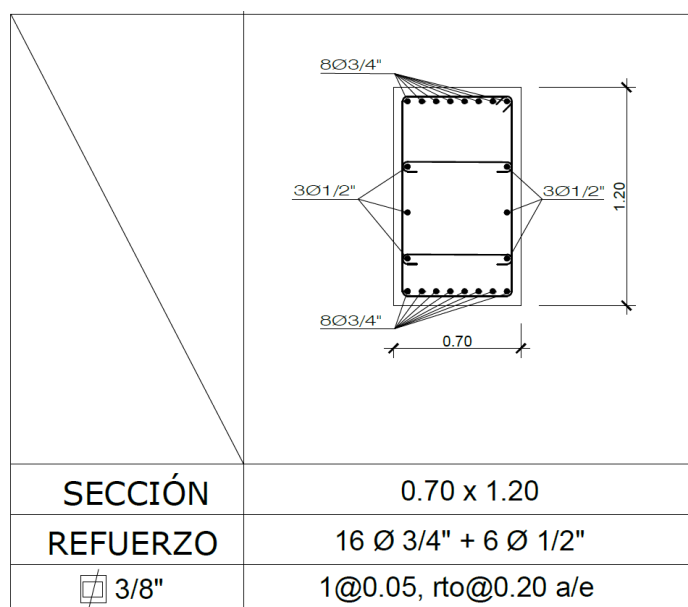


CUADRO DE SECCIONES: V - 102 (0.70m x 1.50m)

Fuente: Propia.

Viga longitudinal:

Figura 26: Distribución Viga longitudinal.



CUADRO DE SECCIONES: V-103 (0.70m x 1.20m)

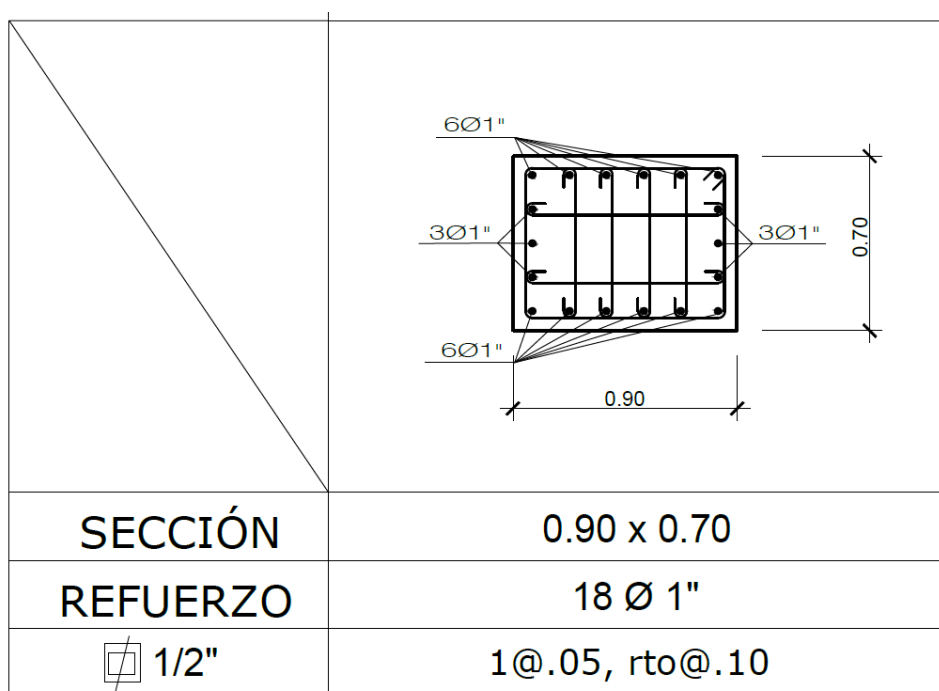
Fuente: Propia.

4.9.2.5. Diseño de columnas.

Cada bloque es conformado por 10 columnas, fueron analizados con las cargas actuantes, se uniformizó a un tipo de columna, obteniendo la siguiente distribución, Anexo N°12.:

Columna del pórtico estructural:

Figura 27: Distribución de refuerzo por flexo compresión y cortante.



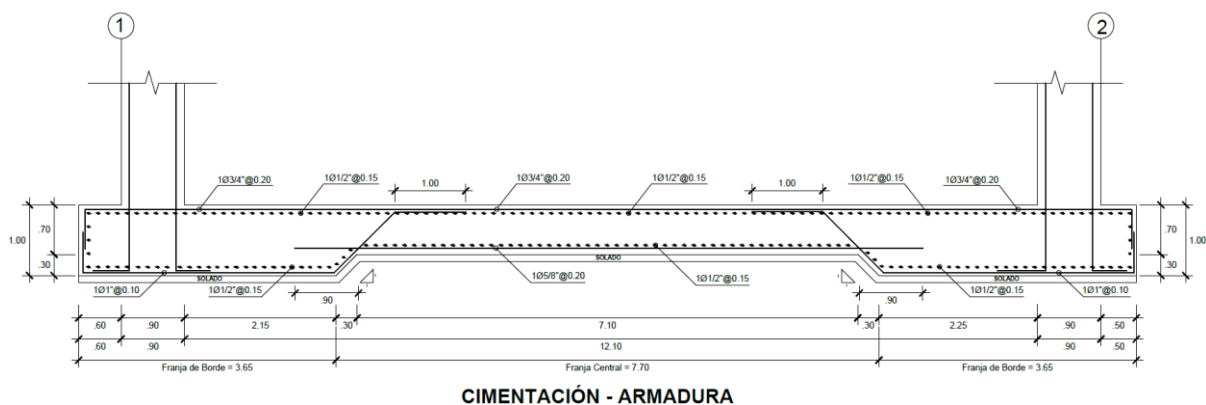
Fuente: Propia.

4.9.2.6. Diseño de cimentación.

Son elementos que tienen por finalidad distribuir las cargas concentrada bajo la columna y muro de contención un área. De tal manera que la presión actuante sobre el terreno sea menor o igual a la capacidad resistente del terreno. Del estudio de suelos que se realizó se pudo obtener la capacidad admisible del suelo, el nivel probable de cimentación, asentamiento diferencial máximo, y recomendaciones para la cimentación. En el diseño de la cimentación se realizará según las recomendaciones dado por las normas peruanas E 0.60 y E 0.30, se consideró una capacidad portante de 12.4 Kg/cm² [22].

Distribución del refuerzo por flexión, cortante de la cimentación, Anexo N°12.

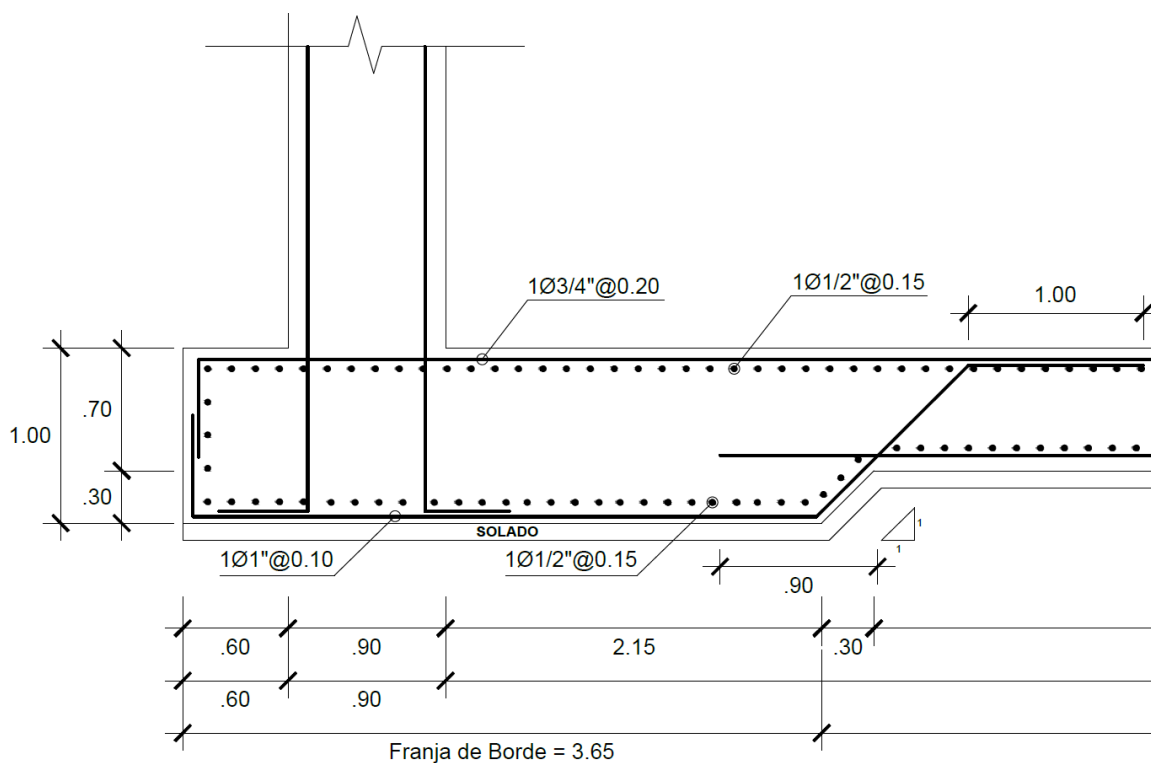
Figura 28: Distribución general de la cimentación.



Fuente: Propia.

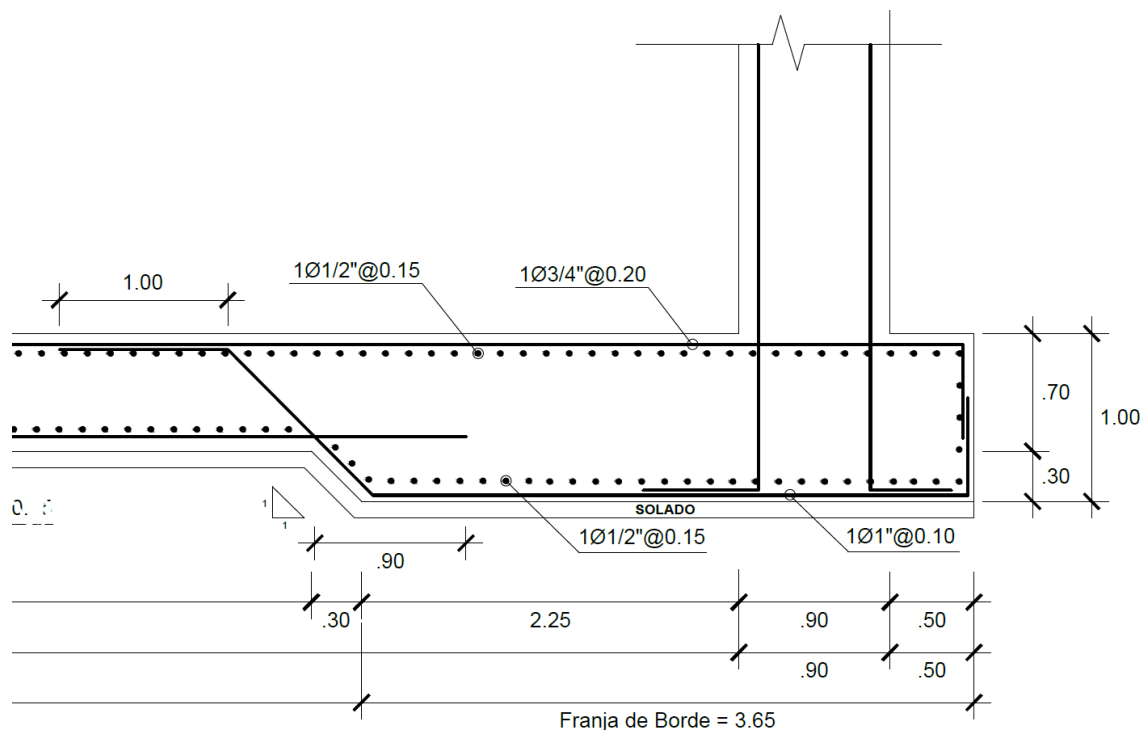
Distribución franja de borde general de la cimentación.

Figura 29: Distribución franja de borde la cimentación-columna.



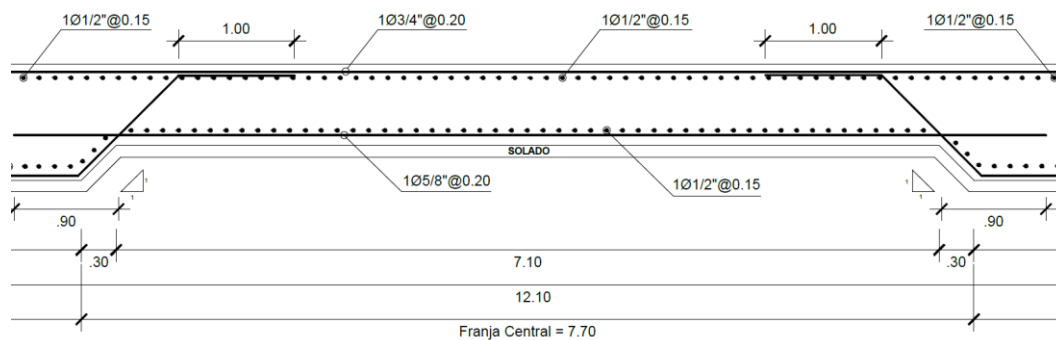
Fuente: Propia.

Figura 30: Distribución franja de borde la Cimentación-Muro.



Fuente: Propia.

Figura 31: Distribución franja central de la cimentación.



Fuente: Propia.

4.9.2.7. Diseño muro de contención.

Para el diseño del muro de contención se tomará en cuenta la flexión y compresión, del mismo. Se realizó la siguiente combinación [8].

- 1.4CM + 1.7 CV+1.7EM

Donde:

CM: Carga muerta.

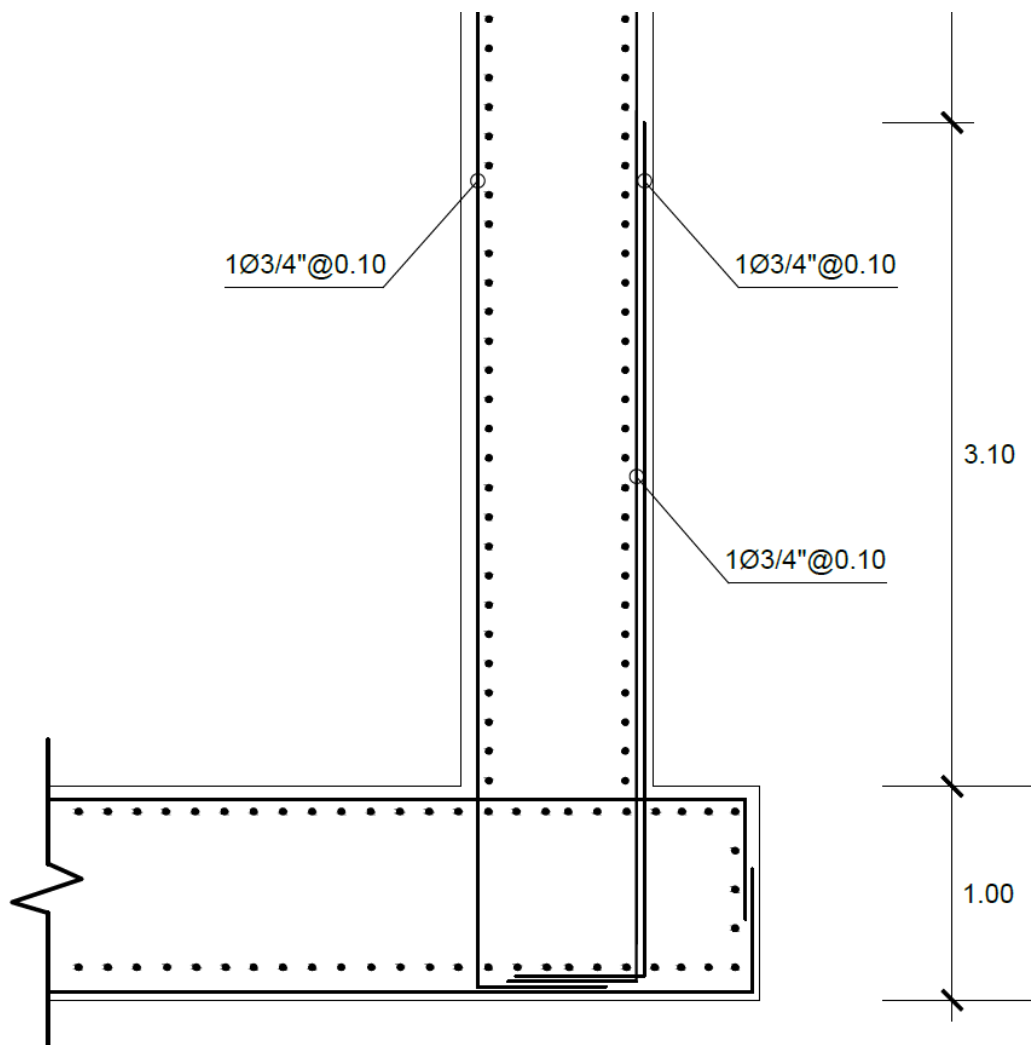
CV: Carga viva.

EM: Empuje del suelo.

Luego de analizar se obtiene la siguiente distribución: Anexo N°12.

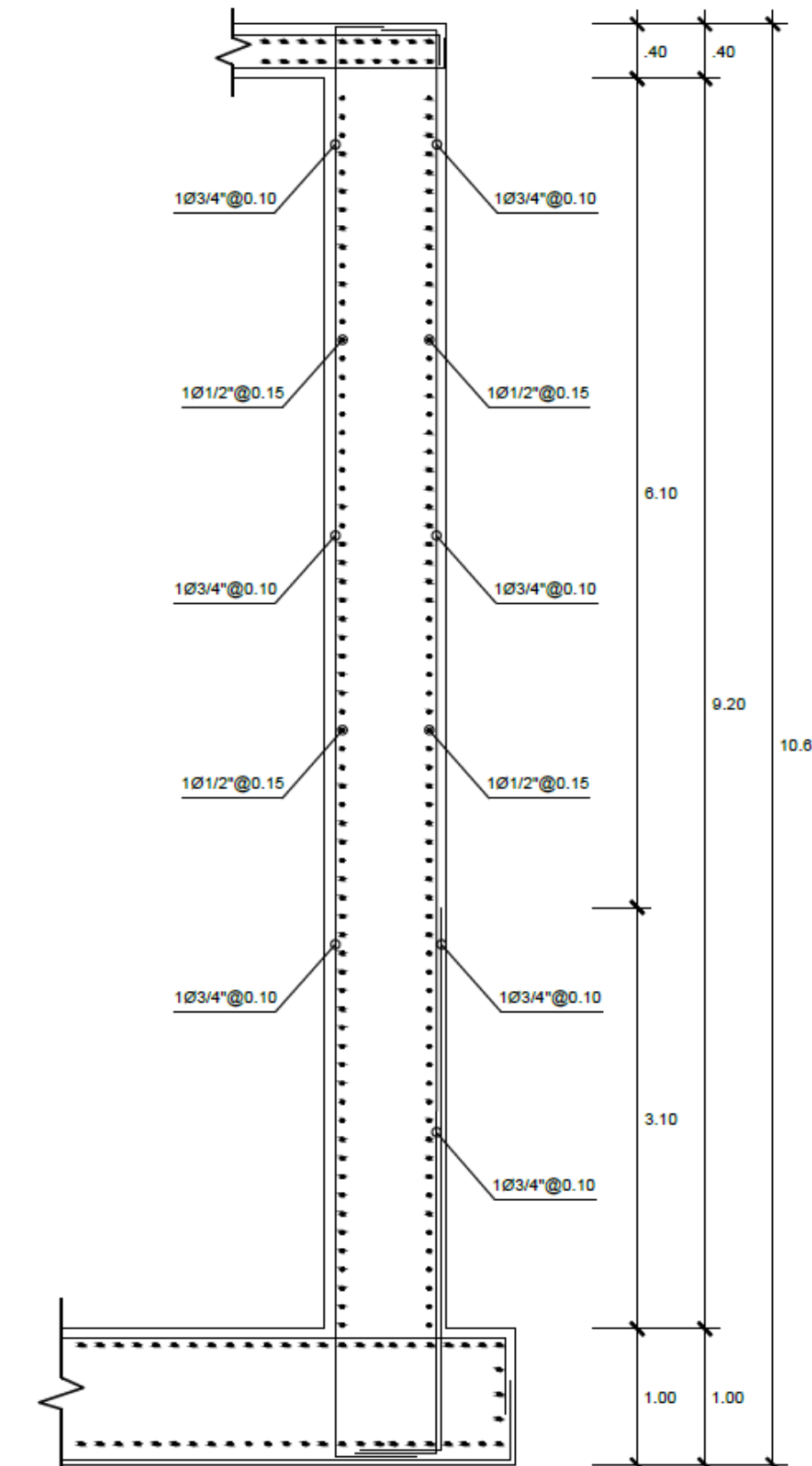
Distribución del refuerzo Muro-Cimentación.

Figura 32: Distribución del refuerzo Muro-Cimentación.



Fuente: Propia.

Figura 33: Distribución del refuerzo en muro



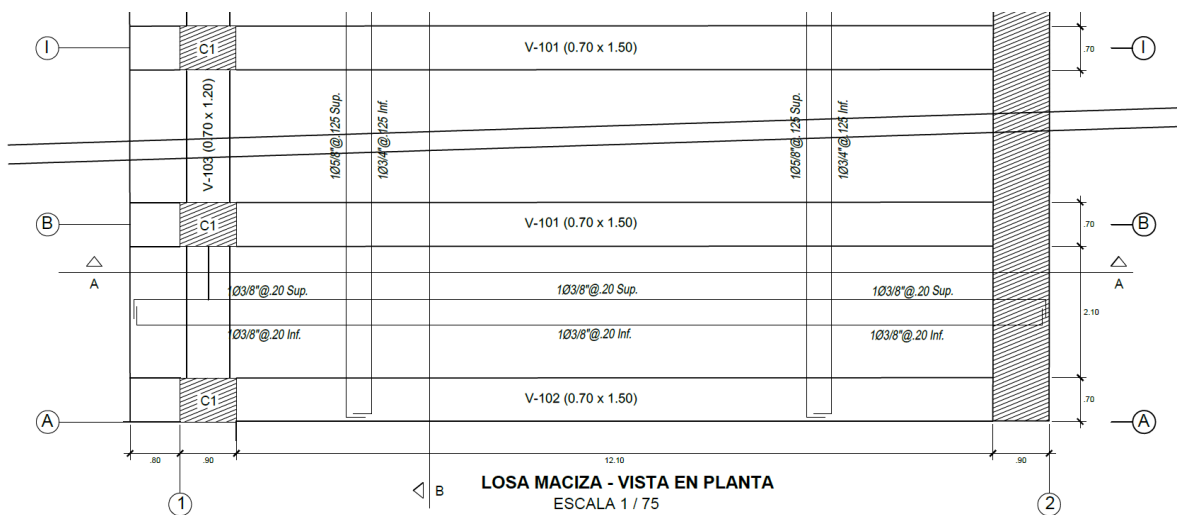
Fuente: Propia.

4.9.2.8. Diseño de losa maciza.

Luego de haber aplicado las fórmulas establecidas según [9] en el acápite de diseño de losas macizas, tenemos la siguiente distribución:

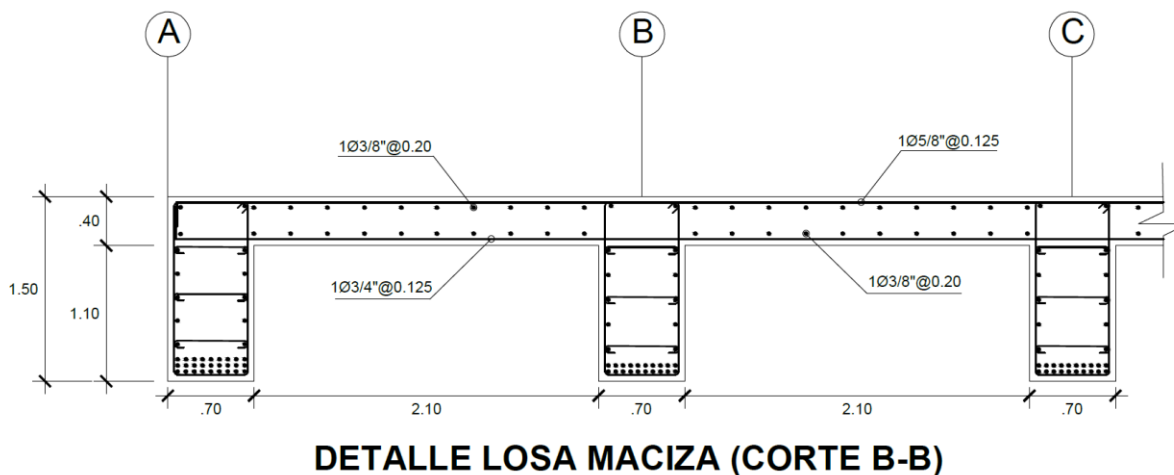
Distribución de refuerzo de losa maciza

Figura 34: Distribución en planta del refuerzo de losa maciza.



Fuente: Propia.

Figura 35 Distribución en planta del refuerzo de losa maciza Propia.:



Fuente: Propia.

4.10. Canteras y fuentes de agua

Para el desarrollo del presente estudio de canteras y fuentes de agua se ha tomado como base, la información disponibles de los certificados de calidad e informes técnicos de la cantera ubicada en el Km 48+650, cantera del “Rio Callayuc” Km 85+200 y de la fuente de agua “ El verde” Km 42+780, realizados en el estudio “ Rehabilitación y Mejoramiento de la Cantera PE-3N, Longitudinal de la Sierra Norte, Tramo Cochabamba-Santo Domingo de la Capilla-Chiple” [14].

- Se ha identificado una cantera con las características adecuadas para servir como fuente de materiales para su uso en obra. A continuación, se presentan los tratamientos y usos de la cantera:

Tabla 28. Características de cantera Km 49+650.

CANTERA	KM 49+650 (cerro)	
UBICACIÓN	Km 49+650	
LADO	DERECHO	
ACCESO	AL COSTADO DE LA VIA	
PROPIETARIO	PRESENTACIÓN LEYVA ALTAMIRANO	
MATERIAL	COLUVIAL	
PERIDO DE EXPLOTACION	TODO EL AÑO	
POTENCIA BRUTA	17,036.43 m ³	
POTENCIA NETA	16,001.62 m ³	
POTENCIA UTIL	16,001.62 m ³	
USOS	TRATAMIENTO	REND.
R	Z	75%
AFIRM	Z	70%

Fuente: Consorcio Carretera Longitudinal Cajamarca [14].

Tabla 29. Características de cantera “Rio Callayuc” Km 85+200.

CANTERA	RIO CALLAYUC
UBICACIÓN	Km 85+200
LADO	DERECHO
ACCESO	50 m (REQUIERE MEJORAMIENTO)
PROPIETARIO	DEMETRIO VIGO MENDOZA
MATERIAL	HORMIGON DE RIO

PERIDO DE EXPLOTACION				DE ABRIL A NOVIEMBRE		
POTENCIA BRUTA				143, 639.50 m3		
POTENCIA NETA				134, 169.40 m3		
POTENCIA UTIL				107, 335.52 m3		
USOS				REND.		
GV				Z		20%
R				Z		63%
SBG				Z		68%
BGT				Z, Tp, Ts		88%
MAC				Z, Tp, Ts, A		88%
TSB				Z, Tp, Ts		88%
CH				Z, Tp, Ts, L		88%
F				Z		50%

Fuente: Consorcio Carretera Longitudinal Cajamarca [14].

- La explotación de la cantera debe realizarse solamente en época de estiaje para la cantera del Km 85+200.
- La fuente de agua recomendada para proyecto, que cumplen con las especificaciones técnicas, para su uso en Pavimentos y obras de concretos, es la siguiente:

Tabla 30. Características de cantera de agua Km 42+780.

Fuente de agua			
Nombre	Ubicación	Acceso	Fuente
El Verde	Km 42+780	Directo	Quebrada

- En la preparación del concreto asfáltico deberá usarse al aditivo tipo amina para mejorar la adhesividad de los agregados finos.
- Se recomienda la instalación de la planta para producir agregados pétreos y asfaltos en el Km 85+200LI.

4.11. Análisis de estabilidad.

4.11.1. Ubicación.

Se hará el análisis de estabilidad del talud del tramo en estudio Km 48+295 de la Carretera Cochabamba -Cutervo- Santo Domingo de la Capilla- Chiple. Se hará un análisis entre las diferentes altitudes 2665 m.s.n.n. a 2760 m.s.n.m.

Sus coordenadas son Entre los Paralelos: 6°18'6.50" de Latitud Sur Entre los Meridianos: 78°49'45.64" de Longitud Oeste. El tramo evaluado se encuentra ubicado a 40 minutos de la provincia de Cutervo en dirección a Chiple.

4.11.2. Características del talud.

En la siguiente tabla se muestra las características del talud.

Tabla 31. Características del talud

Descripción	Dimensiones
Largo Horizontal	72 m.
Largo Vertical	100 m.
Altura	95 m.
Pendiente H:L	3:2
Área de estudio	7200 m ² .
Cota mínima	2665 m.s.n.n
Cota máxima	2760 m.s.n.m

Fuente: Propia.

4.11.3. Modelamiento de estabilidad en el programa GEO5.

Para realizar con el modelamiento del talud GEO5 que pertenece a la familia (Fines software), se necesitara la topografía del terreno que se estudia, las propiedades de los estratos que está conformado el talud, obtenidos del estudio de suelos y rocas.

Dicho programa GEO5 analizará los diferentes espesores de estratos del talud, en el cual por medio de iteraciones calculará la probabilidad más desfavorable del plano de falla. Además del factor de seguridad (FS). El factor de seguridad es de 1.5 para toso los métodos.

Se analizará tres métodos:

- Método de Bishop, Método de Jambu y Método de Spencer.

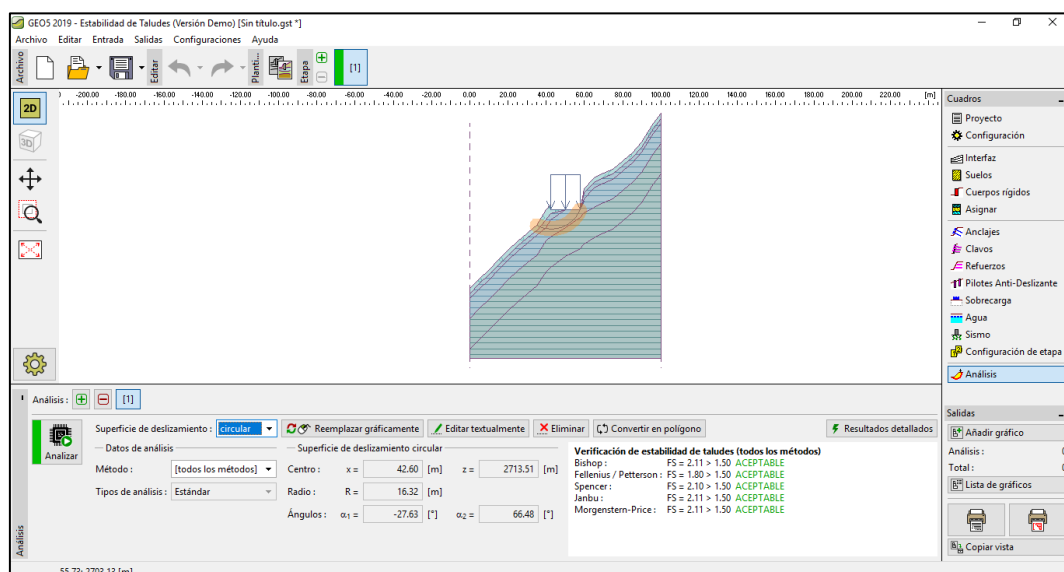
4.11.3.1. Modelamiento del análisis de estabilidad de talud en condiciones estáticas.

Se procede a ingresar los datos obtenidos del estudio de mecánica de suelos y ensayos de refracción sísmica. Las propiedades del suelo de cada estrato a estudiar son los datos que se obtuvieron mediante ensayos y refracción sísmica del estudio de [22] para conocer el ángulo de fricción interna (ϕ), cohesión (kg/cm²), peso volumétrico (kg/m³).

Figura 36. Programa GEO5: Estableciendo valores de sobrecarga.

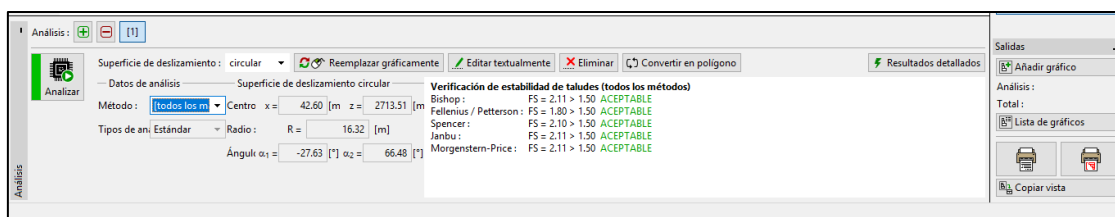
Fuente: Programa GEO5.

Figura 37. Programa GEO5: Posible superficie de deslizamiento en el talud.



Fuente: Programa GEO5.

Figura 38. Programa GEO5: Ventana Verificación de estabilidad aceptable.



Fuente: Programa GEO5.

Según el análisis de los 5 métodos que analiza el GEO5, demuestran que el talud tiene una estabilidad aceptable y que permite cimentar la estructura del Falso Túnel sin peligro de inestabilidad, ya que corrobora que el material (roca cuarcita) tiene una buena estadidad en el talud.

4.12. Evaluación de impacto ambiental.

La matriz de Leopold se realizado con el fin de disponer relaciones de causa y efecto entre las actividades que se desarrollarían en la construcción de la carretera. Hay que destacar que la ésta matriz no es un sistema de evaluación ambiental, sino de identificación. Por ello, con este método nos da un resumen de los impactos, el cual evaluará los efectos y nos dará las mejores alternativas de solución.

Los impactos más significativos negativos son aquellos que están comprendidos en la disminución de la calidad del aire, producido por las emisiones de gases de combustión y ruidos por la maquinaria pesada necesaria para el proceso de diversas partidas comprendidas en el proyecto.

Con respecto al impacto positivo con mayor importancia es la generación de empleo temporal por el tiempo que dure el proyecto ya sea directa o indirectamente.

Se podría concluir que el grado de afectación de los diversos componentes son pocos significativos y mitigables.

El proyecto no afectará la flora y fauna en su proceso de construcción y servicio.

Descrito de lo anterior se obtiene que el proyecto resulta ser ambientalmente viable, tomándose en cuenta las medidas recomendadas, en cada partida del proyecto.

V. DISCUSIÓN.

Se dividió el proyecto en dos bloques de lentitudes 25.90 metros cada uno de características similares, para tener un mejor comportamiento de la estructura de concreto armado.

El resultado del ensayo de refracción sísmica se obtuvo a una profundidad aproximada de 2.00 m de roca fracturada, luego hasta una profundidad de 14.00 m de roca blanda, subyaciendo se infiere roca, razón por la que ocurren los deslizamientos superficiales en el tramo del proyecto.

Con respecto al factor de seguridad en los métodos Bishop, Fellenius/Petterson, Spencer, Janbu, Morgenstem-price. es obtuvieron valor mayor que 1.5, lo que indica que el talud es estable, por lo consecuente se puede cimentar la estructura del Falso Túnel.

Cuadro Resultados del factor de seguridad en condiciones normales del talud.

MÉTODO	LIMITE DE ESTABILIDAD (GEO5)	FACTOR DE SEGURIDAD ANALIZADO (FS) GEO5	ESTADO
BISHOP	>1.50	2.11	ACEPTABLE
FELLENIUS/PETTERSON	>1.50	1.80	ACEPTABLE
SPENCER	>1.50	2.10	ACEPTABLE
JAMBU	>1.50	2.11	ACEPTABLE
MORGENSTEM-PRICE	>1.50	2.11	ACEPTABLE

Fuente: Programa GEO5.

Según el tipo de estrato donde se cimentará, es un estrato de rocoso, por lo cual en el análisis estructural se tomará un coeficiente de balasto 30,0 K/cm³. Por lo cual se modeló un suelo muy rígido que solo resistirá el esfuerzo de compresión en dirección vertical, y en la dirección horizontal el valor será 2/3 del coeficiente balasto vertical.

Con respecto a las cargas del del muro, se despreció el nivel freático, debido a que no se encontró en los estudios de suelos-rocas el nivel freático, se modelo dos estratos, un estrato que

es del mismo talud en la parte inferior y en la parte superior un material granular de relleno, para dar fluencia de agua debido a las precipitaciones constantes en el tramo de proyecto, y en dicho muro tuberías de desfogue suelos interior de estructura.

Con respecto al diseño de la estructura del falso túnel, en la normativa peruana no nos menciona este tipo de estructuras de concreto armado, pero por su comportamiento de cada elemento que lo conforman, sus esfuerzos se puede usar la normativa peruana, para muros que estarán expuestas a cargas axiales y flexión, la cimentación (esfuerzos de flexión y cortante), las columnas (esfuerzos de axial y flexión), las vigas (esfuerzos de cortante y flexión) y la losa también sufrirán estos últimos esfuerzos.

Para el diseño de la estructura se deben evaluar todas las cargas que pudiesen interferir en su comportamiento de la estructura estudiada, con respecto a la magnitud del impacto de las rocas, se determinó esta magnitud en base a la Normativa Suiza, ya que nos explica profundamente acerca de cómo encontrar la magnitud, En la normativa peruana desconoce de como hallar la magnitud de impacto de las rocas en una estructura.

Con respecto a el análisis de impacto de la roca en la estructura, se obtuvo una roca de 5.88m³ de volumen, de acuerdo con los ensayos ejecutados fue de tipo cuarcita con un peso específico de 2.70tn/m³, por lo consiguiente un resultado de peso de 15.87 tn. Utilizando el peso más significativo que pudiese afectar la estructura.

En la Normativa Suiza nos menciona de una capa de amortiguamiento en la parte superior de la losa, que cumple con la función de dispersar la energía puntual de impacto, para generar un esfuerzo menor en roca-losa maciza, esta capa de amortiguamiento es un material granular, de espesor variable de 2.00m a 5.0m, de un diámetro máximo de 10cm, módulo de elasticidad de 30000 Kn/m³ y con un ángulo de 36°.

La fuerza de impacto cambia con la capa de amortiguamiento reduce considerablemente, roca-capa un esfuerzo de 1526.29 Tn , luego de la transferencia de cargas por la capa de amortiguamiento llega a la losa un 15.45 Tn/m², por lo cual se optó por el espesor 4.45m de capa de amortiguamiento tomada por la significativa reducción de carga que llega a la losa.

La composición de los elementos de la estructura, este compuesto por columnas espaciadas 2.80m a eje que colinda con el abismo, que cumplirá función de soportar las cargas en sentido de la gravedad como sísmicas. También la función de dar ventilación, claridad al interior de la

del falso túnel; en la parte de al frente para la parte de la derecha para las cotas más elevadas un muro que cumplirá la función de muro de contención, como también recibir cargas axiales, con un comportamiento similar a un muro de sótano.

VI. CONCLUSIONES

- La presente tesis, se desarrolla debido a la caída de rocas y desprendimientos, de la parte superior de la plataforma del tramo que se propone modificar con la estructura planteada.
- Se realizó los estudios de mecánica de suelos y rocas obtenido como resultados que el talud presenta tres estratos diferentes superficialmente a 0.30 metros se obtuvo se tiene un material suelto denso (roca fracturada) a 2.00 metros, subyaciendo se infiere una roca blanda, hasta una profundidad de 14.00 metros y a partir de esta profundidad se encuentra roca pura, cuarcita.
- Del análisis de estabilidad concluye que el talud es estable para cimentar una estructura.
- El peso de la roca considerado es de 15.87 toneladas, se estimó de acuerdo con un análisis histórico de desprendimientos de rocas.
- Se diseñó una capa de amortiguamiento de espesor 4.45 metros, lo cual tiene por finalidad absorber la energía por compresión, dispersar la energía puntual de impacto, en tal forma que se transmita a la estructura sobre un área circular de diámetro 7.09 metros.
- La fuerza de impacto de la roca transmitida a la capa de amortiguamiento fue de 1526.29 toneladas.
- La fuerza por metro cuadrado que absorberá la losa maciza de concreto armado es de 15.45 tn/m².
- Se realizó los estudios topográficos obteniendo curvas de nivel 2670 m.s.n.m a 2760 m.s.n.m. del talud en estudio.
- La solución proyecta permite el paso de los vehículos y de los peatones de una manera segura y confiable sin afectar el tránsito vehicular de la carretera, mediante una losa de concreto armado el cual es sostenido por muro y columnas del mismo material.

- Se comprobó la estabilidad de talud por medio del programa GEO5 considerando los resultados del estudio de mecánica de suelos y rocas, siendo un talud estable por la composición de cada estrato.
- Para el establecimiento de la estación total de los puntos de control terrestre monumento a lo largo del proyecto, se utilizó la data geodésica recolectada de las estaciones Geodésicas de control, ubicado en la localidad de Cutervo y Santo Domingo de la Capilla, provincia de Cutervo, departamento de Cajamarca, cuyas coordenadas están establecidas en el Sistema WGS84.
- Debido al tipo de cimentación seleccionado, consiste en una losa de cimentación y que el suelo de cimentación presenta un suelo de composición roca, la profundidad de cimentación, ha quedado definida, por la profundidad mínima requerida con la normativa y para permitir el drenaje, la construcción del pavimento de la carretera y el espesor de la losa de cimentación. En este sentido, en conformidad con la geometría de la losa de cimentación, alcanzada por consideraciones, el nivel de desplante es de 2712.78 msnm.
- A efectos de diseño estructural, se puede contar con un módulo de balasto vertical $K_v=30$ Kg/cm³.
- Como consecuencia de la adecuación del eje de la vía, el sistema de drenaje del proyecto original ha sido readecuado, el cual está conformado por cunetas triangulares, cunetas rectangulares con tapa y subdren (Tuberías).
- Debido a que las cunetas de la carreta en este Km 48+ 235- Km 46+350 son de sección triangular y las cunetas proyectadas en el interior del Falso Túnel son de sección rectangular con caja, se realizara la transición de sección de sección triangular a rectangular a la entrada y salida de la estructura propuesta, cuyos detalles están descritos en el anexo 10.
- La estructura de pavimento adoptada para el tramo Km 46+300 - Km 46+350 con un periodo de diseño de 10 años (ASHTO 93). Carpeta de asfalto de 5cm, base granular de 15 cm, subbase granular de 15 cm y un refuerzo de 5cm a los 10 años.

- Cantera Rio Callayuc Km 85+200 cumple con lo señalado en EG-2000 para ser usados para rellenos, subbase y afirmado.
- Los agregados de la cantera cumplen con lo indicado en las Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carreteras EG-2000 para todos los usos, incluido el concreto asfáltico.
- Se ubicaron 1 fuente agua El Verde Km 42+780, es apta para el uso en las obras de pavimentación y concreto.

VII. RECOMENDACIONES

- Las construcciones de falsos túneles para controlar la caída de rocas son importantes en zonas de desprendimientos sería una propuesta para implementar en muchos tramos de carreteras de nuestro país por su topografía en zona de continuos desprendimientos de rocas.
- Previo a la ejecución del proyecto se deberá acondicionar la vía alterna, mientras duren los trabajos de construcción del proyecto, para el flujo vehicular.
- Se recomienda que se realice más investigaciones este tipo de proyectos ya que ayudan a evitar vías obstaculizadas en zonas de desprendimiento.
- Se recomienda realizar más investigaciones de alternativas de materiales para el uso de capa de amortiguamiento, ya que no hay mucha investigación en lo expresado.

VIII. LISTA DE REFERENCIAS

- [1] A. D. Reyes Rivero y M. A. Martinez, «Diseño y Construcción de Túneles Falsos para el control de Caídas de Roca,» Universidad Industrial de Santander , Bucaramanga , 2005.
- [2] Centro de Operaciones de Emergencia del Ministerio, «Cajamarca: Tramo Chiple – Cutervo con tránsito restringido a consecuencia de derrumbe por lluvias,» *Última información*, p. 6, 30 Abril 2018.
- [3] S. E. Rosales Garzón, «Desarrollo de un herramienta para Diseño de Falsos Túneles como protección contra impacto de caída de Rocas Usando Redes Neuronales Artificiales,» Universidad Nacional de Colombia , Medellín, 2012.
- [4] A. Quilca Ruelas, «Diseño y Construcción de Falso Túnel en el Portal de Acceso de la Galería Principal,» Universidad Nacional del Altiplano , Puno, 2017.
- [5] «Reglamento Nacional de Edificaciones - RNE,» *CE.010 Pavimentos*, 2014.
- [6] «Manual de carreteras túneles, muro y obras complementarias. volumen I.R.D.,» 2016.
- [7] «Manual de hidrología, hidráulica y drenaje – Ministerio de Transportes y Comunicaciones,» 2018.
- [8] «Norma de Mecánica de Suelos-Perú,» *E-050*, 2006.
- [9] «Norma de Concreto Armado- Perú,» *E-060*, 2009.
- [10] «Normativa Suiza,» *ASTRA 12 006, Oficina Federal de Vías - OFROU*, 2012.
- [11] «Ley general del ambiente,» *Ley N° 28611*, 2005.
- [12] «Ley de recursos hídricos,» *Ley N° 29338*, 2010.
- [13] J. S. DIAZ, «CUBIERTAS PROTECTORAS PARA IMPACTO DE CAÍDOS DE ROCA,» *XIII JORNADAS GEOTECNICAS DE LA INGENIERIA COLOMBIANA Y IV FORO*, p. 8.
- [14] C. C. L. C. «Rehabilitación y Mejoramiento de la carretera PE3N Longitudinal de la Sierra Norte, Tramo:Cochabamba-Cutervo-Santo domingo de la capilla-Chiple,» 2013.
- [15] «Norma de Cargas – Perú,» *E-020*, 2006.
- [16] «Norma de Diseño Sismo Resistente – Perú,» *E-030*, 2018.

- [17] «Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural,» (ACI 318SUS-14), 2014.
- [18] A. B. Blasco, Estructuración y Diseño de Edificaciones de Concreto Armado, Lima: Capítulo de Ingeniería Civil, 1994.
- [19] ZIGURAT, «Diseño de columna sometida a flexo-compresión biaxial,» *Máster Internacional en Proyectos y construcción de Puentes*, p. 9.
- [20] «Norma de Mecánica de Suelos-Perú,» E-050, 2006.
- [21] . S. E. Rosales Garzon, «Túneles Falsos Contra Caída de Rocas,» de *Conferencia de Túneles Falsos*, Ecuador , 2017.
- [22] L. d. g. S. & Asociados, «Estudio Geotécnico para el análisis de estabilidad de taludes de la carretera PE3N longitudinal de la sierra: Cochabamba-Cutervo-Santo Domingo de la Capilla-Chiple,» 2015.
- [23] M. d. T. y. Caminos, «Especificaciones Técnicas Genrales para Construcción,» *Manual de Carreteras*, 2013.
- [24] M. d. T. y. Comunicaciones, «MANUAL DE DISPOSITIVOS DE CONTROL DEL TRANSITO AUTOMOTOR PARA CALLES Y CARRETERAS,» 2016.
- [25] J. Suarez Diaz , *Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales*, Bucaramanga : Ingeniería de Suelos Ltda, 1998.
- [26] P. F. Huertas Pineda, *Procesos constructivos para Túneles viales Desarrollados en Colombia*, Bogotá, 2016.
- [27] D. e. C. Armado, Roberto Morales Morales, Lima: Fondo Editorial ICG.

IX. ANEXOS

ANEXO N°01: DOCUMENTOS

ANEXO N°02: CUADROS

ANEXO N°03: FOTOGRAFÍA

ANEXO N°04: ESTUDIO DE MECANICAS DE SUELOS Y ROCAS

ANEXO N°05: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES

ANEXO N°06: MODELAMIENTO EN SOFTWARE SAP2000

ANEXO N°07: ESTUDIO DE HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA Y DRENAJE

ANEXO N°08: ESTUDIO DE CANTERAS Y FUENTES DE AGUA

ANEXO N°09: EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL

ANEXO N°10: ANÁLISIS SISMICO

ANEXO N°11: MEMORIA DE CÁLCULO

ANEXO N°12: PLANILLA DE METRADOS

ANEXO N°13: PRESUPUESTO

ANEXO N°14: CRONOGRAMA DE OBRA

ANEXO N°15: PLANOS

ANEXO N°01: DOCUMENTOS

DOCUMENTO N°1.1: Constancia de la inexistencia del proyecto.

	MPC Municipalidad Provincial de Cutervo	Instituto Vial Provincial de Cutervo	IVP-C 
---	--	---	---

GERENCIA GENERAL DEL INSTITUTO VIAL PROVINCIAL DE CUTERVO

"AÑO DEL DIÁLOGO Y LA RECONCILIACIÓN NACIONAL"

EL GERENTE GENERAL INSTITUTO VIAL PROVINCIAL DE LA
MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CUTERVO

REFERENCIA: Solicitud de Constancia de no Existencia de Proyecto

HACE CONSTAR:

QUE EL PROYECTO DE TESIS DENOMINADO: "DISEÑO DE UN FALSO TÚNEL, PROGRESIVA 46+300M, CARRETERA CUTERVO - CHIPLE, ZONA DENOMINADA LA VARIANTE - DISTRITO DE SANTO DOMINGO DE LA CAPILLA, PROVINCIA DE CUTERVO - CAJAMARCA", SEGÚN INFORME TÉCNICO N°020-A-2018-MPC-GGIVPC-RUF-VJBA, DEL EVALUADOR Y FORMULADOR DE PROYECTOS, ESTE NO SE ENCUENTRA INCLUIDO EN EL BANCO DE PROYECTOS DE LA UNIDAD FORMULADORA DEL INSTITUTO VIAL PROVINCIAL - CUTERVO.

SE LE EXPIDE LA PRESENTE CONSTANCIA A SOLICITUD DEL INTERESADO PARA LOS FINES QUE ESTIME CONVENIENTE.

ATENTAMENTE



 Ing. Javier César Alvarez Pizarro
 Gerente General del IVP-CUTERVO

E-mail: ivp_cutervo@outlook.com | J. Ramón Ceallos N° 403
 Pisco de Amos -
 Cutervo

DOCUMENTO N°1.2: Declaración jurada.



"AÑO DEL DIÁLOGO Y LA RECONCILIACIÓN NACIONAL"

DECLARACIÓN JURADA

Yo, Max Robinson Ramírez Castro, identificado con DNI N° 73472551, código universitario: 131AD43993, con domicilio en la Calle Cesar Vallejo N°198 del distrito de Chiclayo, alumno de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, declaro bajo juramento tener conocimiento que el proyecto de tesis denominado **"DISEÑO DE UN FALSO TÚNEL, PROGRESIVA 46+300M, CARRETERA CUTERVO – CHIPLE, ZONA DENOMINADA LA VARIANTE- DISTRITO DE SANTO DOMINGO DE LA CAPILLA, PROVINCIA DE CUTERVO - REGION CAJAMARCA, 2018."** no ha sido, ni viene siendo realizado por ninguna persona o institución, sometiéndose a las sanciones que tiene la Universidad, por lo que se firma el presente documento en señal de veracidad.

Chiclayo, 08 de mayo del 2018

DOCUMENTO NO REACTADO EN LA NOTARIA



Max Robinson Ramírez Castro
DNI: 73472551

SE LEGALIZA LA FIRMA NO EL CONTENIDO

GENÉRICO: QUE LA FIRMA QUE APARECE CORRESPONDE A: Max Robinson Ramírez Castro. -
QUEN SUSCRIBIÓ EL PRESENTE DOCUMENTO EN MI PRESENCIA IDENTIFICÁNDOSE CON: DNI N° 73472551. -
EL NOTARIO NO ASUME RESPONSABILIDAD SOBRE EL CONTENIDO DEL DOCUMENTO
CHICLAYO, 08 DE Mayo DEL 2018.

NOTARÍA CÁRDENAS
JAIMÉ CÁRDENAS FONSECA
NOTARIO - ABOGADO
Reg. Colegio de Notarios de Lambayeque N°21
Av. Saenz Peña N° 2311 - Urb. Latina
José Leonardo Ortiz - Chiclayo - Perú
Teléf. : (074) 257319 - Telefax: (074) 257320

JAIMÉ CÁRDENAS FONSECA
NOTARIO - ABOGADO

ANEXO N°02: CUADROS

CUADRO N°2.1: Datos generales del Distrito de la Capilla.

RUTA	DISTANCIA	TIEMPO DE VIAJE	VIA	MEDIO DE TRANORTE
Chiclayo-Chongoyape	85.00 Km	60 min	Asfaltada	Vehiculo Motorizado
Chongoyape-Cochabamba	118.30 Km	240 min	Asfaltada	Vehiculo Motorizado
Cochabamba-Cutervo	31.50 Km	60 min	Asfaltada	Vehiculo Motorizado
Cutervo-Propuesta de proyecto	17.00 Km	50 min	Bicapa	Vehiculo Motorizado
Total	251.80 Km	6 Hr 50 min		

Fuente: Datos de Campo.

CUADRO N°2.2: Distancia recorrida hacia la zona del proyecto

Departamento	Cajamarca
Provincia	Cutervo
Distrito	Santo Domingo de la Capilla
Altura (m.s.n.m)	2830
Extencion teritorial (km2)	103.74
Poblacion (Hab.)	5718
Densidad Poblacional (Hab/Km2)	55.12

Fuente: INEI, Censos 2007 – Municipalidad Distrital de Santo Domingo de la Capilla.

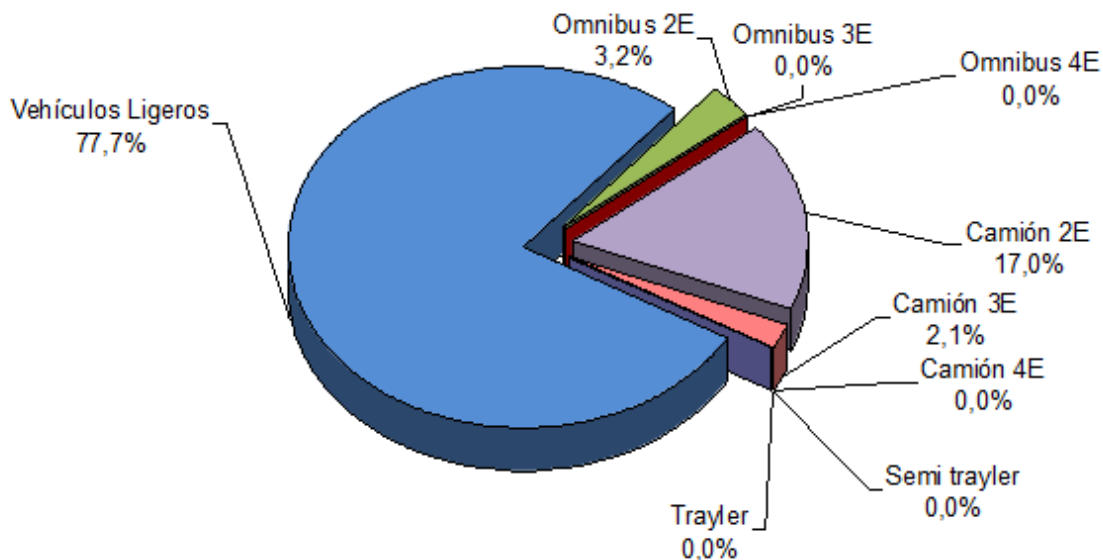
CUADRO N°2.3: Trafico promedio vehivular promedio Tramo: Cutervo – Santo Domingo De La Capilla .

PROMEDIO TRAFICO VEHICULAR IMD Normal (Veh/dia)		
Tipo de Vehículos	IMD	Distrib. %
Vehículos Ligeros	136	76.55
Omnibus 2E	6	3.22
Omnibus 3E	0	0.00
Omnibus 4E	0	0.00
Camión 2E	32	17.81
Camión 3E	4	2.42
Camión 4E	0	0.00
Semi trayler	0	0.00
Trayler	0	0.00
TOTAL IMD	177	100.00

Fuente: Consorcio Carretera Longitudinal Cajamarca.

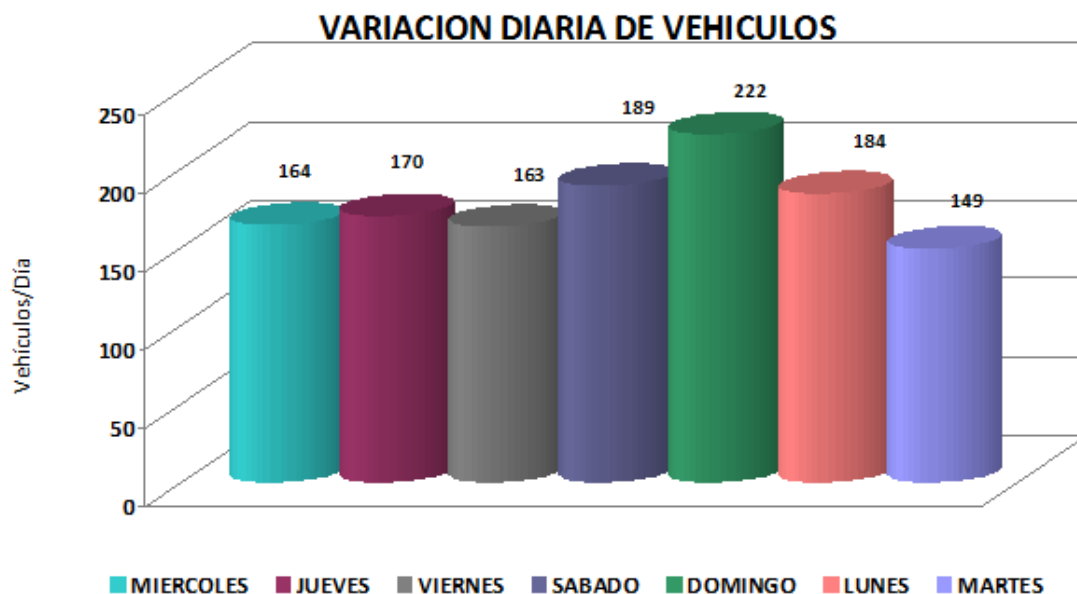
CUADRO N°2.4: Clasificación Vehicular Promedio.

PORCENTAJE VEHICULAR POR TIPO DE VEHICULOS



Fuente: Consorcio Carretera Longitudinal Cajamarca.

CUADRO N°2.5: Variación diaria de vehículos.



Fuente: Consorcio Carretera Longitudinal Cajamarca.

CUADRO N°2.6: Proyección del tráfico Tramo Cochabamba - Cutervo.

TRAFICO NORMAL	AÑO 2013	AÑO 2014	AÑO 2015	AÑO 2016	AÑO 2017	AÑO 2018	AÑO 2019	AÑO 2020	AÑO 2021	AÑO 2022	AÑO 2023	AÑO 2024	AÑO 2025	AÑO 2026	AÑO 2027	AÑO 2028	AÑO 2029	AÑO 2030	AÑO 2031	AÑO 2032	AÑO 2033
AUTO	19	20	21	23	24	25	27	29	30	32	34	36	38	41	43	46	48	51	54	57	61
STATION WAGON	39	41	44	46	49	52	55	59	62	66	70	74	78	83	88	93	99	105	111	118	125
CAMIONETA PICK UP	42	45	47	50	53	56	60	63	67	71	75	80	85	90	95	101	107	113	120	127	135
CAMIONETA PANEL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAM RURAL	52	55	58	62	66	70	74	78	83	88	93	99	105	111	118	125	132	140	148	157	167
MICRO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BUS	6	6	7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12	13	14	14	15	16	17	18	19
CAMION 2E	33	35	37	39	42	44	47	50	53	56	59	63	66	70	75	79	84	89	94	100	106
CAMION 3E	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12	13
CAMION 4E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SEMI TRAYLER	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	195	206	218	232	247	260	278	294	311	330	349	371	392	417	442	468	495	525	555	589	626
TRAFICO GENERADO=0.20																					
AUTO	4	4	4	5	5	5	5	6	6	6	7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12
STATION WAGON	8	8	9	9	10	10	11	12	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	24	25
CAMIONETA PICK UP	8	9	9	10	11	11	12	13	13	14	15	16	17	18	19	20	21	23	24	25	27
CAMIONETA PANEL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAM RURAL	10	11	12	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	24	25	26	28	30	31	33
MICRO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BUS	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	4	4
CAMION 2E	7	7	7	8	8	9	9	10	11	11	12	13	13	14	15	16	17	18	19	20	21
CAMION 3E	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3
CAMION 4E	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SEMI TRAYLER	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	39	41	44	46	49	52	56	59	62	66	70	74	78	83	88	94	99	105	111	118	125

TRAFICO NORMAL	AÑO 2013	AÑO 2014	AÑO 2015	AÑO 2016	AÑO 2017	AÑO 2018	AÑO 2019	AÑO 2020	AÑO 2021	AÑO 2022	AÑO 2023	AÑO 2024	AÑO 2025	AÑO 2026	AÑO 2027	AÑO 2028	AÑO 2029	AÑO 2030	AÑO 2031	AÑO 2032	AÑO 2033
TRAFICO TOTAL																					
AUTO	23	24	25	28	29	30	32	35	36	38	41	43	46	49	52	55	58	61	65	68	73
STATION WAGON	47	49	53	55	59	62	66	71	74	79	84	89	94	100	106	112	119	126	133	142	150
CAMIONETA PICK UP	50	54	56	60	64	67	72	76	80	85	90	96	102	108	114	121	128	136	144	152	162
CAMIONETA PANEL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAM RURAL	62	66	70	74	79	84	89	94	100	106	112	119	126	133	142	150	158	168	178	188	200
MICRO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BUS	7	7	8	8	10	10	11	11	12	12	13	13	14	16	17	17	18	19	20	22	23
CAMION 2E	40	42	44	47	50	53	56	60	64	67	71	76	79	84	90	95	101	107	113	120	127
CAMION 4E	5	5	5	6	6	6	7	7	7	8	8	10	10	11	11	12	12	13	13	14	16
SEMI TRAYLER	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ARTICULADO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	234	247	262	278	296	312	334	353	373	396	419	445	470	500	530	562	594	630	666	707	751

Fuente: Consorcio Carretera Longitudinal Cajamarca.

CUADRO N°2.7: Características geométricas de diseño, Tramo Cochabamba - Cutervo.

CARACTERÍSTICA	VD = 30 KPH
Ancho de Calzada	6.60 m
Ancho de Bermas	1.20 m c/lado
Bombeo	2.5 %
Radio mínimo	25 m
Sobreancho máximo	2.80 m
Peralte máximo	8%
Pendiente máxima	9%
Talud de relleno	1.5H:1V
Talud de corte	De acuerdo con el tipo de material
Cunetas triangulares revestidas	1.20 X 0.30 m

Fuente: Consorcio Carretera Longitudinal Cajamarca.

CUADRO N°2.8: Geotextiles- Requerimientos de Supervivencia.

Propiedad	Ensayo	Und.	Requerimiento Geotextil					
			Clase 1		Clase 2		Clase 3	
			E	E	E	E	E	E
			< 50%	> 50%	< 50%	> 50%	< 50%	> 50%
Resistencia Grab	ASTM D4632	N	1400	900	1100	700	800	500

Resistencia al razgado trapezoidal	ASTM D4533	N	500	350	400	250	300	180
Resistencia al punzonamiento	ASTM D4833	N	500	350	400	250	300	180
Resistencia “Burst”	ASTM D3786	Kpa	3500	1700	2700	1300	2100	950
Resistencia a la costura	ASTM D4632	N	1260	810	990	630	720	450

E=Elongación.

Fuente: Manual de carreteras DG-2014

CUADRO N°2.9: Geotextil Requerimientos de Supervivencia.

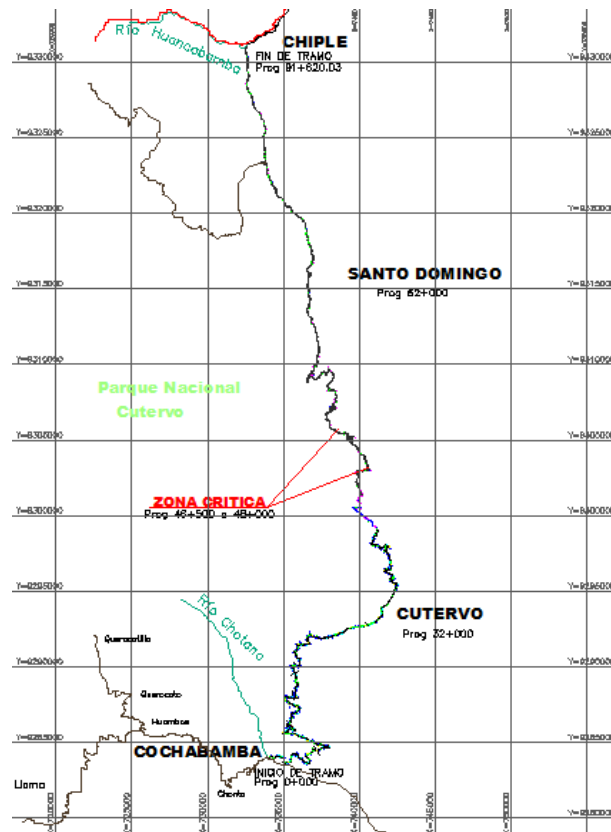
Propiedad	Metodo de Ensayo	Unidad	Valor
Resistencia a la tracción	ASTM D 4632	N	711
Elongación a la tracción	ASTM D 4632	%	>=50
Resistencia al punzonamiento	ASTM D 4833	N	400
Resistencia al reventado	ASTM D 3786	Kpa	2170

Desgarre Trapezoidal	ASTM D 4533	N	289
Aber Apar. De Poros (AOS)	ASTM D 4751	mm	0.30
Permisividad	ASTM D 4491	Seg-1	1.60
Estabilidad Rayos Ultravioleta	ASTM D 4355	%	>70@500hrs

Fuente: Manual de carreteras DG-2014

ANEXO N°03: FOTOGRAFÍA

IMÁGEN N°3.1: Tramo crítico de la carretera Cutervo – Chiple.



Fuente: Consorcio Carretera Longitudinal Cajamarca.

IMÁGEN N°3.2 Tramo del proyecto en estudio.



Fuente: Google Earth.

IMÁGEN N°3.3: Vista del tramo del proyecto.



Fuente: Propia.

IMÁGEN N°3.4: Vista del tramo y talud del proyecto.



Fuente: Propia.

IMÁGEN N°3.5: Vista superior del talud.



Fuente: Propia.

IMÁGEN N°3.6: Deterioro del pavimento por la constante caída de rocas.



Fuente: Propia.

IMÁGEN N°3.7: Desprendimiento de rocas en el tramo del proyecto.



Fuente: Propia.

IMÁGEN N°3.8: Desprendimiento de roca, volumen aproximado de 5.03 m3.



Fuente: Propia

IMÁGEN N°3.9: Levantamiento topográfico del tramo del proyecto.



Fuente: Propia.

IMÁGEN N°3.10: Levantamiento topográfico del tramo del proyecto, pavimento existente.



Fuente: Propia.

**ANEXO N°04: ESTUDIO DE
MECANICAS DE SUELOS Y ROCAS**

4. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS.

4.1 Introducción

Este presente informe se realizó a solicitud de la empresa CONSTRUCTORA MALAGA con el propósito de ver su estabilidad del talud, tipo de cimentación y su profundidad mínima, del proyecto diseño de un falso túnel, progresiva Km 46+300, carretera Cutervo –Santo domingo de la Capilla - Chiple, zona denominada la Variante- Distrito de Santo Domingo de la Capilla, Provincia de Cutervo - Región Cajamarca, 2018. Se programaron y ejecutaron investigaciones geotécnicas, las cuales fueron desarrolladas con labores de ejecución de exploraciones geotécnicas de campo como las siguientes: excavación de trincheras/calicatas (ASTMD-2488), ensayo de granulometría global (ASTM D-2488), ensayo de penetración dinámica ligera (DIN 4094), ensayo de densidad in situ-Método del cono de arena (ASTM D1556), ensayos de refracción sísmica(ASTM D5777), ensayos de medición de ondas de superficie en arreglo multicanal-MASW, Parámetros de deformación, Evaluación geomecánica de macizo rocoso.

También se realizaron ensayos de laboratorio como el ensayo de clasificación de suelos (ASTM D-2487), ensayo de carga puntual (ASTM D5731), determinación de las propiedades físicas (ASTM D2397 y ASTM D6473), ensayos químicos.

4.2 Objetivos

- Realizar el análisis de estabilidad del talud en suelos y rocas de la progresiva Km 46+300 – Km 46+350.
- Realizar el análisis de ingeniería para presentar una alternativa de solución con el fin de garantizar la estabilidad del talud.
- Realizar el tipo y profundidad de la cimentación del falso túnel.

4.3 Marco normativo

En el presente informe se han tenido en cuenta siguientes documentaciones:

- Reglamento Nacional de construcciones: Norma E.050 suelos y Cimentaciones.

- Especificaciones Técnicas generales para construcción de carreteras (EG-2013).
- Manual de ensayo de materiales para carreteras (EM-2000).
- International Building Code (IBC-2009).
- American Society for Testing and Materials (ASTM).
- America Association of State Highway and Transportation Officials (ASHTO).
- Normas Técnicas Peruanas.

Las tablas siguientes muestra la normatividad de ensayos realizados:

Cuadro N°4.1: Normatividad referida a las técnicas de investigación y ensayos de campo.

Técnicas de investigación y ensayos de campo	Norma
Caracterización de campo con fines de diseño de ingeniería construcción.	NTP 339.162(ASTM D 420)
Descripción visual- manual.	ASTM D 2488
Método de ensayo normalizado para la auscultación con Penetrómetro Dinámico Ligero de Punta Cónica (DLP).	NTE 339.159 (DIN4094)
Ensayo de densidad in Situ.	ASTM D 1556
Ensayo de Refracción Sísmica.	ASTM D 577

Fuente: Propia.

Cuadro N°4.2: Normatividad referida a los ensayos de laboratorio realizados.

Ensayos de Laboratorio	Normal
Análisis Granulométrico	ASTM D422
Contenido de Humedad	ASTM D2216
Limite Liquido y Limite Plástico	ASTM D 4318
Clasificación Unificada de Suelos (SUCS)	ASTM D 2487
Clasificación AASHTO	ASTM D 3282
Ensayo de Carga Puntual en Rocas.	ASMT D2435
Determinación de Propiedades Físicas de la Roca	ASTM D-2397 Y ASTM D6473

Fuente: Propia.

4.4 Marco geológico

4.4.1 Geomorfología Regional

La geomorfología regional desarrollada es el resultado de fenómenos geodinámicos, tectónica, erosión y transporte, etc, los cuales contribuyen a la configuración de su relieve. En base a criterios litológico, estratigráficos, morfológicos, geográficos se identificaron 3 unidades geomorfológicas principales mayores a nivel regional que se mencionan a continuación:

- Valles interandinos.
- Ladera de Valle Sub Andino.
- Valle de Relieve de Ceja de Selva.

4.4.2 Estratigrafía regional

La Estratigrafía regional se desarrolla desde el Mesozoico (Jurásico) hasta el cuaternario reciente (Holoceno), y recientemente se tiene unidades sedimentarias calcáreas a lo largo del proceso de formación. Los intrusivos se desarrollan desde el cretáceo superior hasta el terciario superior. En el siguiente cuadro se resume la estratigrafía a nivel regional donde se enmarca la zona del proyecto.

FIGURA N°4.1: estratigráfico de la región Cajamarca.

CUADRO ESTRATIGRAFICO DE LA REGION CAJAMARCA							
M.A.	ED.	ERA	SISTEMA	EPOCA	UNIDAD ESTRATIGRAFICA	SIMBOLOGIA	
0.0118		CUATERNARIO		Holoceno	Depósitos: edicos, fluviales, coluviales, aluviales	Qa / Qa / Qa / Qa	
				Pleistoceno	Depósitos: fuvio-glaciares, glaciares, lagunares	Qb / Qc / Qd	
1.8000				Plioceno	Formación Tamborapa	Qe	
5.3300					Formación Condebamba	Np-co	
				NEOGENO	Mioceno	Formación Cajabamba	Nm-co
						Formación Namballe	Nm-ba
						Formación Bellavista	Nm-ba
23.00						Volcánico Huambos	Nm-hu
						Volcánico Fortulita	Nm-fp
						Volcánico San Pablo	Nm-sp
33.9+4-0.1		PALEOGENO	Oligoceno	Formación El Milagro	Nm-el		
55.8+4.2				Eoceno	Grupo Volcánico Chilte	Nm-ch	
					Volcánico Urama	Nm-ur	
66.5+4.3				Paleoceno	Formación Calarum	Nm-cl	
				Volcánico Tumbadana	Nm-tu		
		MESOZOICO		Superior	Formación Chota	Nm-ch	
					Formación Celerdin	Nm-cl	
					Formación Cabanra	Nm-ca	
					Formación Quiquifan - Mujárun	Nm-qq	
					Grupo Puyllucana	Nm-pu	
					Formación Yumagual	Nm-yy	
					Formación Paratambo	Nm-pr	
					Formación Chulac	Nm-ch	
					Formación Inca	Nm-in	
					Grupo Goyariquisaga	Nm-gg	
			Formación Parat	Nm-pr			
			Formación Carhuaz	Nm-ca			
			Formación Santa	Nm-sa			
			Formación Chimú	Nm-ch			
145.5+4.4				Formación Tshajones	Nm-tj		
161.2+4.4				Formación Chicama	Nm-ch		
		JURASICO	Superior	Formación Condorsings	Nm-co		
				Formación Cytolum	Nm-cy		
			Grupo	Nm-gr			
189.8+4-0.6			Superior	Formación Aramachay	Nm-ar		
228+4-2			Superior	Formación Chimbora	Nm-ch		
		TRIASICO	Superior		Nm-tr		
259+4-9.8		PERMIANO	Cuzco	Grupo Mtu	Nm-mt		
359.2+4-2.5				Superior	Grupo Ambo	Nm-am	
489.3+4-1.1		ORDOVICICO	Superior	Grupo Salas	Nm-sa		
				Interior		Nm-or	
		PRECAMBRIANO		Complejo Omis	Nm-om		
				Complejo Marafon	Equisitos Micaicos	Nm-em	
				Equisitos Gnes	Nm-eg		

ROCAS INTRUSIVAS	
Nm-ic	Porfido Cuarifero
Nm-nd	Andesitas/Dacitas
Nm-d	Diorita
Nm-dg	Granodiorita
Nm-da	Dacita
Nm-pa	Andesita
Nm-dt	Diorita/Tonalita
Nm-gr	Granito Pallashaco
Nm-t	Tonalita, Diorita - Rumpite
Nm-g	Granodiorita
Nm-ta	Tonalita
Nm-d	Diorita
Nm-gd	Tonalita Granodiorita
Nm-gi	Granitoides indiferenciados
Nm-b	Granito de Bajas

Fuente: Gobierno Regional de Cajamarca.

Geología Local

Geomorfología local

La principal unidad morfológica menor por donde transcurre el trazo de ampliación de la vía actual del proyecto carretero son las unidades morfológicas menores de laderas de cerros o los flancos de los valles o quebradas, cubiertas generalmente de vegetación típica de la zona.

En el tramo sujeto a evaluación se identifican problemas de estabilidad que se manifiesta por presencia de material desprendido, deslizado, partículas gruesas y bloques de caídos, deslizamiento; los cuales se precedieron a evaluar.

El talud natural presenta pendientes mayores a 36° y el talud de corte de la vía actual inclinación mayor a 52° .

FIGURA N°4.2: Vista general del talud de corte del tramo evaluado.



Fuente: propia.

Lito estratigrafía local

El resultado de la evaluación geológica del área de estudio fue correlacionando con el boletín N°38, de la carta geológica Nacional Serie A, Geología del cuadrángulo de Cutervo (Hoja 13-f) y mapas geológicos realizados por el INGEMENT; y las investigaciones geológicos-geotécnicas desarrolladas durante el estudio.

El sector evaluado presente principalmente unidades sedimentarias del Mesozoico (Jurásico-Cretáceo) pertenecientes:

FIGURA N°4.3: Vista de muestras de rocas cuarcitas.



Fuente: propia.

Exploraciones geotécnicas

Excavación de trincheras/calicatas (ASTM D-2488)

La excavación de trincheras / calicatas constituye un medio eficaz para la exploración y obtención de muestras de suelo con fines de investigación geotecnia. Se realizaron para identificar el material y obtener muestras con los cual se determinará las propiedades mecánicas y químicas del suelo. El registro estratigráfico se realizó siguiendo las recomendaciones de la norma ASTM D-2488.

Se tomaron muestras representativas para la ejecución de los ensayos de laboratorio correspondientes, para lo cual muestra fue identificada convenientemente y embalada

en bolsas de polietileno que fueron remitidas tanto a los laboratorios de la Constructora Málaga en Cutervo, al laboratorio de geotecnia de Sotelo & Asociados ubicado en la ciudad de Lima.

FIGURA N°4.4: Excavación de trincheras, aprovechando el corte del talud para la exploración y obtención de muestras de suelo para las investigaciones geotécnicas.



Fuente: Laboratorio de geotecnia Sotelo & Asociados.

Cuadro N°4.3: Resumen de trincheras y calicatas.

Progresivas (Km)		Trinchera / Calicata	Muestra	Profundidad (m)	Ubicación	
Inicio	Final				Este	Norte
46+300	46+350	T/C-04	T-01	2.75	740164	9302825
			T-02	2.65	740138	9302927

Fuente: Laboratorio de geotecnia Sotelo & Asociados.

FIGURA N°4.5: Registro calicata.

235

CONSORCIO CARRETERA LONGITUDINAL CAJAMARCA

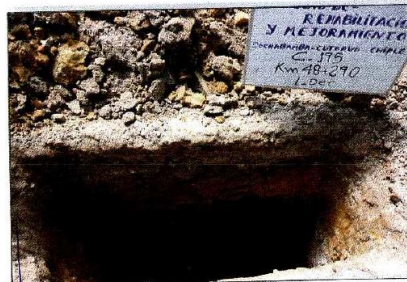
REGISTRO DE CALICATA

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO : ESTUDIO DE REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA COCHABAMBA - CUTERVO - CHIPLÉ
 TRAMO : COCHABAMBA - CUTERVO - CHIPLÉ
 REGION : CAJAMARCA
 PROGRESIVA : Km. 48+290
 PROFESIONAL : Ing. Alberto Rafael Díaz Ríos
 TECNICO : Alejandro M. Esquivés Vives
 FECHA : may-10

CALICATA : 195
 PROFUNDIDAD : 0.00-1.50 m
 LADO : Derecho
 DATOS DE REFERENCIACION
 ESTE : 0740260
 NORTE : 9303006
 ALTITUD : 2704 m

PROF. (m)	ESTRATO		SIMBOLO	CARACTERISTICAS FISICAS DE LA MUESTRA	CLASIFICACION		CONSTANTES FISICAS			HUMEDAD NATURAL %	% Malla Nº 200
	CAPA	ESPESOR (m)			AASHTO	SUCS	LL	LP	IP		
0.1	01	0.00 - 0.30		Grava arcillosa de mala graduación con arena, dura, de subredondeado a subanguloso, arena fina. Cerca del 11% finos de baja plasticidad, húmedo	A-1-b (0)	GP-GC	26	21	5	8.12	11.1
0.2											
0.3											
0.4	02	0.30 - 1.50		Grava limo arcillosa con arena, dura, de subredondeado a subanguloso, arena gruesa. Cerca del 19% finos de baja plasticidad, húmedo	A-2-4 (0)	GM-GC	25	16	7	8.21	16.9
0.5											
0.6											
0.7											
0.8											
0.9											
1.0											
1.1											
1.2											
1.3											
1.4											
1.5											



OBSERVACIONES :

JAIIME JORGE SAAVEDRA DE RIVERO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 34486

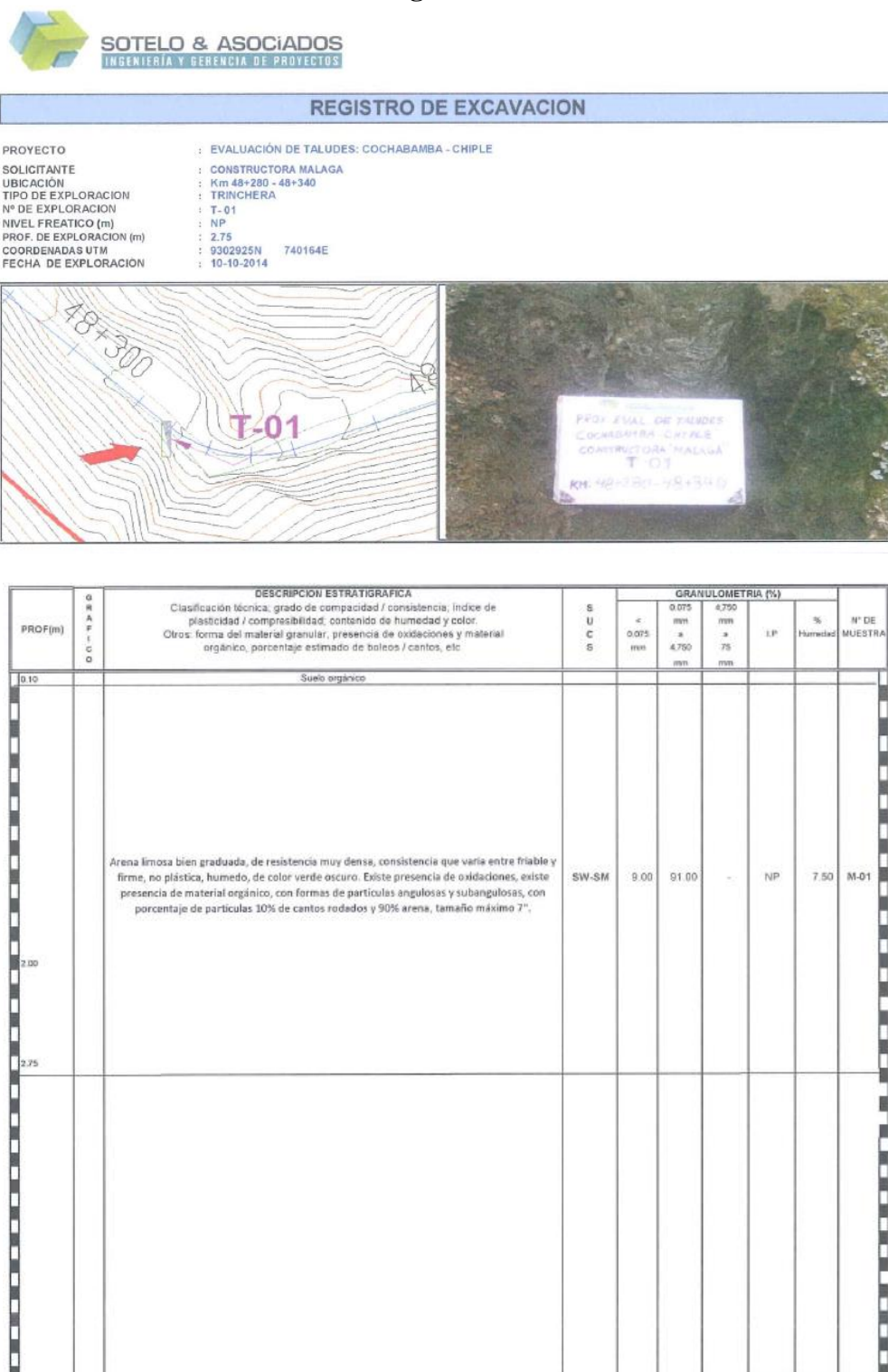
ALEJANDRO M. ESQUIVÉS VIVES
 TEC. DE SUELOS Y PAVIMENTO

OLGA KOUKOLEVA KOUKOLEVA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 15355

ALBERTO RAFAEL DÍAZ RÍOS
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 50977

Fuente: Consorcio Carretera Longitudinal Cajamarca.

FIGURA N°4.6: Registro T-01 de excavación.



OBSERVACIONES :


 HEBERT SOTELO AEDO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. C.I.P.: 57639

Fuente: Laboratorio de geotecnia Sotelo & Asociados.

FIGURA N°4.7: Registro T-02 de excavación.



SOTELO & ASOCIADOS
INGENIERIA Y GERENCIA DE PROYECTOS

REGISTRO DE EXCAVACION

PROYECTO : EVALUACIÓN DE TALUDES; COCHABAMBA - CHIPLE
 SOLICITANTE : CONSTRUCTORA MALAGA
 UBICACION : Km 48+280 - 48+340
 TIPO DE EXPLORACION : TRINCHERA
 N° DE EXPLORACION : T-02
 NIVEL FREATICO (m) : NP
 PROF. DE EXPLORACION (m) : 2.65
 COORDENADAS UTM : 9302947N 740138E
 FECHA DE EXPLORACION : 10-10-2014



PROF(m)	G R A F I C O	DESCRIPCION ESTRATIGRAFICA Clasificación létnica; grado de compacidad / consistencia; índice de plasticidad / compresibilidad; contenido de humedad y color. Otros: forma del material granular, presencia de oxidaciones y material orgánico, porcentaje estimado de boleos / cantos, etc	S U C S	GRANULOMETRIA (%)				N° DE MUESTRA	
				<	0.075 mm	4.750 mm	IP		% Humedad
0.75		Sueta cagarrón							
2.00		Grava limo arcillosa, de resistencia suelta, consistencia que varia entre friable y suelta, con índice de plasticidad que varia entre ligeramente plástica y medianamente plástica, con humedad que varia entre saturado y húmedo, de color marrón claro. Con formas de particulas angulosas y subangulosas, existe presencia de oxidaciones, no existe presencia de material orgánico, con porcentaje de particulas 10% de cantos rodados.	GC-GM	26.10	31.50	42.40	7.00	12.80	M-01
2.65									

OBSERVACIONES :

HÉBERT SOTELO AEDO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. C.I.P.: 57639

Fuente: Laboratorio de geotecnia Sotelo & Asociados.

FIGURA N°4.8: Ubicación trinchera T-01.



Fuente: Laboratorio de geotecnia Sotelo & Asociados.

FIGURA N°4.9: Ubicación trinchera T-02.



Fuente: Laboratorio de geotecnia Sotelo & Asociados.

4.1.1. Ensayo de penetración Dinámica Ligera (DIN 4094)

Con el objetivo de evaluar la resistencia del suelo en los sectores de análisis, se han ejecutado ensayos de penetración dinámica ligera (DLP). Se distribuye conveniente 4 ensayos en este tramo de evaluación para definir la potencia del material.

El ensayo DLP (DIN 4094), consiste en el hincado continuo en tramos de 10 cm de una punta cónica de 60° y varia de sondaje de 7/8" de diámetro utilizando la energía de un martillo de 10 Kg de peso, que cae libremente desde una altura de 50 cm. Este ensayo nos permite obtener un registro continuo de resistencia del terreno a la penetración, existiendo correlaciones para encontrar el valor "N" del ensayo de resistencia a la penetración estándar (ASTM-D1586). Asimismo, se obtiene, en forma indirecta, la consistencia del terreno.

FIGURA N°4.10: Ensayo de DLP.

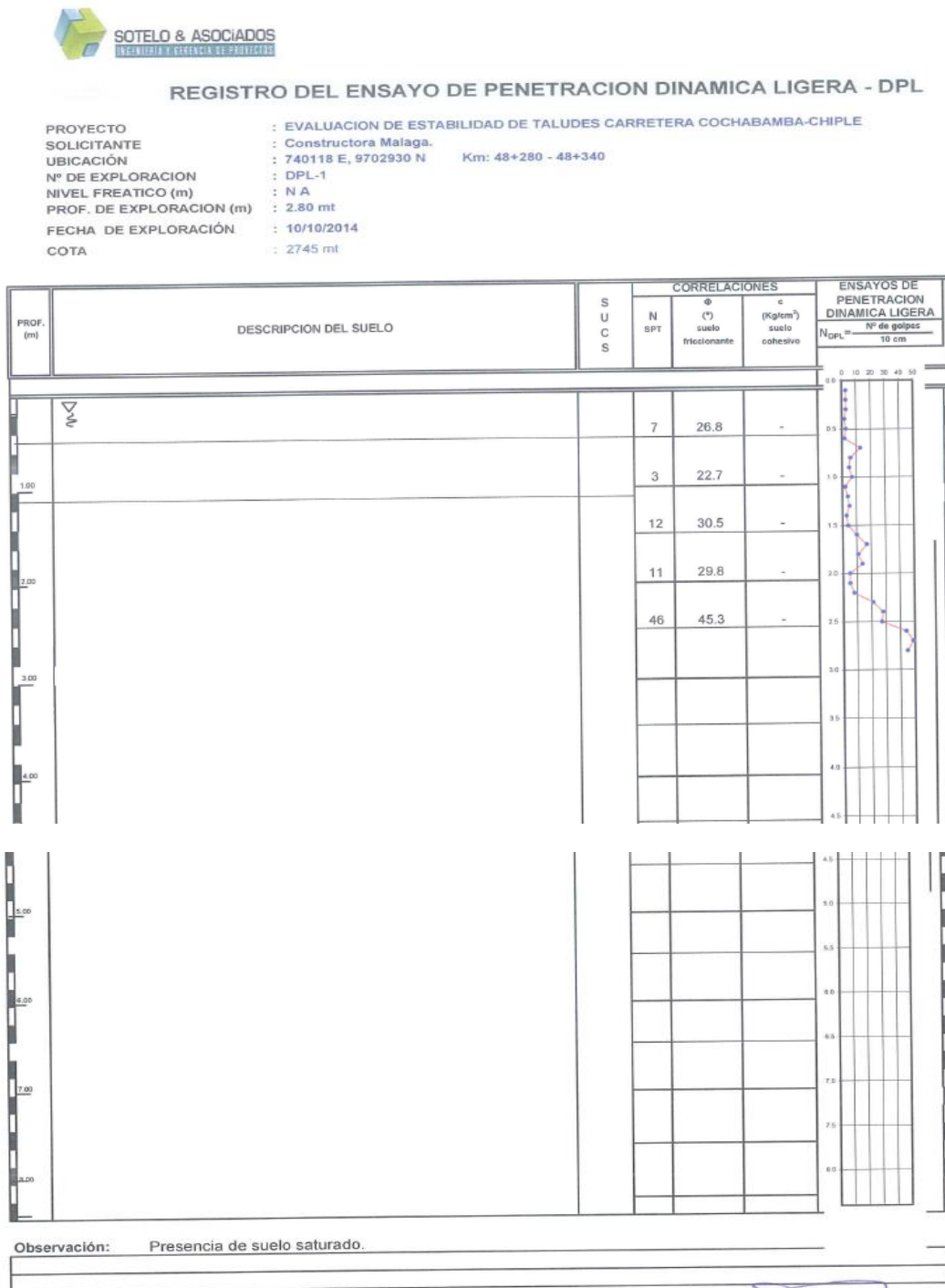
Fuente: Laboratorio de geotecnia Sotelo & Asociados.

Cuadro N°4.4: Resumen de los ensayos DLP realizados en Campo.

PROGRESIVAS		DLP	Profundidad (m)	Coordenadas	
Inicio	Final			Este	Norte
46+300	46+350	DPL1	2.8	740118	9702930
		DLP2	0.3	740151	9702933
		DLP3	0.3	740165	9702921
		DLP4	0.4	740164	9702936

Fuente: Laboratorio de geotecnia Sotelo & Asociados.

FIGURA N°4.11: Registro del ensayo de penetración dinámica ligera – DPL-1.



Fuente: Laboratorio de geotecnia Sotelo & Asociados.

FIGURA N°4.12: Registro del ensayo de penetración dinámica ligera – DPL-2.



REGISTRO DEL ENSAYO DE PENETRACION DINAMICA LIGERA - DPL

PROYECTO : EVALUACION DE ESTABILIDAD DE TALUDES CARRETERA COCHABAMBA-CHIPLE
 SOLICITANTE : Constructora Malaga.
 UBICACIÓN : 740151 E, 9702933 N Km: 48+280 - 48+340
 N° DE EXPLORACION : DPL-2
 NIVEL FREATICO (m) : N A
 PROF. DE EXPLORACION (m) : 0.30 mt
 FECHA DE EXPLORACIÓN : 10/10/2014
 COTA : 2710 mt

PROF. (m)	DESCRIPCION DEL SUELO	S U C S	CORRELACIONES			ENSAYOS DE PENETRACION DINAMICA LIGERA N _{DPL} = N° de golpes 10 cm
			N SPT	φ (°) suelo friccionante	c (Kg/cm ²) suelo cohesivo	
0.00						0 10 20 30 40 50
1.00						
2.00						
3.00						
4.00						
5.00						
6.00						
7.00						
8.00						

Observación:


 HEBERT SOTELO AEDO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. C.I.P.: 57639

Fuente: Laboratorio de geotecnia Sotelo & Asociados.

FIGURA N°4.13: Registro del ensayo de penetración dinámica ligera – DPL-3.



REGISTRO DEL ENSAYO DE PENETRACION DINAMICA LIGERA - DPL

PROYECTO : EVALUACION DE ESTABILIDAD DE TALUDES CARRETERA COCHABAMBA-CHIPLE
 SOLICITANTE : Constructora Malaga.
 UBICACIÓN : 740165 E, 9702921 N Km: 48+280 - 48+340
 N° DE EXPLORACION : DPL-3
 NIVEL FREATICO (m) : N A
 PROF. DE EXPLORACION (m) : 0.30 mt
 FECHA DE EXPLORACIÓN : 10/10/2014
 COTA : 2711 mt

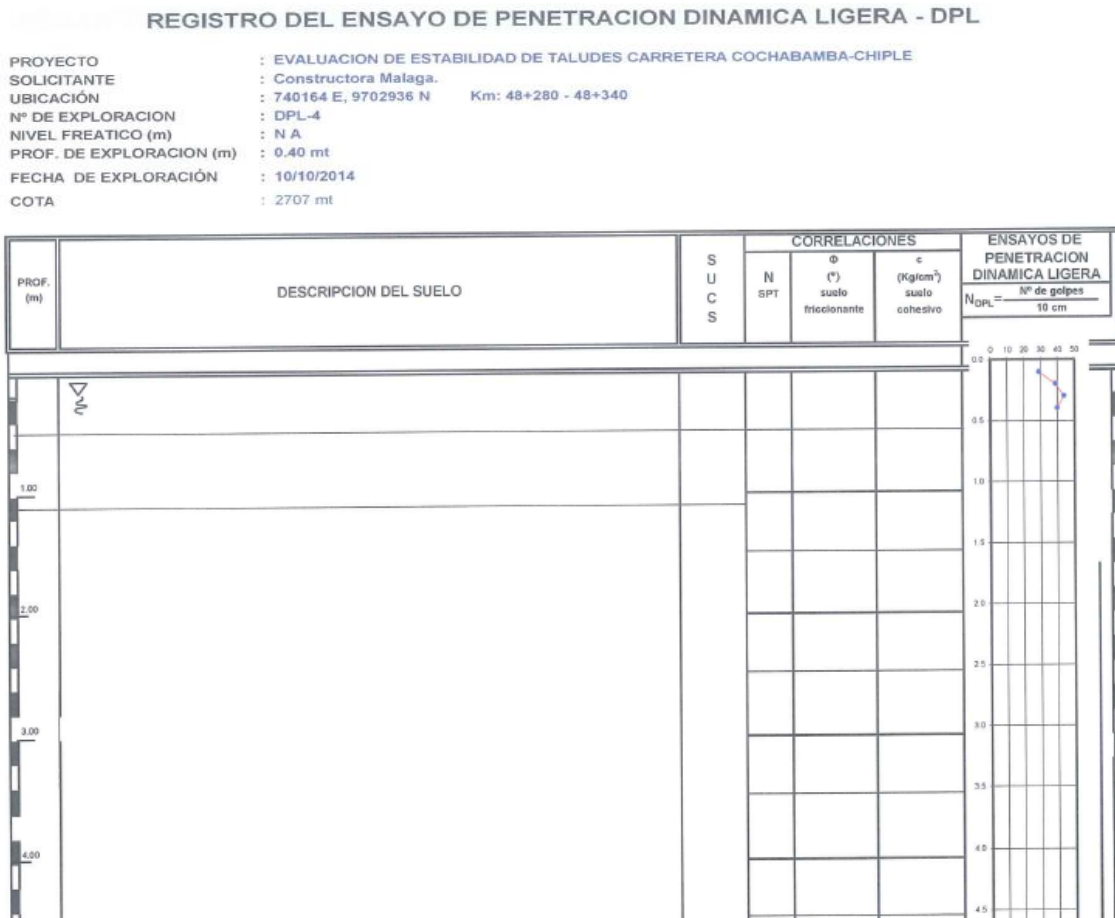
PROF. (m)	DESCRIPCION DEL SUELO	S U C S	CORRELACIONES			ENSAYOS DE PENETRACION DINAMICA LIGERA N _{DPL} = $\frac{IP \text{ de golpes}}{10 \text{ cm}}$
			N SPT	ϕ (°) suelo friccionante	c (Kg/cm ²) suelo cohesivo	
0.00						0 10 20 30 40 50
1.00						
2.00						
3.00						
4.00						
5.00						
6.00						
7.00						
8.00						

Observación:


 HEBERT SOTELO AEDO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. C.I.P.: 57639

Fuente: Laboratorio de geotecnia Sotelo & Asociados.

FIGURA N°4.14: Registro del ensayo de penetración dinámica ligera – DPL-4.





Hebert Sotelo
 HEBERT SOTELO AEDO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. C.I.P.: 57639

Fuente: Laboratorio de geotecnia Sotelo & Asociados.

FIGURA N°4.15: Vista de ensayo DPL-1 con profundidad alcanzada de 2.8 m.



Fuente: Laboratorio de geotecnia Sotelo & Asociados.

FIGURA N°4.16: Vista de ensayo DPL-1 con profundidad alcanzada de 0.30 m.



Fuente: Laboratorio de geotecnia Sotelo & Asociados.

FIGURA N°4.17: Vista de ensayo DPL-3 con profundidad alcanzada de 0.40 m.



Fuente: Laboratorio de geotecnia Sotelo & Asociados.

FIGURA N°4.18: Vista de ensayo DPL-4 con profundidad alcanzada de 0.40 m.



Fuente: Laboratorio de geotecnia Sotelo & Asociados.

4.1.2. Ensayo de Densidad in Situ-Método del cono de arena (ASTM D 1556)

El método cono de arena para densidad de campo sirve para determinar la densidad en estado natural de los suelos.

El procedimiento para llevar a cabo el ensayo de densidad en campo es descrito a continuación:

- a. Previamente, el fondo de excavación debe estar lo más nivelado posible, a continuación, se coloca el anillo de diámetro conocido.
- b. Se procede a excavar un orificio de forma cilíndrica hasta una forma profundidad tal que sea de igual diámetro inicial, el material extraído es acopiado de tal manera que no se mezcle con otro material, luego es pesado y registrado.
- c. Se procede a pesar el frasco más el cono con la arena seleccionada.
- d. Se abre la llave para vaciar la arena seleccionada al hoyo excavado, esta se realiza hasta llenar el cono de arena, luego se procede a pesar el frasco más cono y la arena que queda.

Los datos tomados en campos son procesados para obtener la densidad natural del terreno.

FIGURA N°4.19: Ensayo de densidad in situ el cual nos ayudara a determinar la consistencia del suelo en su estado natural.



Fuente: Laboratorio de geotecnia Sotelo & Asociados.

Cuadro N°4.5: Resumen de ensayos in situ.

Progresivas		Trinchera / Calicata	Muestra	Profundidad (m)	Densidad (g/cm ³)
Inicio	Final				
46+300	48+350	T/C-04	T-01	2.75	1.95
			T-02	2.65	1.90

Fuente: Laboratorio de geotecnia Sotelo & Asociados.

FIGURA N°4.20: Densidad In-Situ Método Cono De Arena.



DENSIDAD IN-SITU MÉTODO CONO DE ARENA
ASTM D1556 / NTP 339.143

PROYECTO: EVALUACION DE ESTABILIDAD DE TALUDES TRAMO: COCHABAMBA - CHIPILE SOLICITANTE: CONSTRUCTORA MALAGA

TRINCHERA/CALICATA		T-02	T-01	T-01	T-01	T-01
PROGRESIVA		Km 46+430 - 46+460	Km 48+280 - 48+340	Km 48+280 - 48+340	Km 49+560 - 49+580	Km 70+050
PROFUNDIDAD (m)		4.10	2.75	2.65	3.00	3.20
Peso del frasco + arena	g	7705	7999	0	0	0
Peso del frasco + arena que queda	g	2861	2438	0	0	0
Peso de arena empleada	g	4844	5561	0	0	0
Peso de arena en el cono	g	1858	1858	1858	1858	1858
Peso de arena en la excavación	g	2986	3703	-1858	-1858	-1858
Densidad de la arena	g/cm ³	1.380	1.380	1.380	1.380	1.380
Volumen del material extraído	cm ³	2164	2683	-1346	-1346	-1346
Peso del recipiente + suelo + grava	g	3726	5242	0	0	0
Peso del recipiente	g	0	0	0	0	0
Peso del suelo + grava	g	3726	5242	0	0	0
Peso retenido en la malla 3/4"	g	0	0	0	0	0
Peso específico de la grava	gr/cm ³	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700
Volumen de la grava	cm ³	0	0	0	0	0
Peso de finos	g	3726	5242	0	0	0
Volumen de finos	cm ³	2164	2683	-1346	-1346	-1346
Densidad Húmeda	gr/cm ³	1.722	1.954	0.000	0.000	0.000

CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso recipiente + suelo húmedo	g	930.50	380.10	1644.20	1047.30	1680.90
Peso recipiente + suelo seco	g	689.50	365.60	1474.70	900.20	1589.60
Peso de agua	g	241.0	14.5	169.5	147.1	91.3
Peso de recipiente	g	0.00	173.10	132.30	171.80	151.80
Peso de suelo seco	g	689.5	192.5	1342.4	728.4	1437.8
Contenido de humedad	%	34.95	7.53	12.63	20.19	6.35
RESULTADOS						
Densidad húmeda	gr/cm ³	1.722	1.954	0.000	0.000	0.000
Contenido de humedad	%	34.95	7.53	12.63	20.19	6.35
Densidad seca	gr/cm ³	1.276	1.817	0.000	0.000	0.000

Observaciones:

El presente ensayo no fué sometido a corrección por gravas bajo este método.

Realizado: PTÑ
Revisado: HSA


HEBERT SOTELO AEDO
INGENIERO CIVIL
Reg. C.I.P.: 57639

Fuente: Laboratorio de geotecnia Sotelo & Asociados.

FIGURA N°4.21: Ensayo de densidad realizado en T-01.



Fuente: Laboratorio de geotecnia Sotelo & Asociados.

FIGURA N°4.22: Ensayo de densidad realizado en T-02



Fuente: Laboratorio de geotecnia Sotelo & Asociados

4.1.3. Ensayo de refracción sísmica (ASTM D 5777)

El ensayo de refracción sísmica es un método indirecto, con el cual se determina perfiles sísmicos en función de las velocidades de onda compresionales tipo “P”, este ensayo persigue los siguientes objetivos:

- Determinar los perfiles sísmicos del suelo en función a sus características dinámicas.
- Determinar las características dinámicas de los estratos en función de las velocidades compresionales de las ondas P.
- Determinar los parámetros de deformación dinámica de los suelos con ayuda de los datos de la onda S obtenidos de los ensayos MASW.

4.1.3.1. Método de ensayo

El ensayo de refracción sísmica consiste en la medición de los tiempos de viaje de las ondas compresionales tipo P generadas por un golpe de impacto producido con una comba de 25 lb; los impactos fueron localizados a diferentes distancias a lo largo de un eje sobre la superficie del suelo.

La energía fue detectada y registrada de tal manera que puede determinarse el tiempo de arribo en cada punto.

El inicio de la grabación fue dado a partir de un dispositivo o SWITCH que nos da el tiempo cero para evaluar el tiempo de recorrido.

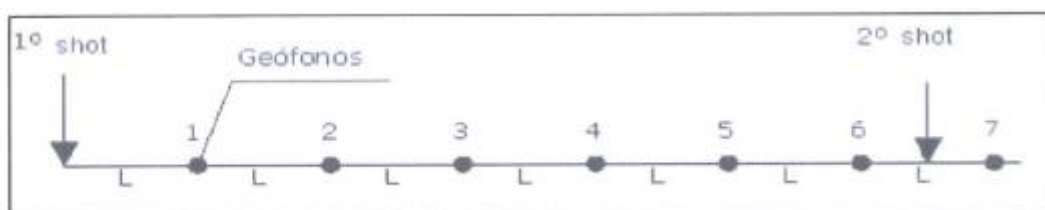
Estos datos, tiempo y distancia, para diferentes puntos de aplicación de la energía, nos permiten evaluar las velocidades de propagación de ondas P para los diferentes tipos de suelos, cuya estructura, geometría y continuidad son investigadas. Se utilizó el método de “Delete time” para el análisis de los resultados.

En el análisis, la reflexión y refracción de ondas P están basadas en la ley de Snell y a través del espesor y velocidad de propagación de las ondas P pueden ser correlacionadas las características geotécnicas como compacidad y densidad.

Para este estudio se utilizó la estación Portátil de prospección Sísmica Geode con 24 canales de registro, cables con espaciamiento de 2 m, geófonos magnéticos y una computadora para almacenar los registros.

Se consideraron 5 puntos de impacto distintos para iniciar el ensayo.

FIGURA N°4.23: Distribución de 1° y 2° golpe.



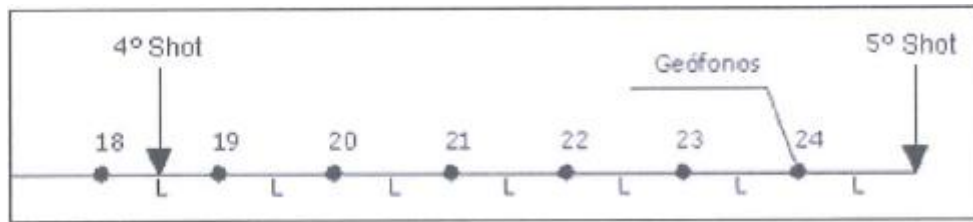
Fuente: Laboratorio de geotecnia Sotelo & Asociados.

FIGURA N°4.24: Distribución de 3°.



Fuente: Laboratorio de geotecnia Sotelo & Asociados.

FIGURA N°4.25: Distribución de 4° y 5°.



Fuente: Laboratorio de geotecnia Sotelo & Asociados.

La figura N°4.23, muestra la distribución del primero shot o golpe, el cual se ejecuta antes del 1er geófono y una distancia igual a la separación entre geófono, el segundo shot se realiza en el medio de 6to y 7mo geófono.

La figura N°4.24, muestra el tercer shot que se realiza entre 12vo y 13vo geófono.

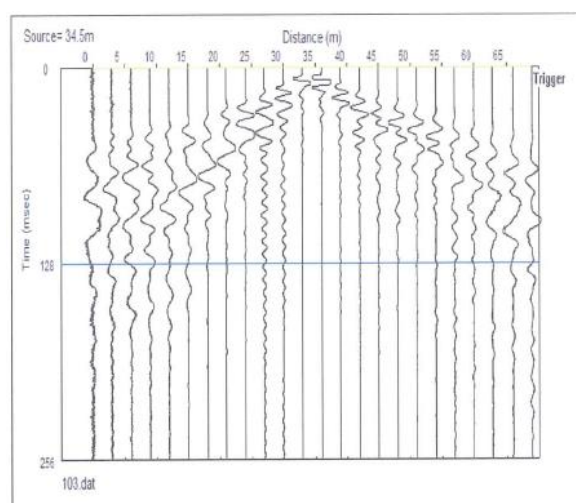
La figura N°4.25, muestra los últimos dos shots con una simetría de estos dos primeros; el cuarto shot se ubica entre el 18vo y 19vo geófono y el último se ubica después del 24vo geófono a una distancia igual a la separación entre geófonos.

4.1.3.2. Procesamiento

Para realizar la interpretación de los perfiles sísmicos se usó como ayuda el grupo de programas de refracción sísmica como son el Pickwin y PlotRefa.

El primer programa permite realizar las lecturas de los sismogramas y además de ello nos permite obtener la llegada, es decir el tiempo de llegada de la primera onda, esto se realiza para los 5 shots efectuados en el ensayo de campo.

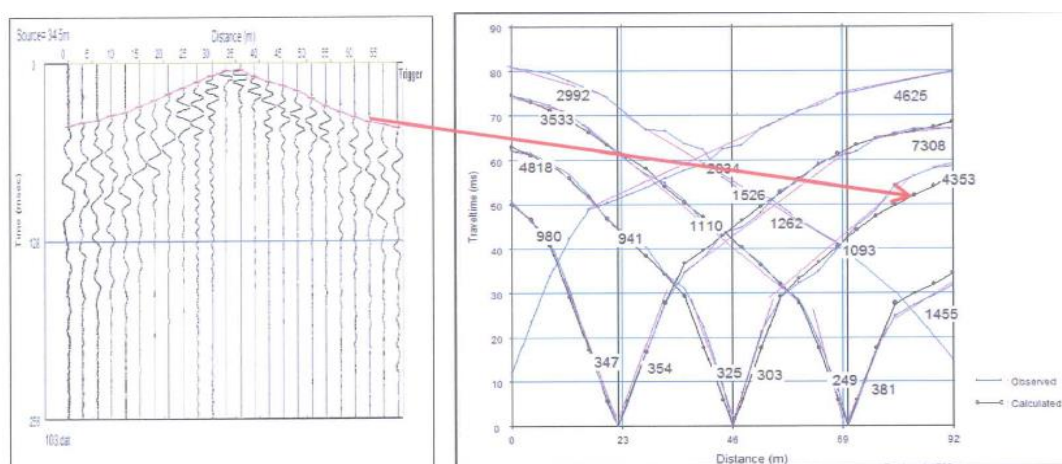
FIGURA N°4.26: Registros de ondas compresionales.



Fuente: Laboratorio de geotecnia Sotelo & Asociados.

El segundo programa produce un modelo de profundidad desde el archivo de datos de entrada preparado por el programa anterior, creando para ellos el gráfico de las dromocrónicas el cual ayuda a distinguir los diferentes cambios de pendientes que vendría a representar el cambio de velocidad en el suelo en estudio. Así mismo el programa PlotRefra calcula las velocidades de los estratos mediante técnicas de mínimos cuadrados, luego usa el método de tiempo de retardo par estimar las profundidades, el programa ajusta las profundidades de cada estrato por efecto de la superficie topográfica; este proceso se hace forma iterativa hasta encontrar el modelo que se ajuste a la geología superficial del terreno investigado.

FIGURA N°4.27: Ondas compresionales, distancia vs tiempo.



Fuente: Manuel Seisimager 2D. 2009.

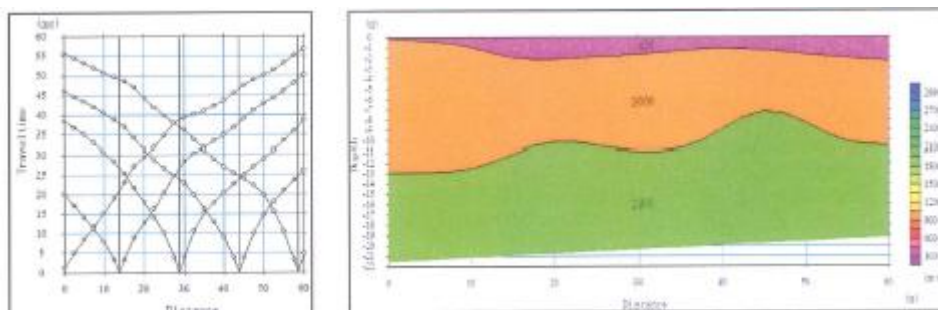
La figura N°4.27, muestra, a la izquierda el picado de la llegada de la onda de compresión, a la derecha los respectivos puntos que forma la domocrónica, la cual muestra los cambios de velocidades en el terreno de la zona de estudio.

Así mismo el programa “PlotRefa” se realiza un modelo inicial a partir de las capas ya seleccionadas; a partir de este modelo inicial se procede a realizar una inversión de datos mediante técnicas de mínimos cuadrados, con el fin de ajustar y obtener los valores verdaderos de velocidad de la onda P de cada capa o estrato.

Luego usa el método de tiempo de retardo para estimar las profundidades, el programa ajusta las profundidades de cada estrato por efecto de la superficie topográfica; este

proceso se hace en forma iterativa hasta encontrar el modelo que se ajuste a la geología superficial del terreno investigado.

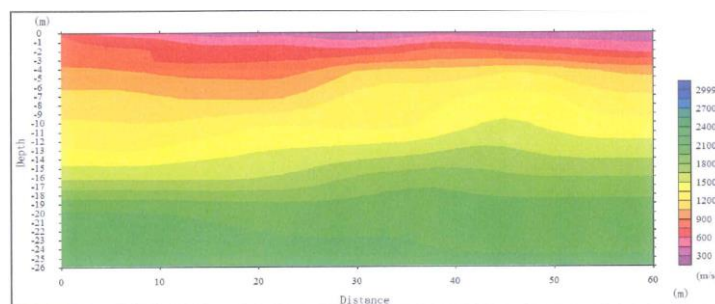
FIGURA N°4.28: Perfil del terreno según la domocrona.



Fuente: Manuel Seisimager 2D. 2009.

A través del perfil generado del terreno se puede obtener la tomografía mediante el proceso de inversión de ondas, este resultado nos ofrece valores de la velocidad P vs profundidad en rangos más discretizados, en el cual se observa el perfil del suelo de acuerdo con el relieve de los estratos.

FIGURA N°4.29: Perfil geosísmico del terreno según la velocidad de la onda P.



Fuente: Manuel Seisimager 2D. 2009.

4.1.3.3. Equipo utilizado

El equipo utilizado para realizar el ensayo de refracción sísmica posee un sistema de adquisición de datos, los cuales son almacenados y procesados por una computadora; este equipo tiene las siguientes características técnicas:

Cuadro N°4.6: Características del sismógrafo.

Características	Valor nominal
N° de canales	24
Resistencia de salida	>600Ω
Rango de frecuencia	10-400 Hz

Filtro de frecuencias	10,15,25,35,70,100,140,200,280,400 Hz
Ganancia	63X(36 db) 2%
Tiempo de registro	64,128,256,512,1024
Tiempo de retardo de registro	0-999ms
Tiempo de arranque	90% duración general.
Sistema de mando	Computadora IBM AT-80386sx
Tensión de alimentación	12 V
Potencia de consumo	48 W

Fuente: Especificaciones Técnicas del GEODE,2014.

Trabajo de campo

Para la interpretación del perfil de refracción se hace uso de cuadros con valores típicos de velocidad de compresión.

Cuadro N°4.7: Velocidad de la onda de compresión V_p . Según la Norma ASTM D 5777

Descripción	V_p (m/s)
SUELO INTEMPEIZADO	240-610
GRAVA SUELTA, ARENA SECA	460-915
GRAVA COMPACTA, ARENA SATURADA, ROCA ALTERADA	1220-1830
ARENISCA	1830-3960
ROCA METAMORFICA	3050-7000

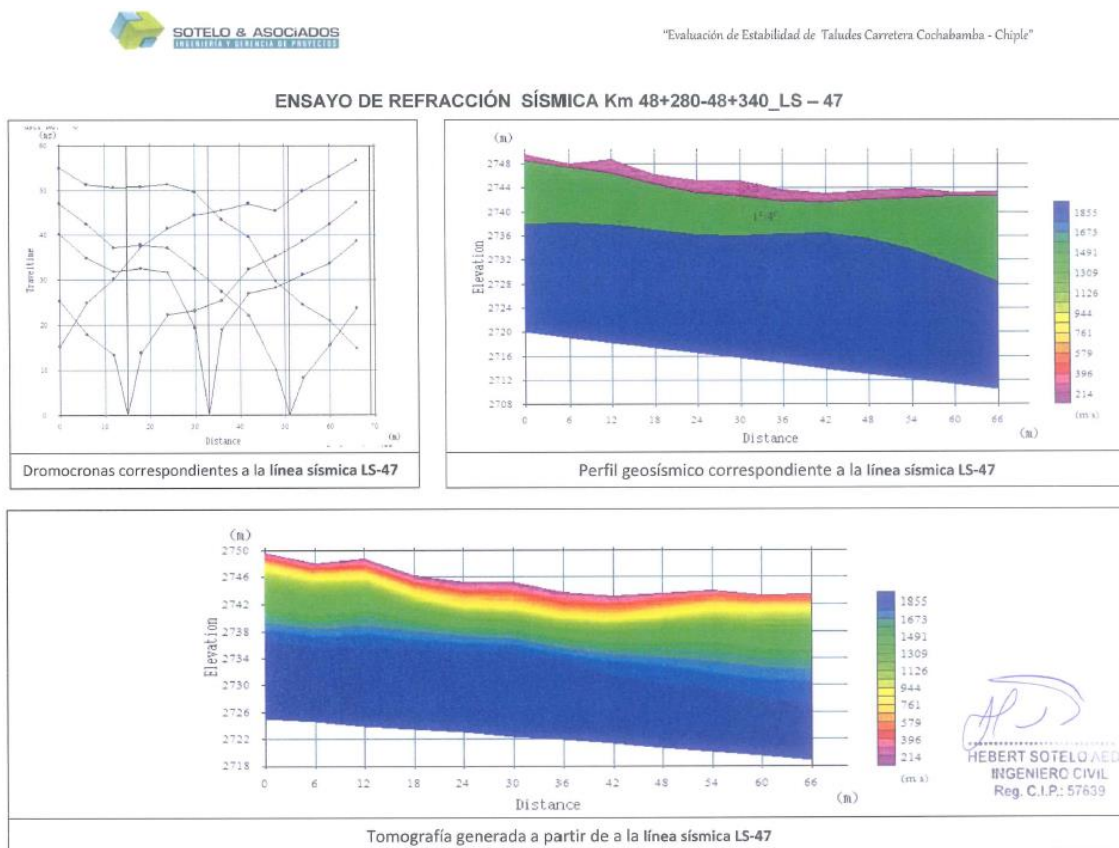
Fuente: Arce Helberg,1990.

Cuadro N°4.8: Resumen de ensayos de Refracción Sísmica.

N°	PROGESIVAS		LS	Longitud (m)	Coordenadas UTM (WGS84)			
	Inicial	Final			Inicio		Final	
					Este	Norte	Este	Norte
31	46+300	48+355	LS47	72	740113	9302929	740163	9302883

Fuente: Laboratorio de geotecnia Sotelo & Asociados.

FIGURA N°4.30: Ensayo de refracción sísmica.



Fuente: Laboratorio de geotecnia Sotelo & Asociados.

4.1.4. Perfiles geosísmico obtenidos

La evaluación de la refracción sísmica ha constituido en graficar línea de la superficie basándose en la topografía superficial, indicando los puntos de localización de geófonos y los puntos de impacto.

Para la línea sísmica se estableció un perfil estratigráfico con valores de propagación de ondas longitudes (Ondas P), basándose en las dromocrónicas que son graficas que relacionan tiempo de llegada con distancias.

Km 46+300 - 46+350

Línea 47. Se tiene desde superficie un material suelto a medianamente denso (roca fracturada), hasta una profundidad aproximada de 2.0m, con velocidad de 214m/s, subyaciendo se infiere roca blanda, hasta una profundidad aproximada de 14.0 m, con velocidad 1545 m/s, subyaciendo se infiere roca, con velocidad de 1856 m/s.

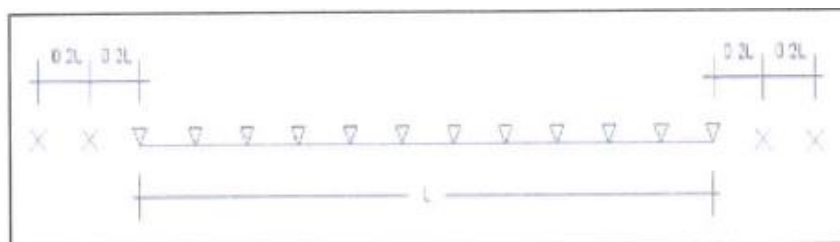
4.1.5. Ensayos de Medición de ondas de Superficie en Arreglo Multicanal-MASW.

Se realizaron ensayos de MASW en toda la zona de estudio, Los principales de la utilización de este método son los siguientes:

- Determinar los perfiles sísmicos del suelo en función a las velocidades de ondas de corte V_s .
- Determinar las características dinámicas de los estratos en función a las velocidades de las ondas de corte V_s .
- Determinar los parámetros de deformación dinámica de los suelos como es el módulo de corte (G), módulo dinámico (E).

El ensayo es similar al de refracción sísmica, consiste en la medición de los tiempos de viaje de las ondas de corte (V_s) generadas por un golpe de impacto producida por una comba. La diferencia principal radica que para este método se emplean geófonos de 4.5 Hz de frecuencia, además los puntos de shot se ubican a 0.2 y 0.4 L a los extremos de la línea, tal y como se muestran en la siguiente figura:

FIGURA N°4.31: Distribución de puntos de disparo del ensayo MASW.



Fuente: Laboratorio de geotecnia Sotelo & Asociados.

Cuadro N°4.9: Caracterización sísmica del suelo (Código interntaional IBC-2009).

Tipo de suelo	Clasificación del suelo	Propiedades Promedio en los primeros 30 metros (V_{s30})		
		Velocidad V_s (m/s)	Resistencia a la Penetración estándar, NSTP	Resistencia al corte no drenado S (spf)
A	Roca muy dura	$V_s > 1500$	N/A	N/A
B	Roca	$760 < V_s \leq 1500$	N/A	N/A
C	Suelo muy denso o raca blanda	$360 < V_s \leq 760$	NSPT > 50	$S_u \geq 2000$
D	Suelo Rígido	$180 \leq V_s \leq 360$	$15 \leq \text{NSPT} \leq 50$	$1000 \leq S_u \leq 2000$
E	Suelo blando	$V_s < 180$	NSTP < 15	$S_u < 1000$

Fuente: Interntaional Building Code-2009.

Cuadro N°4.10: Resumen de ensayos MASW (Profundidad de alcance es de 30.0m).

PROGRESIVAS		MASW	Tipo de onda	Coordenadas UTM (WGS84)		Periodo Fundamental Ts (s)	Vs 30(m/s)	IBC	Tipo de Suelo según IBC
Inicio	Final			Este	Norte				
46+300	46+350	MASW 47	S	740113	9302929	0.31	481	C	Roca o suelo muy rígido

Fuente: Laboratorio de geotecnia Sotelo & Asociados.

Progresiva: Km 46+300 – 46+350.

Cuadro N°4.11: Velocidades de onda de corte, calculadas a partir del ensayo MAS47.

D (m)	Vs (m/s)
1.07	248.00
2.31	220.75
3.71	221.75
5.28	312.50
7.01	394.25
8.90	371.50
10.96	419.50
13.19	518.25
15.58	674.50
18.13	834.25
20.85	916.25
23.79	893.75
26.79	850.75
30.00	840.00

Fuente: Laboratorio de geotecnia Sotelo & Asociados.

Se tiene desde la superficie un material suelto a medianamente denso (roca fracturada), hasta una profundidad aproximada de 5.3 m, con velocidades de corte Vs, que oscilan entre 220 y 312 m/s, subyaciendo se infiere una roca blanda, hasta una profundidad aproximada de 15.6m, con velocidad de corte Vs, que oscilan entre 372 y 674 m/s, subyaciendo se infiere roca, hasta una profundidad superior a 30.0 m, velocidades de corte Vs, que oscilan entre 834 y 960 m/s.

4.1.6. Parámetros de deformación

Las técnicas sísmicas permiten obtener la velocidad de propagación de las ondas sísmicas de las ondas sísmicas P (primarias) y de las ondas sísmicas S (secundarias). Con estos valores de velocidad de propagación de las ondas P y S (V_p y V_s) a través de terreno y los pesos volumétricos obtenidos se determina la relación de Poisson (ν), el Módulo de Elasticidad Dinámicos (E_d), el Módulo de Corte Dinámico (G_d), y el Módulo Volumétrico Dinámico (K_d) de los suelos o macizos o macizos rocosos.

- Coeficiente de Poisson:

$$\nu = \frac{\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 2}{12 * \left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 2}$$

- Módulo de Corte

$$G_d = \gamma \cdot (V_s)^2 \quad (\gamma = \text{densidad del terreno})$$

- Módulo de Young

$$E_d = 2 \cdot G_d(1 + \nu)$$

- Módulo Volumétrico

$$K_d = \frac{E_d}{3 \cdot (1 - 2\nu)}$$

En base a los resultados de la velocidad de ondas primarias V_p y ondas de corte V_s , obtenidos de los ensayos geofísico, se han obtenido los siguientes valores del módulo de elasticidad del suelo para cada estrato:

Progresiva: Km 46+300 – 46+350.

Cuadro N°4.12: Los parámetros estáticos, recomendados desde una profundidad de 1 a 30m, realizados en las líneas LS 47- MASW 47.

Profundidad (m)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	Densidad (Tn/m ³)	Relación de poisson μ	Módulo de Corte G_e (Kg/cm ²)	Módulo de Young E_e (Kg/cm ²)	Módulo volumétrico K_e (Kg/cm ²)
1	365	248	1.83	0.07	57.4	123.2	48.0
2	365	221	1.83	0.21	45.5	110.3	63.9

3	679	222	1.83	0.44	45.9	132.2	368.7
4	679	313	1.85	0.37	91.2	249.0	308.3
5	827	313	1.85	0.42	92.2	261.2	522.9
6	1358	394	1.89	0.35	148.3	401.3	455.0
8	1837	372	1.89	0.46	177.4	518.0	2133.6
10	1837	420	1.91	0.47	228.7	673.4	4080.6
12	1837	518	1.93	0.46	352.6	1027.4	3961.63
15	1920	675	1.94	0.43	600.4	1716.7	4064.7
20	1942	916	1.96	0.36	1119.4	3037.4	3534.1
25	1942	851	1.96	0.38	965.0	2666.0	3742.8
30	1943	840	1.95	0.39	936.0	2592.8	3758.3

Fuente: Laboratorio de geotecnia Sotelo & Asociados.

FIGURA N°4.32: Módulos de deformación.



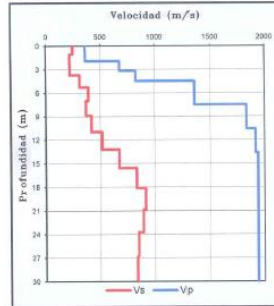
MÓDULOS DE DEFORMACIÓN

Vp 47 & Vs 47

Proyecto: EVALUACION DE ESTABILIDAD DE TALUDES CARRETERA COCHABAMBA – CHIPLÉ
 Progresiva: Km 48+280-48+340
 Ubicación: Cutervo-Cajamarca
 Coordenadas: 740139 E; 9302904 N
 Fecha: Noviembre_2014

Realizado: A.F.A.

Revisado: H.S.A.

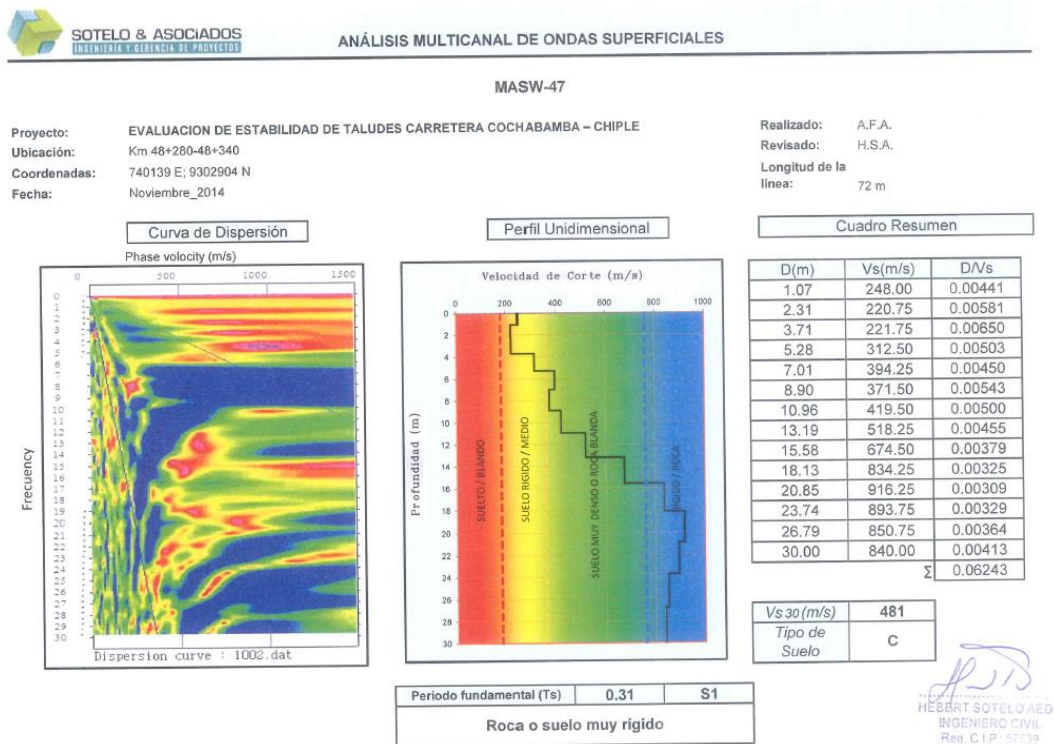


Profundidad (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Densidad (Tn/m ³)	Relacion de poisson μ	Modulo de Corte Gd (Kg/cm ²)	Modulo de Young Ed (Kg/cm ²)	Modulo Volumetrico Kd (Kg/cm ²)	Modulo de Corte Ge (Kg/cm ²)	Modulo de Young Ee (Kg/cm ²)	Modulo Volumetrico Ke (Kg/cm ²)
1	365	248	1.83	0.07	1148.5	2463.2	960.0	57.4	123.2	48.0
2	365	221	1.83	0.21	910.0	2206.3	1278.1	45.5	110.3	63.9
3	679	222	1.83	0.44	918.2	2644.9	7374.1	45.9	132.2	368.7
4	679	313	1.83	0.37	1823.6	4979.9	6167.0	91.2	249.0	308.3
5	827	313	1.85	0.42	1843.5	5223.6	10457.4	92.2	261.2	522.9
6	827	394	1.87	0.35	2965.9	8025.9	9100.4	148.3	401.3	455.0
8	1358	372	1.89	0.46	2661.7	7769.6	32004.2	177.4	518.0	2133.6
10	1837	420	1.91	0.47	3429.8	10100.8	61209.5	228.7	673.4	4080.6
12	1837	518	1.93	0.46	5289.4	15411.0	59418.8	352.6	1027.4	3961.3
15	1920	675	1.94	0.43	9006.2	25750.6	60971.1	600.4	1716.7	4064.7
20	1942	916	1.96	0.36	16790.3	45560.7	53010.9	1119.4	3037.4	3534.1
25	1942	851	1.96	0.38	14475.5	39989.6	56142.5	965.0	2666.0	3742.8
30	1943	840	1.95	0.39	14040.0	38891.4	56374.8	936.0	2592.8	3758.3


 HEBERT SOTELLO AEDO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. C.I.P.: 57639

Fuente: Laboratorio de geotecnia Sotelo & Asociados.

FIGURA N°4.33: MASW-47 .



Fuente: Laboratorio de geotecnia Sotelo & Asociados.

FIGURA N°4.34: Equipo Geode de Refraccin Sísmica,MASW,MAM.



Fuente: Laboratorio de geotecnia Sotelo & Asociados.

FIGURA N°4.35: LS/MASW-47.

Fuente: Laboratorio de geotecnia Sotelo & Asociados.

4.1.7. Evaluación geomecánica del Macizo Rocoso.

El comportamiento y el aspecto de un macizo rocoso está directamente relacionado con el número de familias de discontinuidades existentes y su distribución espacial por lo que fue necesario realizar, esta evaluación.

La evaluación se realizó en el aforamiento rocoso en superficie, este mapeo geológico estructural de las discontinuidades, consiste básicamente en la medición detallada de la orientación de los planos (juntas, estratificaciones y fallas) que cortan el macizo rocoso, También se evalúa la alteración / meteorización, estructura, rugosidad, persistencia, espaciamiento de las discontinuidades, para ser incorporadas en la clasificación del macizo rocoso y en la determinación de las familias principales de discontinuidades.

El grado de fracturamiento y distribución de discontinuidades que afectan a la masa rocosa, un macizo rocoso puede abarcar a una masa sólida, continua, o bien llegar al extremo de tener tantas fisuras que en conjunto se comportará como si estuviera compuesto de partículas íntimamente embonadas, sin resistencia alguna de resistencia de no-confinadas. Los planos de discontinuidades ofrecerán diferentes grados de resistencia según estén cerradas, según la rugosidad que tengan, si estando abiertas posean material de relleno o no, y del tipo de material de relleno.

Para evaluar las características y el comportamiento de macizo rocoso, se realizó la estación del tramo evaluado. En el siguiente cuadro se presenta la ubicación de la estación geomecánica realizada en campo.

Cuadro N°4.13: Resumen de las Estación Geomecánica.

Progresivas		Progresiva evaluada	Estación Geomecánica	Coordenadas UTM (WGS84)		Profundidad (m)	Tipo de roca
46+300	46+350	46+300	EG-44	740076	9303004	Superficial	Cuarcita
		48+350	EG-45	740109	9302969	Superficial	Cuarcita

Fuente: Laboratorio de geotecnia Sotelo & Asociados.

Cuadro N°4.14: Resumen de la Valoración del Macizo Rocos.

Progresivas		Progresiva evaluada	Estación Geomecánica	Tipo de roca	Clase	Calidad	RMR	
							Básico	Ajustado
46+300	46+350	46+300	EG-44	Cuarcita	CLASE III	Regular	46	21
		46+350	EG-45	Cuarcita	CLASE III	Regular	39	14

Fuente: Laboratorio de geotecnia Sotelo & Asociados.

FIGURA N°4.36: Valoración del macizo rocoso -Clasificación geomecánica de Bieniawski-RMR.



SOTEL & ASOCIADOS
INGENIERÍA Y ASISTENCIA DE PROYECTOS

DEPARTAMENTO. GEOLOGÍA-GEOTÉCNIA

Versión 1.1

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO CLASIFICACION GEOMECANICA DE BIENIAWSKI - RMR

PROYECTO :	EVALUACION DE ESTABILIDAD DE TALUDES CARRETERA: COCHABAMBA - CHIPLE	FECHA : 24.09.2014
SOLICITANTE :	CONSTRUCTORA MALAGA	
ANALISIS :	RMR	REALIZA M.R.L.
ESTACION :	EG-44	REVISAC H.S.A.
PROGRESIVA :	Km 48+210-48+280	
COORDENADAS :	9303004 N 740076 E	

DETERMINACION DEL VALOR DE RMR (ROCK MASS RATING)

1.- RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA (Ensayo de Carga Puntual)							86.9 Mpa
Rango de valores	> 250	100 - 250	50 - 100	25 - 50	5 - 25	1 - 5	< 1
Puntaje	15	12	7	4	2	1	0
Valoración :							6

2.- VALOR DE RQD (Rock Quality Index)							21 %
Rango de valores	90 - 100	75 - 90	50 - 75	25 - 50			< 25
Puntaje	20	17	13	8			3
Valoración :							3

3.- ESPACIADO DE LAS DISCONTINUIDADES							0.13 m
Rango de valores	> 2	0.6 - 2	0.2 - 0.6	0.06 - 0.2			< 0.06
Puntaje	20	15	10	8			5
Valoración :							7

4.- CONDICION DE LAS DISCONTINUIDADES							
Persistencia de las discontinuidades							7 m
Rango de valores	< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20			> 20
Puntaje	6	4	2	1			0
Valoración :							1
Separación (apertura)							24 mm
Rango de valores	Ninguno	< 0.1	0.1 - 1.0	1 - 5			> 5
Puntaje	6	5	4	1			0
Valoración :							0
Rugosidad							SR
Condición	Indic rugosa V/P	Rugosa R	Ligeramente rugosa SR	Lisa L			Superficie pulida SK
Puntaje	6	5	3	1			0
Valoración :							3
Relleno							0 mm
Rango de valores	Ninguno	Duro < 5	Duro > 5	Blando < 5			Blando > 5
Puntaje	6	4	2	2			0
Marque con X el tipo de relleno : Blando : <input checked="" type="checkbox"/> Duro : <input type="checkbox"/>							Valoración : 6
Meteorización							SW
Condición	No intemperizada I/M	Ligeramente intemperizada	Moderadamente intemperizada	Altamente intemperizada			Completamente intemperizada
Puntaje	6	5	3	1			0
Valoración :							5

5.- CONDICIONES GENERALES DEL AGUA SUBTERRANEA						CD
Condición	Compartimento seco	Humeda	Mojada	Única	Fija	
	CD	RM	MT	DE	EW	
Puntaje	15	10	7	4	0	
Valoración :						15

6.- AJUSTE POR ORIENTACION DE LAS DISCONTINUIDADES						FR
Orientaciones del rumbo y buzamiento	VF	Favorable EV	Regular EB	Desfavorable UE	Muy desfavorable VU	
Túneles y minas (T)	0	-2	-5	-10	-12	
Puntaje según el tipo de trabajo						
Cimentaciones (C)	0	-2	-7	-15	-25	
Taludes (S)	0	-5	-25	-50	-60	
Indique el tipo de trabajo						S
Valoración :						-25

VALOR DE RMR	
RMR Básico	: 46
RMR Ajustado	: 21
RMR89 (condiciones secas y muy favorables)	: 46
Cohesión (c)	: 230 KPa
Angulo de fricción interna (°)	: 28°


 HEBERT SOTELO AEDO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. C.I.P.: 57639

Fuente: Laboratorio de geotecnia Sotelo & Asociados.

FIGURA N°4.37: Estabilidad de taludes rocosos-Metodología del SMR EG - 44.

SOTELO & ASOCIADOS		DEPARTAMENTO. GEOLOGÍA-GEOTÉCNIA	
INGENIERÍA Y ESTUDIOS DE PROYECTOS			
Versión 1.1		ESTABILIDAD DE TALUDES ROCOSOS METODOLOGIA DEL SMR	
PROYECTO :	EVALUACION DE ESTABILIDAD DE TALUDES CARRETERA: COCHABAMBA - CHIPLA	FECHA : 24.09.2014	
SOLICITANTE :	CONSTRUCTORA MALAGA	REALIZA M.R.L.	
ANALISIS :	SMR	REVISAC H.S.A.	
ESTACIÓN :	EG-44		
PROGRESIVA :	Km 48+210-48+280		
COORDENADAS :	9303004 N 740076 E		

DETERMINACION DEL VALOR DE SMR (SLOPE MASS RATING)

$$SMR = RMR_{89} + F_1 \cdot F_2 \cdot F_3 + F_4$$

1.- DATOS DE LA DISCONTINUIDAD	
Dirección de buzamiento (a _j) :	354 Buzamiento (b _j) : 83

2.- DATOS DEL TALUD	
Dirección de buzamiento (a _s) :	13 Buzamiento (b _s) : 57

3.- TIPO DE FALLA PREDOMINANTE - Planar (P) - Volteo (V)	
P	

3.- TIPO DE FALLA PREDOMINANTE - Planar (P) - Volteo (V)	
P	

4.- FACTORES POR AJUSTE DE JUNTAS						
Determinación de factor de ajuste F1						
Caso	Muy favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy desfavorable	
Planar	as - aj	> 30	30 - 20	20 - 10	10 - 5	< 5
Volteo	as - aj - 180					
Valores de F1						0.15
Valor de F1 :						0.15
Determinación de factor de ajuste F2						
Caso	Muy favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy desfavorable	
Planar	b _j	< 20	20 - 30	30 - 35	35 - 45	> 45
Valores de F2						1.00
Valor de F2 :						1.00
Nota: Para el caso de falla por volteo considerar F2 = 1						
Determinación de factor de ajuste F3						
Caso	Muy favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy desfavorable	
Planar	b _j - b _s	> 10	10 - 0	0	0 - (-10)	< -10
Volteo	b _j + b _s	< 110	110 - 120	> 120		
Valores de F3						0
Valor de F3 :						0


5.- FACTOR DE AJUSTE SEGÚN EL METODO DE EXCAVACION					
<i>Determinación de factor de ajuste F4</i>					<i>PS</i>
<i>Método</i>	<i>Factor natural</i> NS	<i>F4-F. Corte</i> PS	<i>variación corroborada</i> SB	<i>variación regular</i> RS	<i>variación definitiva</i> DS
<i>Valores de F4</i>	15	10	8	0	-8
<i>Valor de F4 :</i>					10

VALOR DE SMR		
SMR	:	56
<i>Descripción</i>	:	<i>Regular</i>
<i>Estabilidad</i>	:	<i>Parcialmente estable</i>
<i>Roturas</i>	:	<i>Algunas juntas o muchas cuñas</i>
<i>Tratamiento</i>	:	<i>Sistemático</i>


 HEBERT SOTELO AEDO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. C.I.P.: 57639

Fuente: Laboratorio de geotecnia Sotelo & Asociados.

FIGURA N°4.38: Estabilidad de taludes rocosos-Metodología del SMR EG - 45.


SOTELO & ASOCIADOS
 INGENIERÍA Y GERENCIA DE PROYECTOS

DEPARTAMENTO. GEOLOGÍA-GEOTÉCNIA

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO
CLASIFICACION GEOMECANICA DE BIENIAWSKI - RMR

PROYECTO : EVALUACION DE ESTABILIDAD DE TALUDES CARRETERA: COCHABAMBA - CHIPLE FECHA : 24.09.2014
 SOLICITANTE : CONSTRUCTORA MALAGA
 ANALISIS : RMR REALIZA M.R.L.
 ESTACION : EG-45 REVISACH.S.A.
 PROGRESIVA : Km 48+210-48+280
 COORDENADAS : 9302969 N 740109 E

DETERMINACION DEL VALOR DE RMR (ROCK MASS RATING)

1.- RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA (Ensayo de Carga Puntual)							58.0 Mpa
Rango de valores	> 250	100 - 250	50 - 100	25 - 50	5 - 25	1 - 5	< 1
Puntaje	15	12	7	4	2	1	0
Valoración :							4

2.- VALOR DE RQD (Rock Quality Index)						21 %
Rango de valores	90 - 100	75 - 90	50 - 75	25 - 50	< 25	
Puntaje	20	17	13	8	3	
Valoración :						3

3.- ESPACIADO DE LAS DISCONTINUIDADES						0.15 m
Rango de valores	> 2	0.6 - 2	0.2 - 0.6	0.06 - 0.2	< 0.06	
Puntaje	20	15	10	8	5	
Valoración :						7

4.- CONDICION DE LAS DISCONTINUIDADES					
Persistencia de las discontinuidades					15 m
Rango de valores	< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20	> 20
Puntaje	6	4	2	1	0
Valoración :					1
Separación (apertura)					20 mm
Rango de valores	Ninguno	< 0.1	0.1 - 1.0	1 - 5	> 5
Puntaje	6	5	4	3	0
Valoración :					0
Rugosidad					SR
Condición	muy rugosa VB	Rugosa B	Ligeramente rugosa SB	Lisa F	Superficie pulida SK
Puntaje	6	5	3	1	0
Valoración :					3
Relleno					0 mm
Rango de valores	Ninguno	Duro < 5	Duro > 5	Blando < 5	Blando > 5
Puntaje	6	4	2	2	0
Marque con X el tipo de relleno : Blando : <input checked="" type="checkbox"/> Duro : <input type="checkbox"/>					Valoración :
6					
Meteorización					SW
Condición	no intemperada LIM	Ligeramente intemperada S	moderadamente intemperada SB	Parcialmente intemperada F	Completamente intemperada SK
Puntaje	6	5	3	1	0
Valoración :					5

5.- CONDICIONES GENERALES DEL AGUA SUBTERRANEA						DM
Condición	Completamente seca FD	humida DM	mojada WT	lobada DP	flujos FW	
Puntaje	15	10	7	4	0	
Valoración :						10

6.- AJUSTE POR ORIENTACION DE LAS DISCONTINUIDADES						FR
Orientaciones del rumbo y buzamiento		VF	Favorable FV	Regular RG	Desfavorable DF	Muy desfavorable MD
Puntaje según el tipo de trabajo	Túneles y minas (T)	0	-2	-5	-10	-12
	Cimentaciones (C)	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes (S)	0	-5	-25	-50	-60
Indique el tipo de trabajo		S				Valoración :
-25						

VALOR DE RMR	
RMR Básico	: 39
RMR Ajustado	: 14
RMR89 (condiciones secas y muy favorables)	: 44
Cohesión (c)	: 195 KPa
Angulo de fricción interna (°)	: 25°


 HEBERT SOTELO AEDO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. C.I.P.: 57539

Fuente: Laboratorio de geotecnia Sotelo & Asociados.

Ensayos de laboratorio.

Los ensayos de laboratorio fueron realizados siguiendo los procedimientos recomendados según las versiones actualizadas de los métodos de ensayo de la sociedad Norteamericana de Ensayos y Materiales (ASTM), los reportes de los ensayos de laboratorio se presentan en el Anexo B.

Ensayos de clasificación de suelos (ASTM D-2487)

Con muestras extraídas en los diferentes sondajes y estaciones geomecánicas de campo, se realizaron ensayos estándar de clasificación de suelos y rocas.

Los ensayos que se ejecutaron siguiendo las normas de la American Society For Testing and Materials (ASTM). Las normas para estos ensayos son las siguientes:

- Análisis granulométrico por tamizado ASTM D-422
- Contenido de humedad ASTM D-2216
- Límites de Atterberg ASTM D-4318

Con los ensayos anteriores se procedió a la clasificación de los suelos empleando el sistema de clasificación unificada SUCS (ASTM D-2487).

Cuadro N°4.15: Resultados de los ensayos estándar.

Progresivas		Ensayo	T/C	Muestra	Profundidad (m)	Granulometría			Límites		C H (%)	γ Nat. (gr/cm ³)	Clasificación	
Inicio	Final					Finos	Arena	Grava	LL	IP			SUCS	AASHTO
48+280	48+350	T/C-04	T-01	M-01	0.1-2.75	0	91	9	-	NP	7.5	1.95	SW-SM	A-1-b
			T-02	M-02	0.05-2.65	42.4	31.5	261	26	7	12.6	-	GC-GM	A-2-4

Fuente: Laboratorio de geotecnia Sotelo & Asociados.

FIGURA N°4.39: Ensayos estándar de clasificación T- 01.



SOTELLO & ASOCIADOS
INGENIERÍA Y GERENCIA DE PROYECTOS

LABORATORIO GEOTECNICO Y DE CONCRETO

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN

COD. PROY. : 14041
PROYECTO : EVALUACION DE ESTABILIDAD DE TALUDES CARRETERA COCHABAMBA-CHIPLE

F. de Ejecución: 30/10/2014

SOLICITANTE : CONSTRUCTORA MALAGA
UBICACIÓN : Km 48+280 - 48+340
SONDAJE : T-01
MUESTRA : M-01
PROFUNDIDAD : 2.75

Realizado : Adrian
Revisado : H Sotelo

Granulometria por Tamizado; ASTM D422		
Malla		% que pasa
Tamiz	Abertura (mm)	
3"	76.200	100.0
2"	50.800	100.0
1 1/2"	38.100	100.0
1"	25.400	100.0
3/4"	19.100	100.0
3/8"	9.520	100.0
Nº 4	4.760	100.0
Nº 10	2.000	82.2
Nº 20	0.840	50.9
Nº 40	0.425	30.7
Nº 60	0.250	21.1
Nº 140	0.106	10.6
Nº 200	0.075	9.0

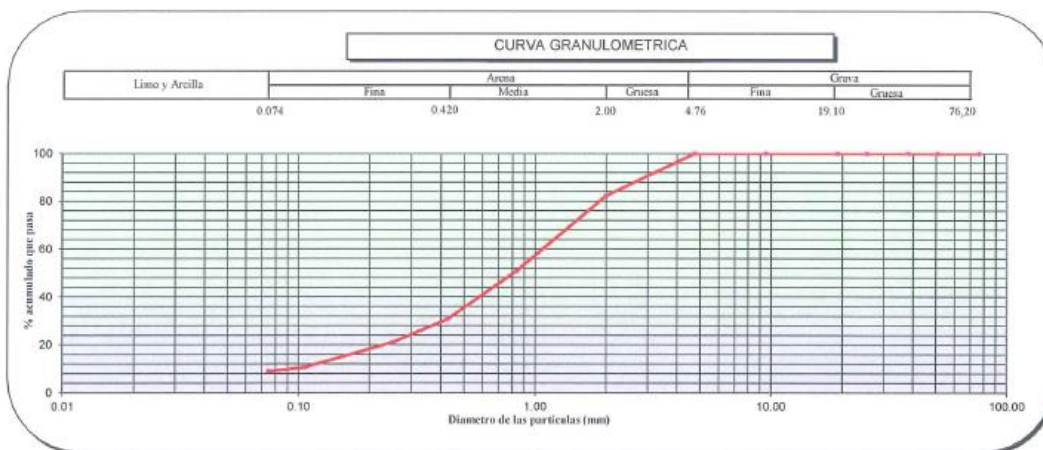


Límites de Consistencia			
Límite Líquido (LL)	ASTM-D4318	(%)	-
Límite Plástico (LP)	ASTM-D4318	(%)	NP
Índice Plástico (IP)		(%)	-

Distribución Granulométrica			
% Grava	Grava Gruesa	0.0	
	Grava Fina	0.0	0.0
% Arena	Arena Gruesa	17.8	
	Arena Medía	51.5	
	Arena fina	21.7	91.0
% Finos			9.0

Clasificación: ASTM - D2487 / D3282	
Clasificación (S.U.C.S.)	SW - SM
Clasificación (AASHTO)	A-1-b
Índice de Grupo	0
Nombre : Arena bien gradada con limo	

Contenido de Humedad (ASTM D-2216)	(%)	7.5
------------------------------------	-----	-----



Observaciones: _____

Calle Tomás Ramsey 762 - Magdalena del Mar - Lima / telef. 4617030

H-12
H. SOTELLO AEDO
INGENIERO CIVIL
Reg. C.I.P.: 57639

Fuente: Laboratorio de geotecnia Sotelo & Asociados.

FIGURA N°4.40: Ensayos estándar de clasificación T- 02.



SOTELLO & ASOCIADOS
INGENIERÍA Y GERENCIA DE PROYECTOS

LABORATORIO GEOTECNICO Y DE CONCRETO

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN

COD. PROY. : 14041

PROYECTO : EVALUACION DE ESTABILIDAD DE TALUDES CARRETERA COCHABAMBA-CHIPLE

F. de Ejecución: 30/10/2014

SOLICITANTE : CONSTRUCTORA MALAGA

UBICACIÓN : Km 48+290 - 48+340

SONDAJE : T-02

MUESTRA : M-01

PROFUNDIDAD : 2.65

Realizado : Adrián

Revisado : H Sotelo



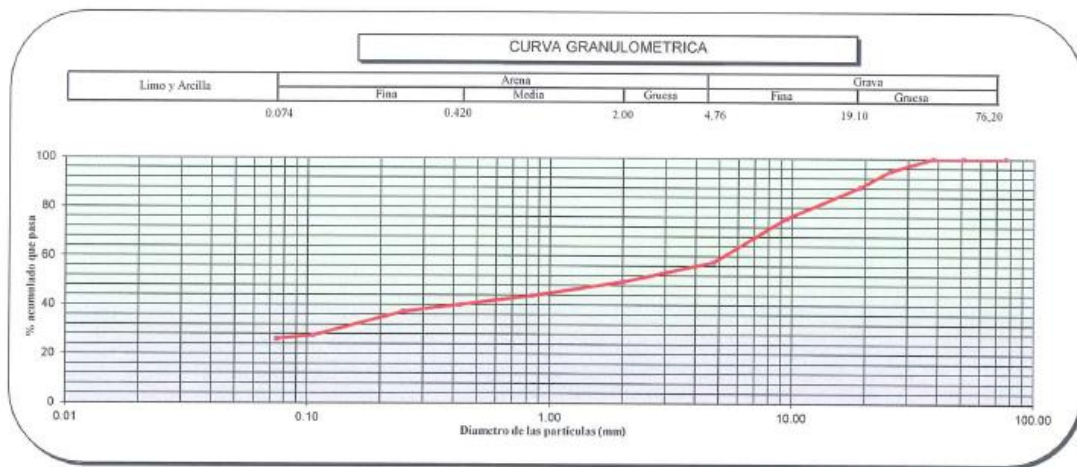
Granulometría por Tamizado; ASTM D422		
Malla	Abertura (mm)	% que pasa
3 "	76.200	100.0
2 "	50.800	100.0
1 1/2 "	38.100	100.0
1 "	25.400	94.9
3/4 "	19.100	88.3
3/8 "	9.520	75.6
Nº 4	4.760	57.6
Nº 10	2.000	49.5
Nº 20	0.840	43.7
Nº 40	0.425	40.1
Nº 60	0.250	37.2
Nº 140	0.106	27.5
Nº 200	0.075	26.1

Límites de Consistencia			
Límite Líquido (LL)	ASTM-D4318	(%)	26
Límite Plástico (LP)	ASTM-D4318	(%)	19
Índice Plástico (IP)		(%)	7

Distribución Granulométrica			
% Grava	Grava Gruesa		11.7
	Grava Fina		30.7
% Arena	Arena Gruesa		8.1
	Arena Media		9.4
	Arena fina		14.0
% Finos			26.1

Clasificación: ASTM - D2487 / D3282	
Clasificación (S.U.C.S.)	GC - GM
Clasificación (AASHTO)	A-2-4
Índice de Grupo	0
Nombre : Grava limo arcillosa con arena	

Contenido de Humedad (ASTM D-2216)	(%)	12.6
------------------------------------	-----	------



Observaciones: _____

Calle Tomás Ramsey 762 - Magdalena del Mar - Lima / telf.4617030


 ROBERT SOTELLO/EDD
 INGENIERO CIVIL
 Reg. O.R.: 57639

Fuente: Laboratorio de geotecnia Sotelo & Asociados.

FIGURA N°4.41: Análisis granulométrico de suelos por tamizado.

CONSORCIO CARRETERA LONGITUDINAL CAJAMARCA

1419

INFORME DE ENSAYO

PROYECTO : ESTUDIO DE REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA
COCHABAMBA - GUTERVO - CHIPLE
TRAMO : COCHABAMBA - GUTERVO - CHIPLE
REGION : CAJAMARCA

ASTM D 422 (05)

ANALISIS GRANULOMETRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

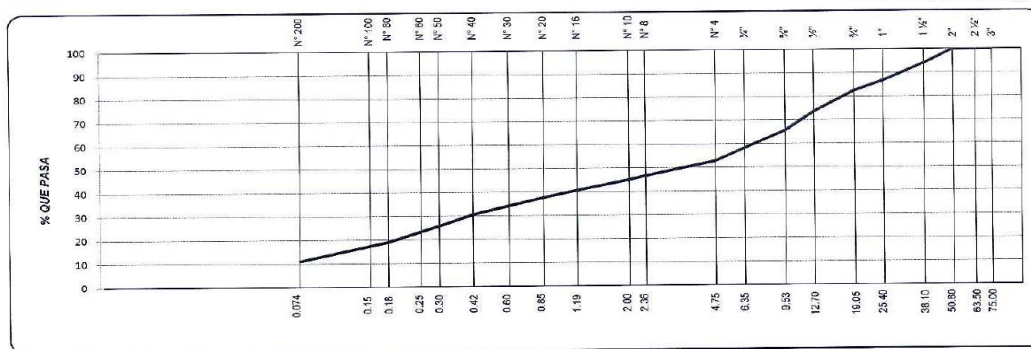
REFERENCIAS DE LA MUESTRA

CALICATA N° : 155
UBICACIÓN : Km 48+290
LADO : Derecho
MUESTRA N° : 01

PROFUNDIDAD (m) : 0.00 - 0.30
FECHA DE ENSAYO : 14.08.2010
CÓDIGO : PC-190-1

ANALISIS GRANULOMETRICO					
SERIE AMERICANA	MALLAS ABERTURA (mm)	PESO (gramos)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)
2 1/2"	63.50		--	--	100.0
2"	50.80		--	--	100.0
1 1/2"	38.10	964	6.0	6.0	94.0
1"	25.40	1162	7.2	13.2	86.8
3/4"	19.05	706	4.3	17.5	82.5
1/2"	12.70	1429	8.7	26.2	73.8
3/8"	9.525	1330	8.1	34.3	65.7
1/4"	6.350	1199	7.3	41.6	58.4
N° 4	4.750	903	5.5	47.1	52.9
N° 6	2.360	55.5	6.2	53.3	46.7
N° 10	2.000	14.3	1.6	54.9	45.1
N° 15	1.190	36.4	4.4	59.3	40.7
N° 20	0.850	26.6	3.0	62.3	37.7
N° 30	0.600	30.4	3.4	65.7	34.3
N° 40	0.420	33.1	3.7	69.4	30.6
N° 50	0.300	42.1	4.7	74.1	25.9
N° 60	0.250	21.5	2.4	76.5	23.5
N° 80	0.180	39.4	4.4	80.9	19.1
N° 100	0.150	15.2	1.7	82.6	17.4
N 200	0.074	56.4	5.3	87.9	12.1
Menos que N° 200		89.4	11.1	100.0	--

CARACTERIZACION DEL SUELO		
Limite liquido (%)	(ASTM D 4318-05)	26
Limite plastico (%)	(ASTM D 4318-05)	21
Indice plastico (%)	(ASTM D 4318-05)	5
Clasificación SUCS	(ASTM D 2487-05)	GP-CG
Clasificación AASHTO	(ASTM D 2487-05)	A-1-b (0)
Humedad natural (%)	(ASTM D 2216-05)	8.12
% Grava		47.1
% Arena		41.8
% Pasante N° 200		11.1
Peso inicial (gr)		16422.0
Porción de finos (gr)		473.6



PROFESIONAL : Ing. Alberto Rafael Díaz Ríos
TECNICO : Alejandro M. Esquivés Vives

Alberto Rafael Díaz Ríos
Alberto Rafael Díaz Ríos
Ingeniero Civil
Reg. C.I.P. 50977

Alejandro M. Esquivés Vives
ALEJANDRO M. ESQUIVES VIVES
TEC DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Jaime Jorge Saavedra de Rivero
JAIME JORGE SAAVEDRA DE RIVERO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 34486

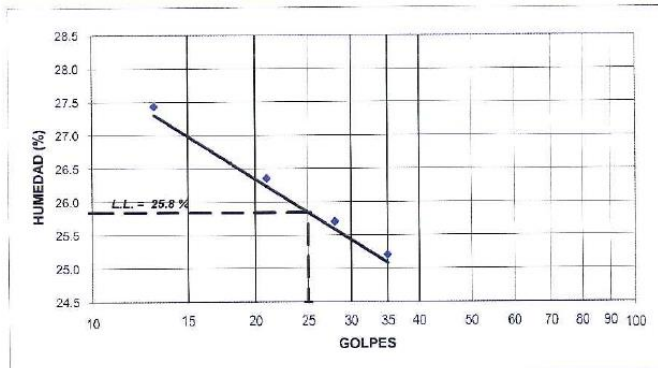
Olga Koukoleva Koukoleva
OLGA KOUKOLEVA KOUKOLEVA
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 15355

Fuente: Consorcio Carretera Longitudinal Cajamarca.

FIGURA N° 4.42: Método de ensayo para determinar el límite Líquido, Límite Plástico e índice plásticos de los suelos.

INFORME DE ENSAYO	
PROYECTO	: ESTUDIO DE REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA COCHABAMBA - CUTERVO - CHIPLE
TRAMO	: COCHABAMBA - CUTERVO - CHIPLE
REGION	: CAJAMARCA
ASTM D 4318 (05) METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE PLASTICO DE LOS SUELOS	
REFERENCIAS DE LA MUESTRA	
CALICATA N°	: 195
UBICACIÓN	: Km 48+290
LADO	: Derecho
MUESTRA N°	: 01
PROFUNDIDAD (m)	: 0.00 - 0.30
FECHA DE ENSAYO	: 15.05.2010
CÓDIGO	: PC-190-1

N° RECIPIENTE	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO	
	10	08	04	05	17	12
PESO DEL SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	32.84	33.68	34.13	34.20	11.55	10.89
PESO DEL SUELO SECO + RECIPIENTE (gr)	28.77	29.67	29.92	30.20	10.77	10.19
PESO DEL AGUA (gr)	4.07	4.01	4.21	4.00	0.78	0.70
PESO DEL RECIPIENTE (gr)	13.93	14.45	13.54	14.33	7.09	6.91
PESO DEL SUELO SECO (gr)	14.84	15.22	16.38	15.87	3.68	3.28
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	27.43	26.35	25.70	25.20	21.20	21.34
NUMERO DE GOLPES	13	21	28	35	--	--



Límite Líquido (%)	: 26
Límite Plástico (%)	: 21
Índice Plástico (%)	: 5

PROFESIONAL : Ing. Alberto Rafael Díaz Ríos
 TECNICO : Alejandro M. Esquivés Vives

Alberto Rafael Díaz Ríos
 Alberto Rafael Díaz Ríos
 Ingeniero Civil
 Reg. C.I.P. 50977





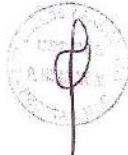
Ale
 ALEJANDRO M. ESQUIVES VIVES
 TEC DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Jaime Jorge Salvedra de Rivero
 JAIME JORGE SALVEDRA DE RIVERO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. C.I.P. N° 34486

Olga Koukoleva Koukoleva
 OLGA KOUKOLEVA KOUKOLEVA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. C.I.P. N° 15355

Fuente: Consorcio Carretera Longitudinal Cajamarca.

FIGURA N°4.43: Método de ensayo para determinar el límite Líquido, Límite Plástico e índice plásticos de los suelos.

INFORME DE ENSAYO				
PROYECTO	: ESTUDIO DE REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA COCHABAMBA - CUTERVO - CHIPLÉ			
TRAMO	: COCHABAMBA - CUTERVO - CHIPLÉ			
REGION	: CAJAMARCA			
(NORMA MTC E - 108)		CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL		
REFERENCIAS DE LA MUESTRA				
CALICATA N°	: 195	PROFUNDIDAD (m)	: 0.00 - 0.30	
UBICACIÓN	: Km 48+290	FECHA DE ENSAYO	: 14.08.2010	
LADO	: Derecho	CÓDIGO	: PC-190-1	
MUESTRA N°	: 01			
MUESTRA	M - 01			
PROFUNDIDAD	0.00 - 0.30			
N° RECIPIENTE	4			
PESO DEL SUELO HUMEDO + RECIPIENTE (gr)	5863.8			
PESO DEL SUELO SECO + RECIPIENTE (gr)	5431.6			
PESO DEL AGUA (gr)	432.2			
PESO DEL RECIPIENTE (gr)	108.4			
PESO DEL SUELO SECO (gr)	5323.2			
% DE HUMEDAD	8.12			
PROFESIONAL	: Ing. Alberto Rafael Díaz Ríos			
TECNICO	: Alejandro M. Esquivés Vives			
	 Alberto Rafael Díaz Ríos Ingeniero Civil Reg. C.I.P. 50977		 ALEJANDRO M. ESQUIVES VIVES TEC DE SUELOS Y PAVIMENTOS	
	 JAIME JORGE SARVEDRA DE RIVERO INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 34486		 OLGA KOUKOLEVA KOUKOLEVA INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 15355	
				

Fuente: Consorcio Carretera Longitudinal Cajamarca.

FIGURA N° 4.44: Método de ensayo para determinar el limite Líquido, Limite Plástico e índice plásticos de los suelos Km 46+300.

INFORME DE ENSAYO

PROYECTO : ESTUDIO DE REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA
COCHABAMBA - CUTERVO - CHIPLÉ

TRAMO : COCHABAMBA - CUTERVO - CHIPLÉ

REGION : CAJAMARCA

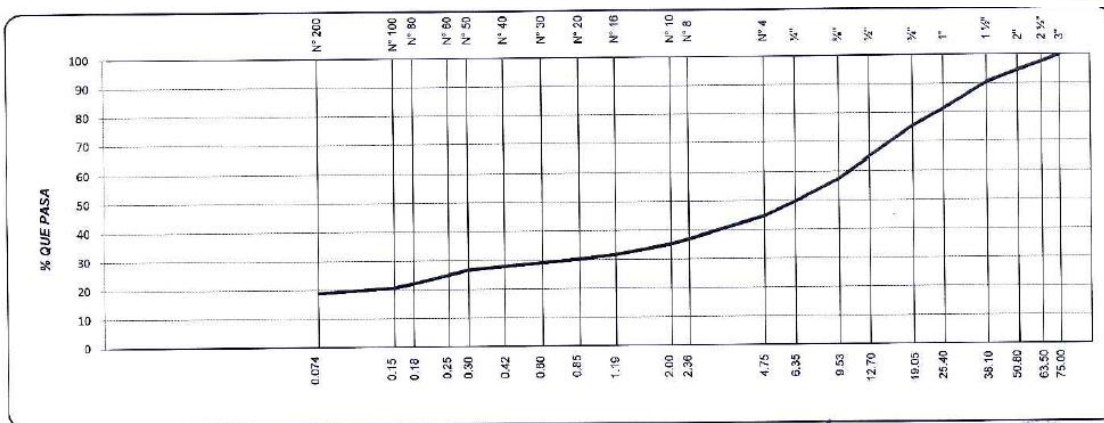
ASTM D 422 (05) ANALISIS GRANULOMETRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

CALICATA N° : 195 PROFUNDIDAD (m) : 0.30 - 1.50
 UBICACIÓN : Km 46+290 FECHA DE ENSAYO : 14.06.2010
 LADO : Derecho CÓDIGO : PC-190-2
 MUESTRA N° : 02

ANALISIS GRANULOMETRICO					
MALLAS		PESO (gramos)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)				
3"	75.00		--	--	100.0
2 1/2"	63.50	660	2.5	2.5	97.5
2"	50.80	765	2.9	5.4	94.6
1 1/2"	38.10	1109	4.2	9.6	90.4
1"	25.40	2402	9.1	18.7	81.3
3/4"	19.05	557	5.9	24.6	75.4
1/2"	12.70	2745	10.4	35.0	65.0
3/8"	9.525	953	7.4	42.4	57.6
1/4"	6.350	2059	7.8	50.2	49.8
N° 4	4.750	320	5.0	56.2	44.8
N° 8	2.360	104.3	7.8	63.0	37.0
N° 10	2.000	22.7	1.7	64.7	35.3
N° 16	1.190	48.1	3.6	68.3	31.7
N° 20	0.850	16.7	1.4	69.7	30.3
N° 30	0.600	16.1	1.2	70.9	29.1
N° 40	0.420	16.0	1.2	72.1	27.9
N° 50	0.300	16.1	1.2	73.3	26.7
N° 60	0.250	25.4	1.9	75.2	24.8
N° 80	0.180	36.1	2.7	77.9	22.1
N° 100	0.150	18.7	1.4	79.3	20.7
N 200	0.074	24.1	1.8	81.1	18.9
Menor que N° 200		252.8	18.9	100.0	--

CARACTERIZACION DEL SUELO		
Limite líquido (%)	(ASTM D 4318-05)	23
Limite plástico (%)	(ASTM D 4318-05)	16
Índice plástico (%)	(ASTM D 4318-05)	7
Clasificación SUCS	(ASTM D 2487-05)	GM-GC
Clasificación AASHTO	(ASTM D 2487-05)	A-2-4 (0)
Humedad natural (%)	(ASTM D 2216-05)	8.21
% Grava		55.2
% Arena		25.9
% Pasante N° 200		18.9
Peso inicial (gr)		26394.0
Porción de finos (gr)		599.2



PROFESIONAL : Ing. Alberto Rafael Díez Ríos
 TECNICO : Alejandro M. Esquivés Vives

Alberto Rafael Díez Ríos
Alberto Rafael Díez Ríos
 Ingeniero Civil
 Reg. C.I.P. 50977

Alejandro M. Esquivés Vives
ALEJANDRO M. ESQUIVES VIVES
 TEC DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Jaime Jorge Saavedra del Rinero
JAIME JORGE SAAVEDRA DEL RINERO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. C.I.P. 15365

Olga Koukoleva Koukoleva
OLGA KOUKOLEVA KOUKOLEVA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 15355

FIGURA N°4.45: Método de ensayo para determinar el límite Líquido, Limite Plástico e índice plásticos de los suelos Km 46+350.

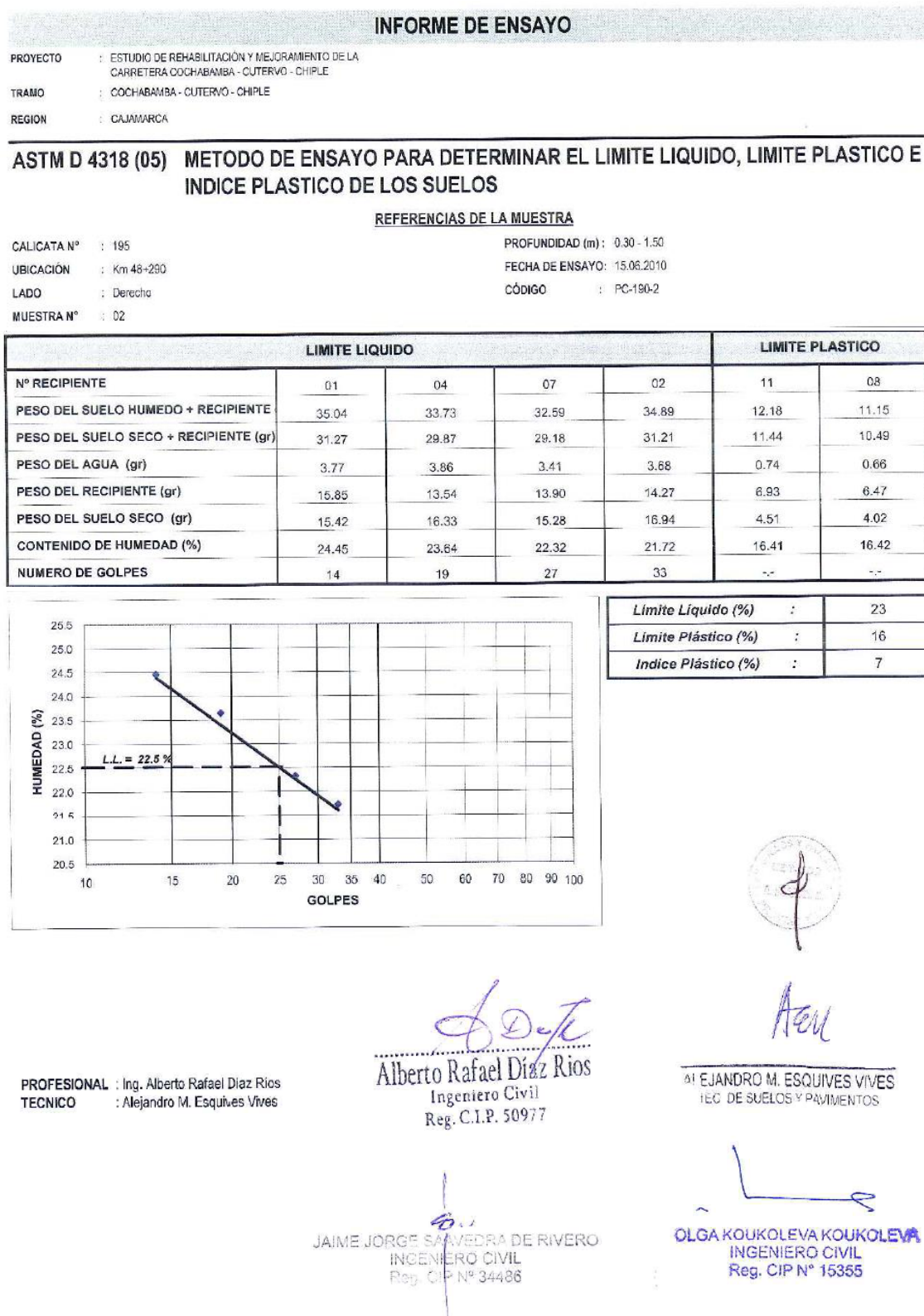


FIGURA N°4.46: Contenido de humedad natural.

INFORME DE ENSAYO	
PROYECTO	ESTUDIO DE REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA COCHABAMBA - CUTERVO - CHIPLE
TRAMO	COCHABAMBA - CUTERVO - CHIPLE
REGION	CAJAMARCA

(NORMA MTC E - 108) CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL


REFERENCIAS DE LA MUESTRA

CALICATA N°	: 196	PROFUNDIDAD (m)	: 0.30 - 1.50
UBICACIÓN	: Km 48+290	FECHA DE ENSAYO	: 14.06.2010
LADO	: Derecho	CÓDIGO	: PC-190.2
MUESTRA N°	: 02		

MUESTRA	M - 02			
PROFUNDIDAD	0.30 - 1.50			
N° RECIPIENTE	17			
PESO DEL SUELO HUMEDO + RECIPIENTE (gr)	6835.0			
PESO DEL SUELO SECO + RECIPIENTE (gr)	6323.1			
PESO DEL AGUA (gr)	511.9			
PESO DEL RECIPIENTE (gr)	87.8			
PESO DEL SUELO SECO (gr)	6235.3			
% DE HUMEDAD	8.21			

PROFESIONAL : Ing. Alberto Rafael Díaz Ríos
TECNICO : Alejandro M. Esquivés Vives


Alberto Rafael Díaz Ríos
Ingeniero Civil
Reg. C.I.P. 50977


ALEJANDRO M. ESQUIVES VIVES
TEC. DE SUELOS Y PAVIMENTOS


JAIME JORGE SALCEDA DE RIVERO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 34486


OLGA KOUKOLEVA KOUKOLEVA
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 15355



Fuente: Consorcio Carretera Longitudinal Cajamarca.

4.1.8. Ensayo de carga puntual (ASTM D5731)

Por este ensayo se conoce la resistencia a la compresión simple de la roca intacta, que es usada para determinar los parámetros físico-mecánicos del macizo rocoso. Basado en norma ASTM D-5731, este ensayo consiste en comprimir la muestra de roca entre dos puntos en generatrices opuestas, generando así la deformación falla de la roca, Como resultado de este ensayo se obtiene el índice de carga puntual I_s , mediante la corrección de éste se obtiene el índice de carga puntual corregido I_{50} con el obtenemos a resistencia a la compresión de la roca intacta.

Cuadro N°4.16: Resultados de los ensayos de Carga Puntual.

Progresivas		Progresiva evaluada	Estación geomecánica	Tipo de Roca	Profundidad (m)	Carga puntual promedio (Mpa)	Dureza de la roca
Inicio	Final						
46+300	46+350	46+300	EG-44	Cuarcita	Superficial	86.9	R4
		46+350	EG-45	Cuarcita	Superficial	58	R4

R2=Roca Débil.

R3=Roca Media.

R4=Roca Dura.

Fuente: Laboratorio de geotecnia Sotelo & Asociados.

FIGURA N°4.47: Ensayo de carga puntual en roca EG-44.



LABORATORIO GEOTECNICO

ENSAYOS DE CARGA PUNTUAL EN ROCA (ASTM - D 5731)

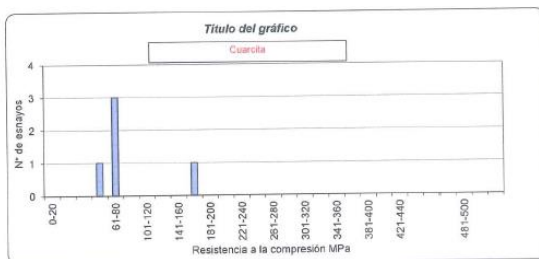
PROYECTO EVALUACION DE ESTABILIDAD DE TALUDES CARRETERA COCHABAMBA - CHIPLE
UBICACIÓN Km 48-210-48+280
SOLICITANTE CONSTRUCTORA MALAGA
SONDAJE EG-44
MUESTRA M-61
PROFUNDIDAD SUPERFICIAL

F. Ejecución 13-11-2014
 Realizado A.A.L.
 Revisado H.S.A

PRENSA HIDRAULICA UTILIZADA: 5 KN / 50 KN

N° de Prueba	Tipo de Roca	Dureza de la Roca	GEOMETRIA DE LA MUESTRA			D _s	Presión Hidráulica P _{hid} (kN)	Presión Corregida P _{hc} (kN)	I _s Calculado (N/mm ²)	I _s Calculado (Mpa)	I _s Corregido (Mpa)	σ _{c1} Calculado (Mpa)	σ _{c2} Calculado (Mpa)	Forma de rotura
			Ancho (mm)	Largo (mm)	Altura (mm)									
1	Cuarcita	R4	90,00	90,00	65,00	7448,45	20,34	20,37	2,73	2,73	3,50	63,9	79,6	
2	Cuarcita	R4	70,00	90,00	80,00	7130,14	15,65	15,62	2,19	2,19	2,77	66,6	63,1	
3	Cuarcita	R3	90,00	120,00	70,00	5347,61	9,71	9,63	1,80	1,80	2,14	51,3	48,3	
4	Cuarcita	R5	90,00	90,00	70,00	5347,61	35,24	35,51	6,64	6,64	7,88	189,1	177,9	
5	Cuarcita	R4	95,00	100,00	65,00	5378,44	13,26	13,21	2,46	2,46	2,92	70,0	65,9	
6														
7														
8														

- R1: Roca muy débil (1,0 - 5,0 MPa)
- R2: Roca débil (5,0 - 25,0 MPa)
- R3: Roca media (25,0 - 50,0 MPa)
- R4: Roca dura (50,0 - 100,0 MPa)
- R5: Roca muy dura (100,0 - 250,0 MPa)
- R6: Roca extremadamente dura (> 250 MPa)



Indice de Carga Puntual [I_s] (MPa)
 I_s (máx) = 7,9
 I_s (mín) = 2,1
 I_s (prom) = 3,8

Resistencia a la Compresión (MPa)
 σ_c (máx) = 177,9
 σ_c (mín) = 48,3
 σ_c (prom) = 86,9

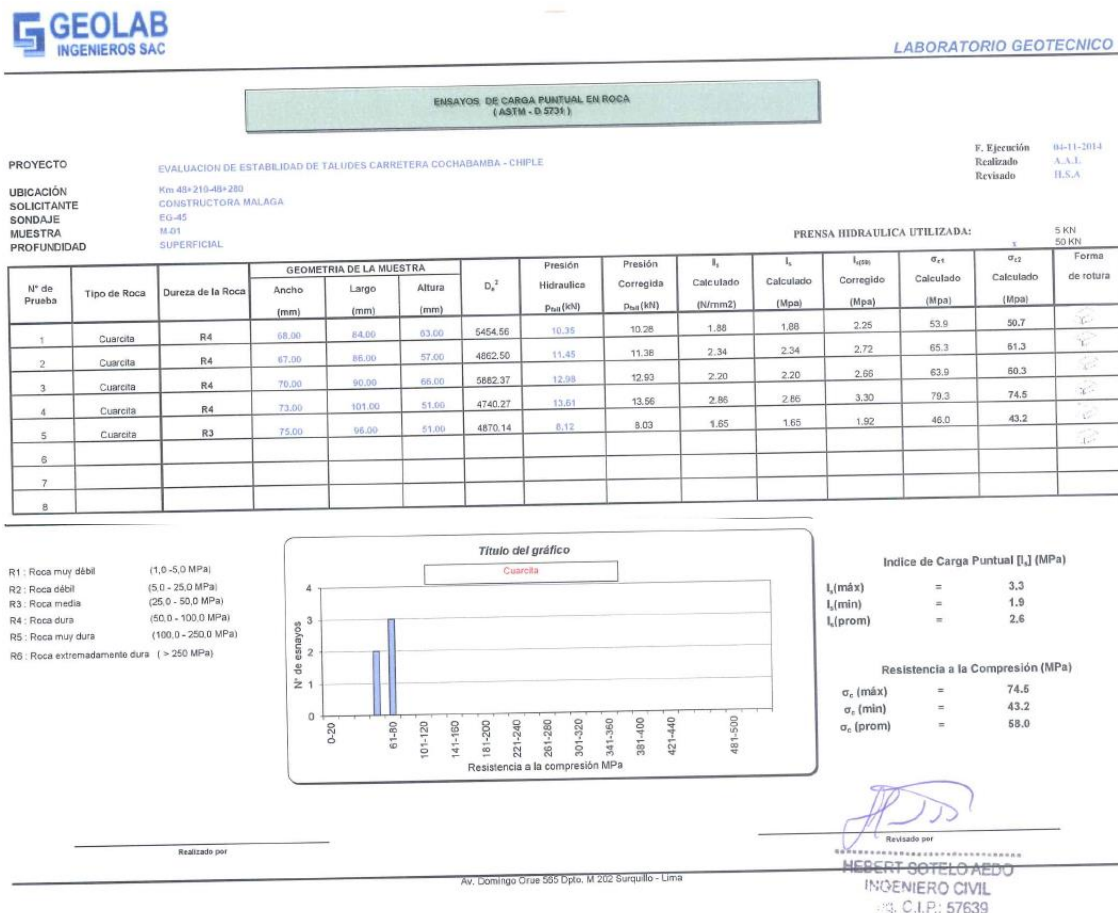
Realizado por

HEBERT SOTELO AEDO
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P.: 57639

Av. Domingo Orué 585 Dpto. M 202 Surquillo - Lima

Fuente: Laboratorio de geotecnia Sotelo & Asociados.

FIGURA N°4.48: Ensayo de carga puntual en roca EG-45.



Fuente: Laboratorio de geotecnia Sotelo & Asociados.

4.1.9. Determinación de las propiedades físicas (ASTM D-2397 y ASTM D6473)

Adicionalmente al ensayo de carga puntual, también se obtuvieron las propiedades físicas de las muestras de roca, los cuales han sido ensayadas en el laboratorio de geotecnia Sotelo & Asociados, siguiendo las normas ASTM respectivas.


- Densidad (ASTM D-2397)
- Gravedad específica y absorción de la roca (ASTM D6473).

Cuadro N°4.17: Resumen de las Propiedades Físicas.

Progresivas		Progresiva evaluada	Estación geomecánica	Tipo de roca	Densidad (gr/cm ³)	Observación (%)	Gravedad Específica Nominal (s.s.s)	Porosidad (%)
Inicio	Final							
46+300	46+350	46+300	EG-44	Cuarcita	24.57	1.82	2.49	4.37
		46+350	EG-45	Cuarcita	24.4	2.19	2.53	5.32

Fuente: Laboratorio de geotecnia Sotelo & Asociados.

FIGURA N°4.49: Densidad de la roca EG - 44.

FORMULARIO		Código:
 DENSIDAD DE LA ROCA NTP 339.139 / ASTM D 2937		Revisión: 1
		Aprobado:
		Página: 1 de 1
PROYECTO :	EVALUACION DE ESTABILIDAD DE TALUDES CARRETERA COCHABAMBA-CHIPLE	N° DE INFORME : 001
CÓD.PROY. :	HSA 14041	SOLICITANTE : CONSTRUCTORA MALAGA
UBICACIÓN :	KM.48+210 - 48+280	F. RECEPCIÓN : 17/10/2014
		F. EJECUCIÓN : 12/11/2014
		FECHA DE EMISION :
SONDAJE :	EG-44	
MUESTRA :	M-01	
PROF. (m) :	SUPERFICIAL	TIPO DE ROCA : Cuarcita

MÉTODO DE LA INMERSIÓN EN AGUA

DATOS		1	2	3	
1	Peso de la roca (g)	534.00	538.40	215.80	
2	Peso roca + parafina (g)	536.60	541.50	217.30	
3	Vroca + parafina (cm ³)	215.20	216.30	88.70	
4	Peso de la parafina (g)	2.60	3.10	1.50	
5	Densidad parafina (g/cm ³)	0.91	0.91	0.91	
6	Volumen de la parafina (cm ³)	2.86	3.41	1.65	
7	Volumen de la roca (cm ³)	212.34	212.89	87.05	Promedio
8	Densidad de la roca (g/cm ³)	2.51	2.53	2.48	2.51
9	Densidad de la roca (KN/m ³)	24.85	24.78	24.29	24.57
11	Contenido de humedad natural (%)	0.00	0.00	0.00	0.00
12	Densidad roca seca corregida (g/cm ³)	2.51	2.53	2.48	2.51
13	Densidad roca seca corregida (KN/m ³)	24.6	24.8	24.3	24.6

Desv. Estándar : 0.25 El ensayo se puede considerar como aceptable

Observaciones :

- El ensayo de PU se realizo en roca seca

Equipo Utilizado	Código

Realizado : A.A.L.

Revisado : H.S.A.

Ubicación de contra-muestras :


 HEBERT SOTELO AEDO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. C.I.P.: 57838

Fuente: Laboratorio de geotecnia Sotelo & Asociados.

FIGURA N°4.50: Densidad de la roca EG-45.

		FORMULARIO	Código:
		DENSIDAD DE LA ROCA NTP 339.139 / ASTM D 2937	Revisión: 1
			Aprobado:
			Página: 1 de 1
PROYECTO :	EVALUACION DE ESTABILIDAD DE TALUDES CARRETERA COCHABAMBA-CHIPLE	N° DE INFORME :	001
CÓD.PROY. :	HSA 14041	SOLICITANTE :	CONSTRUCTORA MALAGA
UBICACIÓN :	KM.48+210 - 48+280	F. RECEPCIÓN :	17/10/2014
		F. EJECUCIÓN :	06/11/2104
		FECHA DE EMISION :	
SONDAJE :	EG-45	TIPO DE ROCA :	Cuarcita
MUESTRA :	M-01		
PROF. (m) :	SUPERFICIAL		

MÉTODO DE LA INMERSIÓN EN AGUA

DATOS		1	2	3	
1	Peso de la roca (g)	436.60	649.70	709.80	
2	Peso roca + parafina (g)	441.30	657.70	718.70	
3	Vroca + parafina (cm ³)	180.70	270.10	294.20	
4	Peso de la parafina (g)	4.70	8.00	8.90	
5	Densidad parafina (g/cm ³)	0.91	0.91	0.91	
6	Volumen de la parafina (cm ³)	5.16	8.79	9.78	
7	Volumen de la roca (cm ³)	175.54	261.31	284.42	Promedio
8	Densidad de la roca (g/cm ³)	2.49	2.49	2.50	2.49
9	Densidad de la roca (KN/m ³)	24.38	24.37	24.46	24.40
11	Contenido de humedad natural (%)	0.00	0.00	0.00	0.00
12	Densidad roca seca corregida (g/cm ³)	2.49	2.49	2.50	2.49
13	Densidad roca seca corregida (KN/m ³)	24.4	24.4	24.5	24.4

Desv. Estándar : 0.05 El ensayo se puede considerar como aceptable

Observaciones :

- El ensayo de PU se realizo en roca seca

Equipo Utilizado	Código

Realizado : A.A.L.


Revisado : H.S.A.

Ubicación de contra-muestras : _____


 HEBERT SOTELO AEDO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. C.M.P.: 57639

Fuente: Laboratorio de geotecnia Sotelo & Asociados.

FIGURA N°4.51: Gravedad específica y absorción EG - 44.

 LABORATORIO GEOTECNICO Y DE CONCRETO	FORMULARIO		Código :	
	GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION ASTM D 6473		Revisión :	
			Aprobado :	
			Fecha :	
			Página :	
SOLICITANTE : <u>CONSTRUCTORA MALAGA</u>	N° DE INFORME :			
PROYECTO : <u>EVALUACION DE ESTABILIDAD DE TALUDES CARRETERA COCHABAMBA-CHIPLE</u>	CÓDIGO DE PROYECTO : <u>HSA 14041</u>			
COD.PROY : <u>HSA 14041</u>	FECHA DE RECEPCIÓN : <u>17-10-2014</u>			
UBICACIÓN : <u>KM 48+210 - 48+280</u>	FECHA DE EJECUCIÓN : <u>12-11-2014</u>			
	FECHA DE EMISIÓN :			
SONDAJE : <u>EG-44</u>				
MUESTRA : <u>M-01</u>				
PROF. (m) : <u>SUPERFICIAL</u>				
METODOLOGIA : _____				
DATOS	1	2	3	
Peso de la roca seca (g)	534.00	538.40	339.10	
Peso de la roca saturada superficialmente seca (s.s.s.) (g)	544.20	547.70	345.30	
Peso de la roca sumergida (g)	327.80	331.60	202.40	Promedio
Absorción (%)	1.91	1.73	1.83	1.82
Gravedad específica nominal	2.47	2.49	2.37	2.44
Gravedad específica nominal (s.s.s.)	2.51	2.53	2.42	2.49
Gravedad específica aparente	2.59	2.60	2.48	2.56
	4.63	4.23	4.26	4.37
Desv. Est. para la Absorción :	0.09	<= 1, Ok		
Desv. Est. para la gravedad específica nominal :	0.06	<= 0.1, Ok		
Desv. Est. para la gravedad específica nominal (s.s.s.) :	0.06	<= 0.1, Ok		
Desv. Est. para la gravedad específica aparente :	0.07	<= 0.1, Ok		

Observaciones :

.....
 -
 -

	Equipo utilizado	Código
Realizado :	Balanza 8100g	03.02.99.001.1097
Revisado :	Horno	03.02.99.037.2683

Ubicación de contra-muestras :


.....

CLAVE : CELENDIN

HST
 HEBERT SOTELLO REDO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. R.I.P. 57229

Fuente: Laboratorio de geotecnia Sotelo & Asociados.

FIGURA N°4.52: Gravedad específica y absorción EG - 45.

 LABORATORIO GEOTECNICO Y DE CONCRETO	FORMULARIO	Código :
	GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION ASTM D 6473	Revisión : Aprobado : Fecha : Página :

SOLICITANTE : CONSTRUCTORA MALAGA
 N° DE INFORME :
 PROYECTO : EVALUACION DE ESTABILIDAD DE TALUDES CARRETERA
 CÓDIGO DE PROYECTO : HSA 14041
 COCHABAMBA-CHIPLE
 FECHA DE RECEPCIÓN : 17-10-2014
 COD.PROY : HSA 14041
 FECHA DE EJECUCIÓN : 06-11-2014
 UBICACIÓN : KM 48+210 - 48+280
 FECHA DE EMISIÓN :

SONDAJE : EG-45
 MUESTRA : M-01
 PROF. (m) : SUPERFICIAL
 METODOLOGIA :

DATOS	1	2	3	
Peso de la roca seca (g)	436.60	649.70	709.80	
Peso de la roca saturada superficialmente seca (s.s.s.) (g)	446.90	663.20	725.00	
Peso de la roca sumergida (g)	270.20	401.30	438.90	
Absorción (%)	2.36	2.08	2.14	2.19
Gravedad específica nominal	2.47	2.48	2.48	2.48
Gravedad específica nominal (s.s.s.)	2.53	2.53	2.53	2.53
Gravedad específica aparente	2.62	2.62	2.62	2.62
	5.69	5.05	5.20	5.32
Desv. Est. para la Absorción :	0.15	<= 1, Ok		
Desv. Est. para la gravedad específica nominal :	0.01	<= 0.1, Ok		
Desv. Est. para la gravedad específica nominal (s.s.s.) :	0.00	<= 0.1, Ok		
Desv. Est. para la gravedad específica aparente :	0.00	<= 0.1, Ok		

Observaciones :

Equipo utilizado	Código
Balanza 8100g	03.02.99.001.1097
Horno	03.02.99.037.2683

Realizado :

Revisado :

Ubicación de contra-muestras :

--

CLAVE : CELENDIN

HS
 HEBERT SOTELLO SAGOT
 INGENIERO CIVIL
 Reg. C.I.P.: 57639

Fuente: Laboratorio de geotecnia Sotelo & Asociados.

4.1.10. Ensayos Químicos

Para determinar el grado de agresividad del terreno contra las estructuras; se realizaron siguientes ensayos:

- Ensayo para determinación de PH NTP 339.176 :2002
- Contenido de sulfatos solubles (Suelos) NTP 339.178 :2002
- Sales solubles totales (Suelos) NTP 339.152 :2002
- Contenido de cloruros solubles (Suelos) NTP 339.177 :2002
- Contenido de Carbonatos método del gasométrico

Los resultados de estos ensayos permiten determinar el tipo de cemento que debe ser utilizado para el caso de estructuras de concreto y tomar preventivas de la agresión de estos elementos que pueden existir.

Con el fin de conocer el grado de agresividad del terreno a la cimentación, se realizó el análisis químico a partir de una muestra alterada, obtenida en el sondaje C4 (para suelo) y en la EG- 3(para roca. Las muestras se ensayaron para determinar el contenido de sales solubles totales, cloruros, sulfatos y la acidez (PH) del suelo y roca.

Cuadro N°4.18: Resultado de los ensayos químicos.

N°	Profundidad	Tipo de material	pH (unidad pH)	Sulfatos (mg/Kg)	SST (mg/Kg)	CaCO ₃ (%)	Cloruros (mg/Kg)
1	0.00-4.50	Suelo	8.5	18.33	217.50	63.35	24.28

Fuente: Laboratorio de geotecnia Sotelo & Asociados.

El resultado de los ensayos, indica que no hay agresión química por parte del contenido de sulfatos, cloruros y sales solubles presentes en la muestra de suelo.

FIGURA N°4.53: Análisis de suelo-sales.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe



N° 025624

ANÁLISIS DE SUELO - SALES

SOLICITANTE : CONSTRUCTORA MALAGA
 PROYECTO : Evaluación de estabilidad de Taludes, Tramo: Cochabamba - Chiple
 UBICACIÓN : Trinchera/Calicata T-6, Km. 81+270-81+300 - Cutervo
 RESP. ANALISIS : Ing. Nelson Guerrero Pardo
 FECHA DE ANALISIS : La Molina, 12 de Agosto del 2014

N° Lab.	N° Campo	S.S.T. (ppm)	Cl ⁻ (ppm)	SO ₄ ²⁻ (ppm)	pH	CaCO ₃ (%)
25624	T/C - 6 Prof. 0.00 m - 4.50 m.	217.50	24.28	18.33	8.50	63.36

Métodos
 Sales Solubles Totales: Determ. de Sales Solubles en suelos y agua subterránea - NTP339.152 - 2002
 Cloruro Soluble: Determ. de cloruros solubles en suelos y agua subterránea - NTP339.177 - 2002
 Sulfato Soluble: Determ. de sulfatos solubles en suelos y agua subterránea - NTP339.178 - 2002
 pH: Método Potenciométrico
 Carbonato de calcio: Método del gasométrico

RECEBIÓ
 TITULO DE INGENIERIA AGRICOLA
 N° 025624
 Ing. Nelson Guerrero Pardo

LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO
 ING. ANTONIO ENCISO GUTIERREZ
 JEFE DE LABORATORIO



Fuente: Universidad Nacional Agraria la Molina.

FIGURA N°4.54: Sales, agua y suelo para construcción.

SALES, AGUA Y SUELO PARA CONSTRUCCIÓN

**CUADRO COMPARATIVO DE CONTENIDO DE SULFATOS Y SU GRADO DE AGRESIVIDAD AL CONCRETO
SEGÚN DIFERENTES NORMAS Y REGLAMENTOS
(Valores expresados en ppm)**

Grado de Ataque	ACI - 201. 2R. 77		BRS DIGEST (SEGUNDA SERIE) 90 (Inglés)		DIN 4030 (Alemana)	R.N.C. (Peruano)
	Sulfatos en el Suelo (1)	Sulfatos en el Agua	Sulfatos en el Suelo	Sulfatos en el Agua	Sulfatos (3)	Sulfatos (3)
Leve	0 - 1,000	0 - 150	< 2,400	< 360	0 - 600	50
Moderado	1,000 - 2,000	150 - 1,500	2,400 - 6,000	360 - 1,440	600 - 3,000	--
Severo	2,000 - 20,000	1,500 - 10,000	6,000 - 24,000	1,440 - 6,000	> 3,000	--
Muy Severo	> 20,000	> 10,000	> 24,000	> 6,000	--	--

Los valores máximos tolerables recomendados en nuestro medio, en comparación con los del agua potable, expresados en partes por millón (ppm):

Sustancia	Referencias	MTC	RIVVA 5 *	Agua Potable
Cloruros		300	300	250
Sulfatos		300	50	50
Sales Solubles Totales		1 500	300	300
Sales en Magnesio		--	125	125
Sólidos en Suspensión		1000	10	10
pH		≠ de 7	≠ de 8	10.5
Materia Orgánica expresada en Oxígeno		16	0.001	0.001

*Para concretos que han de estar expuestos a ataques por sulfatos.

Fuente: Universidad Nacional Agraria la Molina.

Parámetros de resistencia

Parámetros de Resistencia en Suelos

Para el caso de los taludes de suelo, se estimaron los parámetros de resistencia cortante de Mohr Coulomb (Cohesión y ángulo de fricción) a partir de velocidades de ondas de corte, obtenidos del ensayo MASW.

Cuadro N°4.18: Parámetros de resistencia en taludes de suelo.

PROGRESIVAS		Estación geomecánica	Tipo de suelo o tipo de Roca	Profundidad (m)	Parámetros de suelos			Parámetros de roca			Parámetros de Hoek-Brown Generalizado	
Inicio	Final				γ (tn/m ³)	C (kg/cm ²)	ϕ (°)	γ (KN/m ³)	UCS (Mpa)	GSI	m	s
46+300	46+350	46+300	T/C-04	SM	0.00-5.50	1.83	0.31	26.83	-	-	-	-
		46+350			5.50-30.00	1.9	0.64	4.43	-	-	-	-

Fuente: Laboratorio de geotecnia Sotelo & Asociados.

FIGURA N°4.55: Resistencia y deformación de los macizos rocosos.



SOTELO & ASOCIADOS
INGENIERÍA Y GERENCIA DE PROYECTOS

DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA - GEOTECNIA

RESISTENCIA Y DEFORMACION DE LOS MACIZOS ROCOSOS

Versión 1.3

Proyecto : EVALUACION DE ESTABILIDAD DE TALUDES CARRETERA COCHABAMBA- CHIPLE
Exploracion : Km 48+210 - Km 48+260
Estructura :
Litología : CUARCITA
Fecha : NOVIEMBRE 2014

1.0 Roca intacta

Peso específico	γ_i	:	0.02457 (MN/m ³)
Resistencia a la compresión uniaxial	σ_{ci}	:	87 (MPa)
Constante de la roca intacta	m_i	:	24
Relación modular	MR	:	300
Cohesión	c_i	:	10 (MPa)
Angulo de fricción interna	ϕ_i	:	64 (°)
Módulo de elasticidad	E_i	:	26070 (MPa)
Relación de Poisson	ν_i	:	0.2

2.0 Macizo Rocoso

Valoración de la masa rocosa, RMR_{89} (Bieniawski, 1989)	:	46
Índice Geológico de Resistencia, GSI (Hoek <i>et al.</i> , 1995)	:	41
Índice, Q (Barton, 1974)	:	0.7
Espaciamiento de discontinuidades (m)	:	0.13
Factor de perturbación de la roca, D	:	1

2.1 Proyecto de ingeniería

Taludes	$h =$	30.7 m
---------	-------	--------

2.2 Estimación de las propiedades de resistencia

a) Criterio de resistencia Mohr Coulomb

Bieniawski (1976)	$c'_m =$	2.3 Kg/cm ²
	$\phi'_m =$	23.3 °

Con criterio de falla de Hoek-Brown

	$c'_m =$	1.7 Kg/cm ²
	$\phi'_m =$	49.9 °

b) Criterio de Falla Generalizado de Hoek-Brown

	$m_b =$	0.355
	$s =$	0.00005
	$a =$	0.51

Resistencia a la tracción (σ'_{tm})

$$\sigma_{tm} = -s \sigma_c / m_b$$

$$\sigma_{tm} = -0.1 \quad \text{Kg/cm}^2$$

Resistencia a la compresión del macizo rocoso (σ'_{cm})

(Inicio de ruptura)
(Ruptura global del macizo)

$$\sigma'_{cm} = \sigma_{ci} S^a$$

$$\sigma'_{cm} = 5.6 \quad \text{Kg/cm}^2$$

$$\sigma'_{cm} = 64.0 \quad \text{Kg/cm}^2$$


HEBERT SOTELO AEDO
INGENIERO CIVIL
Reg. C.I.P.: 57639

2.3 Estimación de las propiedades de deformación

a) Criterios de deformación de macizos rocosos (Modulo de deformabilidad, E_m)

- Bieniawski (1978), Serafim y Pereira (1983)	$E_m =$	5957	MPa
- Kulhawy y Goodman (1980)	$E_m =$	3389.1	MPa
- Hoek (1995)	$E_m =$	5553	MPa
- Grimstad y Barton (1993)	$E_m =$	-	MPa
- Gokceoglu et al. (2003)	$E_m =$	2119	MPa
- Hoek y Diederichs (2006)	$E_m =$	1088	MPa
Valor asumido	$E_m =$	2119	MPa

2.4 Esfuerzos *in situ*

$k =$	1.00
$k =$	1.50
$k =$	0.25
$k =$	1.0

En rocas fracturadas en superficie
En rocas no alteradas en superficie
En medios homogéneos e isotrópicos en función de m
Valor asumido

Esfuerzo vertical	$\sigma_v =$	0.75	MPa
Esfuerzo horizontal	$\sigma_h =$	0.75	MPa
Esfuerzo principal mayor	$\sigma'_{1max} =$	0.75	MPa
Esfuerzo principal menor	$\sigma'_{3max} =$	0.75	MPa

2.5 Carga admisible del macizo rocoso

Capacidad admisible (q_{ad})

Hoek <i>et al.</i> (2002)	$q_{ult} =$	64.0	Kg/cm ²
Serrano y Olalla (2001)	$q_{ult} =$	$\beta(N_\beta - \zeta)$	
	$\beta =$	3.9	MPa
	$\zeta =$	0.003	
	$\sigma^*_{\theta l} =$	0.199	
	$N_\beta =$	9.0	
	$q_{ult} =$	34.7	
AASHTO (1996)	$q_{ult} =$	$N_{ms} * U_c$	
	$N_{ms} =$	1.0000	
	$U_c =$	869	Kg/cm ²
	$q_{ult} =$	869.000	Kg/cm ²
Criterio de comprobación	$q_{ad} <$	$0.2 * U_c$	
	$U_c =$	869	Kg/cm ²
	$q_{ad} <$	173.8	Kg/cm ²
	$q_{ad} <$	$0.33 * f_c$	
	$f_c =$	210.0	Kg/cm ²
	$q_{ad} <$	69.3	Kg/cm ²

3.0 Parámetros para el diseño en Ingeniería

Estructura:

Litología: CUARCITA

Criterio de resistencia Mohr Coulomb

$$c'_m = 1.7 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\phi'_m = 49.9^\circ$$

Criterio de Falla Generalizado de Hoek-Brown

$$m_b = 0.355$$

$$s = 0.000$$

$$a = 0.511$$

Parámetros de deformación

$$E_m = 2119 \text{ MPa}$$

Capacidad de soporte última

$$q_{ult} = 34.7 \text{ Kg/cm}^2$$

Capacidad admisible del macizo rocoso

$$q_{ad} = 17.3 \text{ Kg/cm}^2$$

Coeficiente de Balasto

$$K_v = 3.68 \text{ Kg/cm}^3$$

Adherencia con el concreto (Littlejohn y Bruce 1975)

$$\tau = 14.5 \text{ Kg/cm}^2$$



HEBERT SOTELO AEDO
INGENIERO CIVIL
Reg. C.I.P.: 57639

Fuente: Laboratorio de geotecnia Sotelo & Asociados.

FIGURA N°4.56: Resistencia y deformación de los macizos rocosos.



SOTELO & ASOCIADOS
INGENIERÍA Y GERENCIA DE PROYECTOS

DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA - GEOTECNIA

RESISTENCIA Y DEFORMACION DE LOS MACIZOS ROCOSOS

Versión 1.3

Proyecto : EVALUACION DE ESTABILIDAD DE TALUDES CARRETERA COCHABAMBA- CHIPLE

Exploracion : Km 48+210 - Km 48+260

Estructura :

Litología : CUARCITA

Fecha : NOVIEMBRE 2014

1.0 Roca intacta

Peso específico	γ_i	:	0.0244 (MN/m ³)
Resistencia a la compresión uniaxial	σ_{ci}	:	58 (MPa)
Constante de la roca intacta	m_i	:	24
Relación modular	MR	:	300
Cohesión	c_i	:	7 (MPa)
Angulo de fricción interna	ϕ_i	:	64 (°)
Módulo de elasticidad	E_i	:	17400 (MPa)
Relación de Poisson	ν_i	:	0.2

2.0 Macizo Rocosos

Valoración de la masa rocosa, RMR_{89} (Bieniawski, 1989)	:	44
Índice Geológico de Resistencia, GSI (Hoek <i>et al.</i> , 1995)	:	39
Índice, Q (Barton, 1974)	:	0.6
Espaciamiento de discontinuidades (m)	:	0.15
Factor de perturbación de la roca, D	:	1

2.1 Proyecto de ingeniería

Taludes	$h =$	36.12 m
---------	-------	---------

2.2 Estimación de las propiedades de resistencia

a) Criterio de resistencia Mohr Coulomb

Bieniawski (1976)	$c'_m =$	2.2 Kg/cm ²
	$\phi'_m =$	22.2 °

Con criterio de falla de Hoek-Brown	$c'_m =$	1.5 Kg/cm ²
	$\phi'_m =$	44.5 °

b) Criterio de Falla Generalizado de Hoek-Brown

$m_b =$	0.308
$s =$	0.000
$a =$	0.51

Resistencia a la tracción (σ'_{tm})

$$\sigma_{tm} = -s \sigma_{ci} / m_b \quad \text{Kg/cm}^2$$

$$\sigma_{tm} = -0.1 \quad \text{Kg/cm}^2$$

Resistencia a la compresión del macizo rocoso (σ'_{cm})

	$\sigma'_{cm} =$	$\sigma_{ci} S^a$	
(Inicio de ruptura)	$\sigma'_{cm} =$	3.1	Kg/cm ²
(Ruptura global del macizo)	$\sigma'_{cm} =$	39.3	Kg/cm ²



HEBERT SOTELO AEDO
INGENIERO CIVIL
Reg. C.I.P.: 57639

2.3 Estimación de las propiedades de deformación

a) Criterios de deformación de macizos rocosos (Modulo de deformabilidad, E_m)

- Bieniawski (1978), Serafim y Pereira (1983)	$E_m =$	5309	MPa
- Kulhawy y Goodman (1980)	$E_m =$	2610	MPa
- Hoek (1995)	$E_m =$	4043	MPa
- Grimstad y Barton (1993)	$E_m =$	-	MPa
- Gokceoglu et al. (2003)	$E_m =$	1859	MPa
- Hoek y Diederichs (2006)	$E_m =$	666	MPa
Valor asumido	$E_m =$	1859	MPa

2.4 Esfuerzos *in situ*

$k =$	1.00	En rocas fracturadas en superficie
$k =$	1.50	En rocas no alteradas en superficie
$k =$	0.25	En medios homogéneos e isotrópicos en función de m
$k =$	1.0	Valor asumido
Esfuerzo vertical	$\sigma_v =$	0.88 MPa
Esfuerzo horizontal	$\sigma_h =$	0.88 MPa
Esfuerzo principal mayor	$\sigma_{1max} =$	0.88 MPa
Esfuerzo principal menor	$\sigma_{3max} =$	0.88 MPa

2.5 Carga admisible del macizo rocoso

Capacidad admisible (q_{ad})

Hoek <i>et al.</i> (2002)	$q_{ult} =$	39.3 Kg/cm ²
Serrano y Olalla (2001)	$q_{ult} =$	$\beta(N_{\beta} - \zeta)$
	$\beta =$	2.2 MPa
	$\zeta =$	0.003
	$\sigma_{01}^* =$	0.398
	$N_{\beta} =$	11.1
	$q_{ult} =$	24.8
AASHTO (1996)	$q_{ult} =$	$N_{ms} * U_c$
	$N_{ms} =$	1.0000
	$U_c =$	580 Kg/cm ²
	$q_{ult} =$	580.000 Kg/cm ²
Criterio de comprobación	$q_{ad} <$	$0.2 * U_c$
	$U_c =$	580 Kg/cm ²
	$q_{ad} <$	116.0 Kg/cm ²
	$q_{ad} <$	$0.33 * f_c$
	$f_c =$	210.0 Kg/cm ²
	$q_{ad} <$	69.3 Kg/cm ²

3.0 Parámetros para el diseño en ingeniería

Estructura:

Litología: CUARCITA

Criterio de resistencia Mohr Coulomb

Criterio de Falla Generalizado de Hoek-Brown

Parámetros de deformación

Capacidad de soporte última

Capacidad admisible del macizo rocoso

Coefficiente de Balasto

Adherencia con el concreto (Littlejohn y Bruce 1975)

c'_m	=	1.5 Kg/cm ²
ϕ'_m	=	44.5 °
m_b	=	0.308
s	=	0.000
a	=	0.512
E_m	=	1859 MPa
q_{ult}	=	24.8 Kg/cm ²
q_{ad}	=	12.4 Kg/cm ²
K_v	=	3.28 Kg/cm ³
τ	=	9.7 Kg/cm ²



HEBERT SOTELO AEDO
INGENIERO CIVIL
Reg. C.I.P.: 57639

Fuente: Laboratorio de geotecnia Sotelo & Asociados

4.1.11. Parámetros de Resistencia en Macizo rocoso.

4.8.1.1. Criterio de resistencia Hoek-Brown (2002).

El criterio de mayor aplicación es el de Hoek-Brown, El criterio generalizado de Hoek-Brown es el que reúne todas las modificaciones en su formación (desde 1980 hasta el 2002). Este criterio es expresado en términos de los esfuerzos principales mayor y menor y la resistencia a compresión de la matriz rocosa.

4.8.1.2. Determinación de la constante “mi” de la Matriz de Roca.

Para la determinación de mi se han utilizado las talas sugeridas por Hoek y Brown (1997) y Hoek, Marinos y Benisksi (1998), Hoek y Marinos (2000). Los valores adoptados se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro N°4.19: Determinación de la constante mi.

Litología	Constante mi
Andesita	19
Arenisca	19

Caliza Esparística	10
Caliza Micrita	8
Cuarcita	24
Dacita	17
Limolita	9
Lutita	4
Marga	7

2.1.1.1. Resistencia a la Compresión de la Matriz Rocosa (σ_{ci})

La resistencia a la compresión de la matriz rocosa σ_{ci} se ha determinado a través de los ensayos de Cargo Puntual. Los resultados se muestran en el punto 4.7.2 del ítem “Ensayos de carga puntual”

2.1.1.2. Índice Geológico de Resistencia, GSI.

Evalúa la calidad del macizo rocoso en función del grado y las características de la fracturación, estructura geológica, tamaño de bloques y alteración de las discontinuidades.

Cuadro N°4.20: Resumen de Parámetros de resistencia en taludes de roca.

PROGRESI VAS		Progresiva evaluada	Tipo de suelo o tipo de Roca	Tipo de suelo o tipo de Roca	Parámetros de suelos			Parámetros de roca			Parámetros de Hoek-Brown Generalizado		
Inicio	Final				γ (tn/m ³)	C (kg/cm ²)	ϕ (°)	γ (KN/m ³)	UCS (Mpa)	G SI	mb	s	a
46+300	46+350	46+300	EG-44	Cuarcita	-	-	-	24.57	86.90	41	355.00	000	0.511
		46+350	EG-45	Cuarcita	-	-	-	24.40	58.00	39	0.308	0.00	0.512

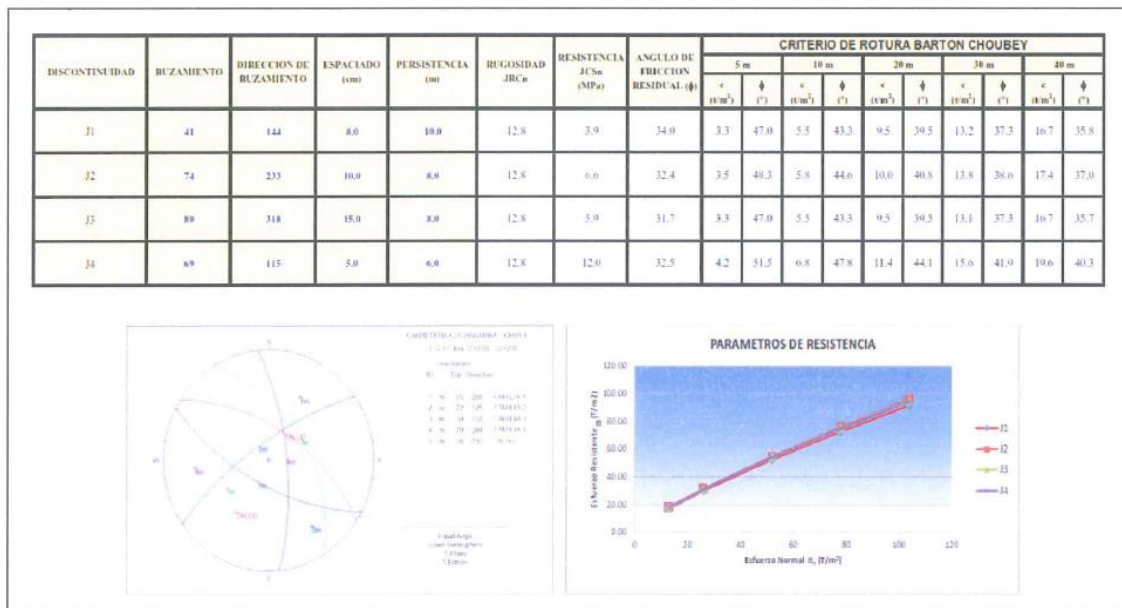
Fuente: Laboratorio de geotecnia Sotelo & Asociados.

4.1.12. Parámetros de resistencia cortante en discontinuidades.

Para evaluar la estabilidad de los macizos rocoso, cuyo comportamiento es gobernado por sus discontinuidades, se empleó el método del equilibrio límite, utilizando el criterio

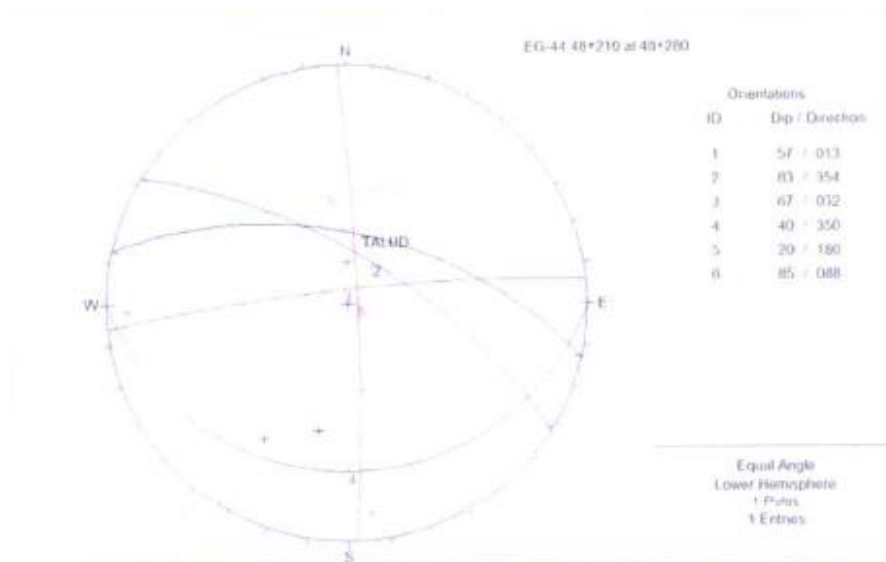
de rotura de Barton y Bandis, Existen muchos métodos y/o criterios para autentificar los parámetros de resistencia de corte de las discontinuidades una de ellas es la relación del antiguo.

FIGURA N°4.57: Parámetros de resistencia en discontinuidades para la cuarcita.



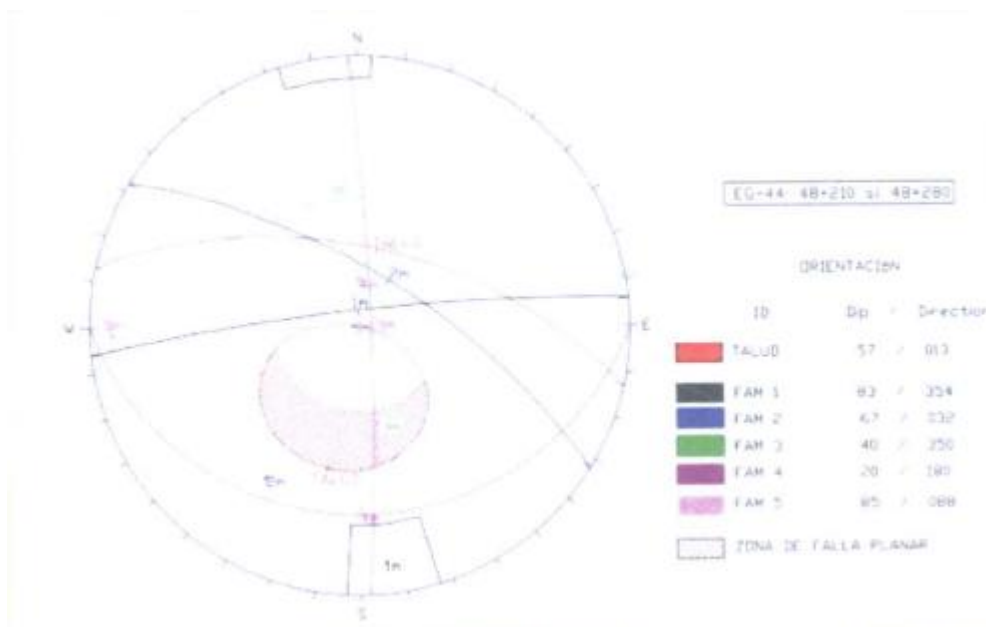
Fuente: Laboratorio de geotecnia Sotelo & Asociados.

FIGURA N°4.58: Vista de todas las orientaciones de las familias y del talud, en el tramo EG44.



Fuente: Laboratorio de geotecnia Sotelo & Asociados.

FIGURA N°4.59: Vista del análisis por falla planar del tramo EG-44.



Fuente: Laboratorio de geotecnia Sotelo & Asociados.

Aspectos sísmicos.

Peligro sísmico.

El peligro sísmico se define por la probabilidad que en un lugar determinado ocurra un movimiento sísmico de una intensidad igual o mayor que en cierto valor fijado. En general, se hace extensivo el término intensidad a cualquier otra característica de un sismo, tal como su magnitud, la aceleración máxima, el valor espectral de la velocidad, el valor espectral del desplazamiento del suelo medio de la intensidad Mercalli modificada u otro parámetro.

En el presente proyecto, que se ubica en Km 46+300 al Km 46+350 de la Carretera PE3N Longitudinal de la Sierra Norte, Tramo Cochabamba – Cutervo – Santo Domingo de la Capilla – Chiple, se tiene que de acuerdo al peligro sísmico del estudio geológico-geotécnico del EDI aprobado, le corresponde un coeficiente de aceleración de 0.30g, consecuentemente para el diseño de taludes y muros aplicando el método pseudo-estático, se recomienda utilizar un coeficiente de 0.15g.

**ANEXO N°05: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD
DE TALUDES**

5. Análisis de estabilidad de taludes

Los criterios utilizados en el diseño se basan en la aplicación de metodologías de análisis y diseño para obras de ingeniería geotécnica. Las pruebas y ensayos para la obtención de la información del terreno y de los materiales que los componen, cumplen procedimientos estandarizados internacionalmente. Los criterios de diseño se basan en la aplicación de modelos y procedimientos de análisis que son actualizados permanentemente a la luz de los resultados obtenidos en proyectos similares.

Los criterios de estabilidad mencionados aseguran un adecuado comportamiento de los taludes desde el punto de vista de la resistencia de los suelos, rocas y materiales involucrados, así como el nivel de deformación de los taludes ante un evento sísmico, condiciones recomendables para el extenso periodo de exposición sísmica.

Los análisis de estabilidad asumen superficies de falla tipo circular. Se utiliza los métodos de equilibrio límite de Bishop Simplificado y de Janbu.

El análisis de estabilidad se ha realizado utilizando el programa de cómputo GEO5.

Los análisis de estabilidad consideran el comportamiento drenado mediante el uso de parámetros de resistencia de suelos, rocas materiales granulares y drenantes, que conforman los taludes en estudio.

5.1. Estabilidad de taludes en roca.

El grado de estabilidad de los taludes de corte ha sido determinado a partir resultado de la evaluación geomecánica de los taludes rocosos, pues es conocido, el comportamiento de un macizo rocoso está directamente relacionado con el número de familias de discontinuidades existentes, su distribución espacial y orientación respecto al talud en estudio. En tal sentido, se ha realizado la evaluación geomecánica mente de taludes rocosos identificando las principales familias, determinando el RQD, la dirección de buzamiento, espaciamiento entre discontinuidades, persistencia y otros aspectos relevantes. La evaluación de geomecánica se realizó utilizando el programa de cómputo DIPS para identificar las principales familias de discontinuidades y determinar el tipo de falla más probable de ocurrencia en el talud, una vez determinado el tipo de falla se analiza para caso, mediante el método de equilibrio limite.

Del análisis que se realizó en el macizo rocoso se ha evaluado los siguientes tipos de falla:

- Falla tipo planar
- Falla tipo cuña
- Falla por volteo

5.1.1. Falla tipo planar

Se trata de falas más frecuente que se presenta en un talud, y se produce cuando exista una fractura dominante en la roca, convenientemente orientada respecto al talud, En la salida del programa de cómputo Dips, la zona de ocurrencia de falla planar está limitada por el ángulo de fricción y el de buzamiento del talud.

Condiciones:

1. El plano de rotura ha de ser más o menos paralelo al talud (+ ó -20°).
2. El plano de rotura debe aflotar en la cara del talud (menor buzamiento que este).
3. El buzamiento del plano de rotura debe ser mayor que su ángulo de fricción.
4. Necesita de superficies de despegue laterales para permitir la salida del material deslizante.

5.1.2. Falla tipo cuña

Este tipo de falla se produce a través de dos discontinuidades dispuestas oblicuamente a la superficie del talud con la línea de intersección de ambas, aflorando en la superficie de este además del buzamiento desfavorable. La obtención del factor de seguridad es más compleja que en el caso de rotura planar debido a que el cálculo debe hacerse en tres dimensiones, entrando en la caracterización geométrica del problema, lo cual conlleva un número mucho mayor de variables angulares.

5.1.3. Falla por volteo

La falla por volteo se produce cuando dos familias de discontinuidades ortogonales convenientemente orientadas originan un sistema de bloques. El análisis de estabilidad de taludes se determina para cada talud por la variación de la dirección de las discontinuidades.

5.1.4. Análisis de estabilidad

Para el análisis de estabilidad de taludes se utilizó el programa de cómputo Slide versión 5.0. Este programa permite modelar configuraciones complejas, definir modelos para el suelo y la roca tales como: Mohr-Coulom, Hoek-Brown anisotrópico, Hoek-Brown generalizado, Barton-Blandis, función esfuerzo normal-corte entre otros.

El cálculo del factor de seguridad se realiza en sesiones donde se tienen las condiciones más críticas, permitiendo llevar a cabo un análisis de forma bidimensional y aproximando el programa un estado de deformaciones planas. La metodología está basada en el método de equilibrio limite, incorporando diversos métodos simplificados y rigurosos (Bishop, Spencer, Morgenster-Price, etc.) para el cálculo del factor de seguridad. El programa tiene la opción de utilizar diferentes métodos de análisis de estabilidad de manera simultánea, para el caso de nuestro análisis de ha utilizado el Método de Bishop. Como hipótesis del análisis se considera que las propiedades de los materiales son homogéneas e isotrópicas y que el colapso se produciría como resultado de fallas simultaneas a lo largo de la superficie de deslizamiento.

Para el análisis pseudo-estático se considera que la masa involucrada en la falla está sometida a una fuerza horizontal igual a un coeficiente sísmico multiplicado por el peso de la masa, a fin de tomar en cuenta el efecto de las fuerzas inerciales producida por el terremoto de diseño, Hynes-Griffin y Frankiln(1984), recomendación el valor de coeficiente sísmico horizontal igual a la mitad de la máxima aceleración en roca.

Típicamente el análisis de estabilidad de taludes en las sesiones de análisis se realiza para los siguientes casos:

- Análisis estatico del talud proyectado y el talud con solución propuesta
- Análisis pseudo-estático del talud del proyecto y el talud con solución propuesta.

5.1.4.1. Factores de seguridad mínimo.

En la siguiente tabla se presentan los factores de seguridad mínimos aceptables, recomendados por el cuerpo de ingenieros del Ejército de los Estados Unidos (U.S. Army Corps of Engineers).

Cuadro N°5.1: Valores de seguridad mínima.

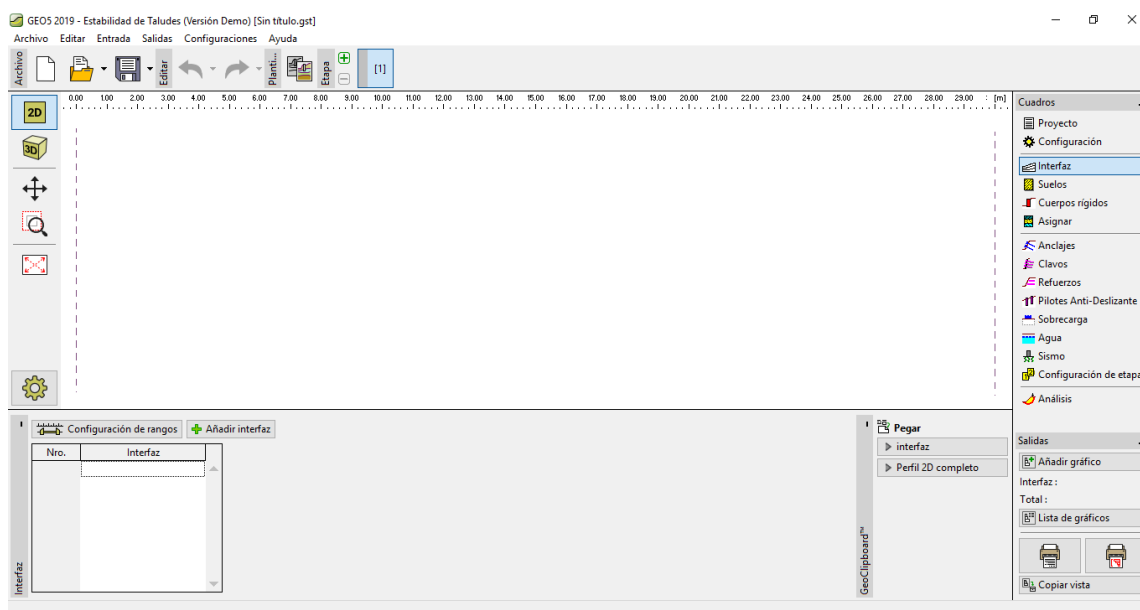
Caso analizado	Factor de seguridad
Al Final de la construcción- Estático	1.30
A lo largo plazo- Estático	1.50
Pseudo estático	1.00

Fuente: Laboratorio de geotecnia Sotelo & Asociados.

Cabe minimizar que un factor de seguridad pseudo-estático mayor a no significa que el talud no presente desplazamiento durante un sismo. Lo probablemente ocurra es que se desarrollarán desplazamientos mínimos y no se producirán daños permanentes, asociados al sismo de diseño. En el caso de que el factor de seguridad pseudo- estático sea menor que 1.0 se deberán verificar los desplazamientos permanentes inducidos por el terremoto de diseño para verificar si estos son o no admisibles y definir en función de un criterio más riguroso, es decir, en función de los desplazamientos permanentes. Los parámetros de resistencia cortante en suelo y roca, que fueron considerados para el análisis de estabilidad “Parámetros de resistencia”.

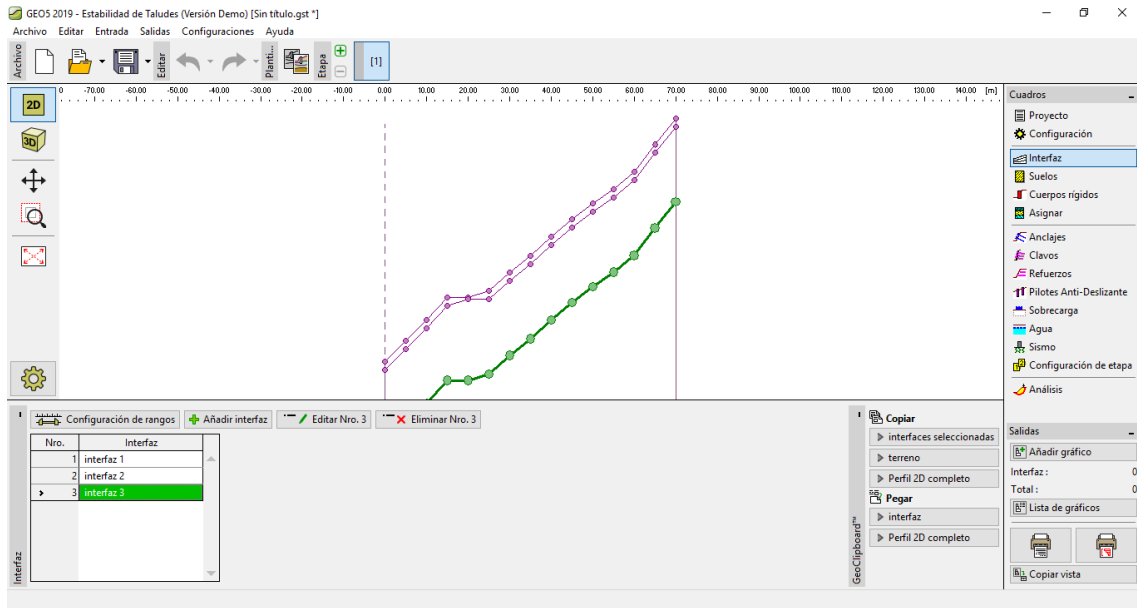
5.1.4.2. Estabilidad del talud con GEO5

Figura N°5.1: Interfaz del programa GEO5.



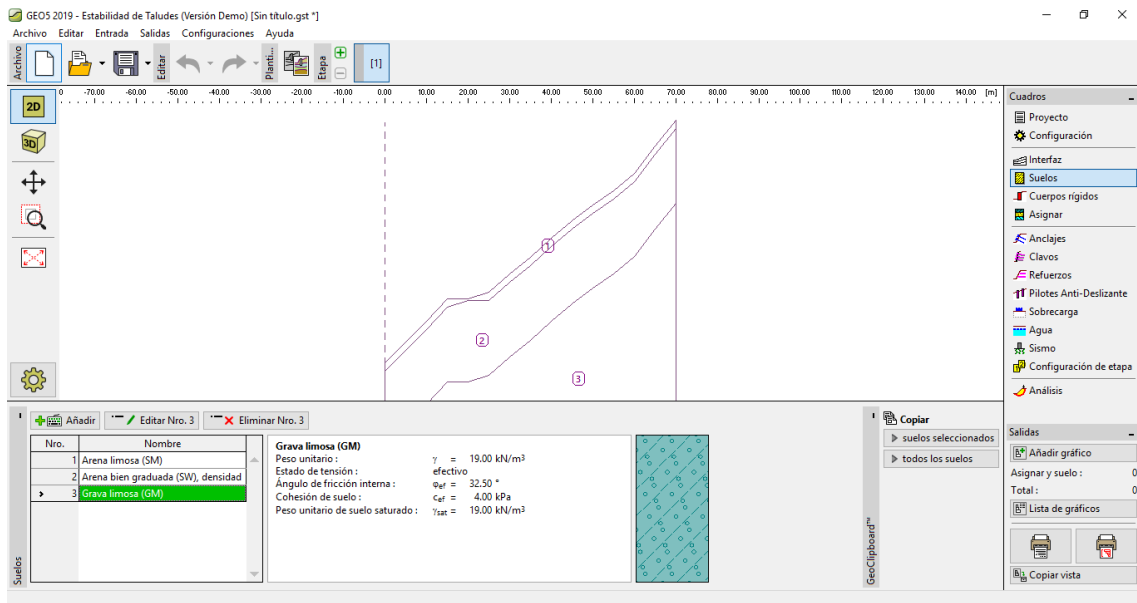
Fuente: GEO5.

Figura N°5.2: Se dibuja el interfaz.



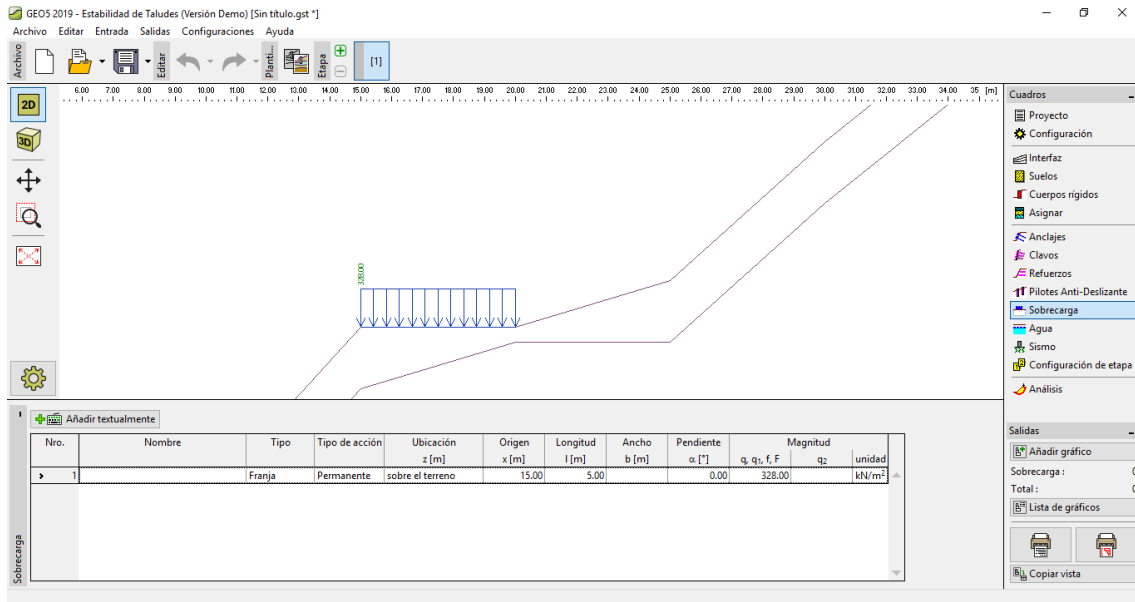
Fuente: GEO5.

Figura N°5.3: Designación de suelos.



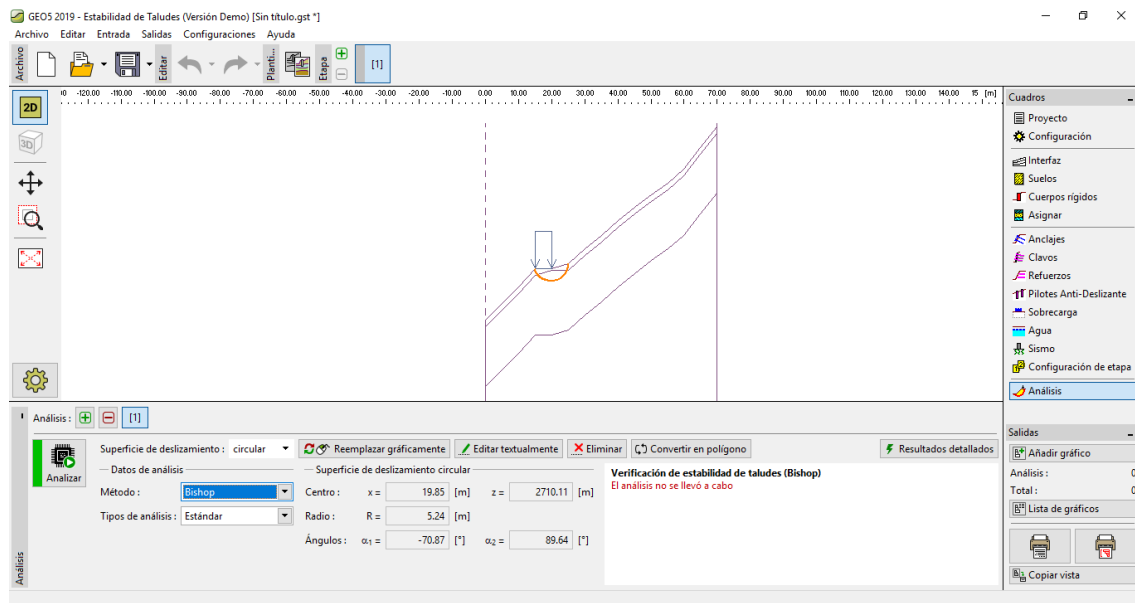
Fuente: GEO5.

Figura N°5.4: Asignación de carga.



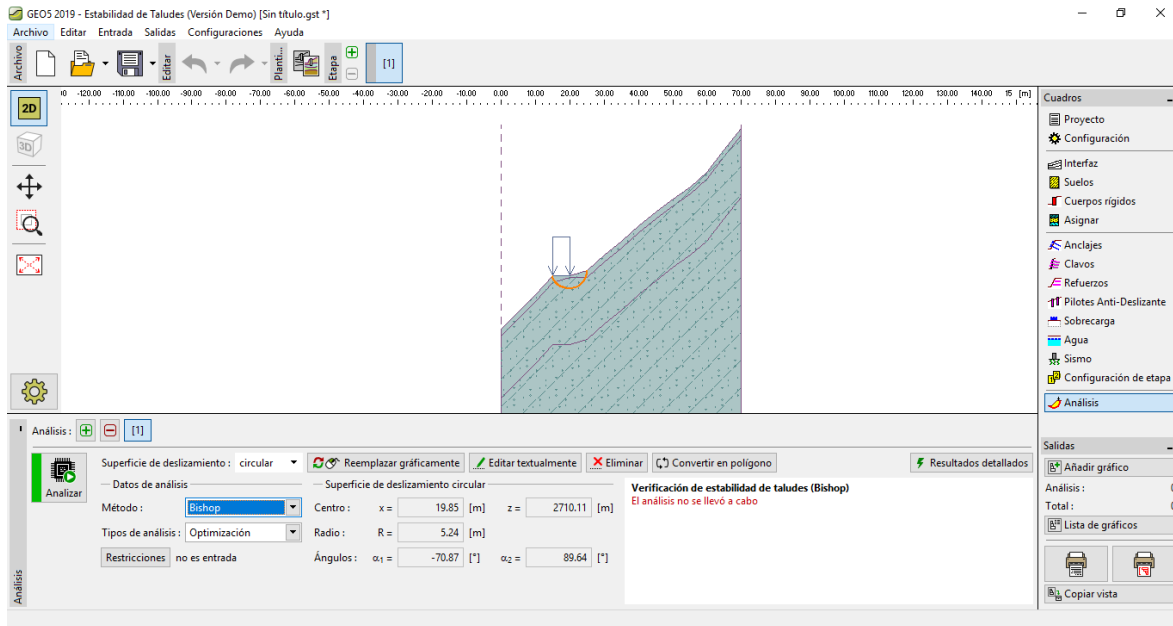
Fuente: GEO5.

Figura N°5.5: Análisis del programa con la carga y un posible plano de falla.



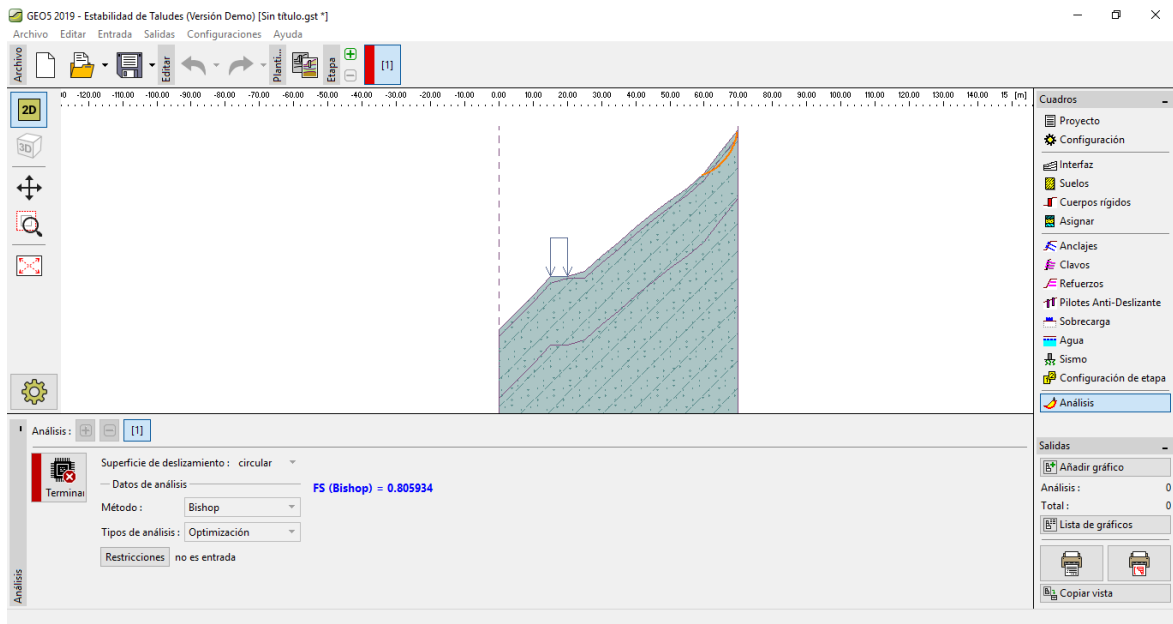
Fuente: GEO5.

Figura N°5.6: Posible falla en el talud.



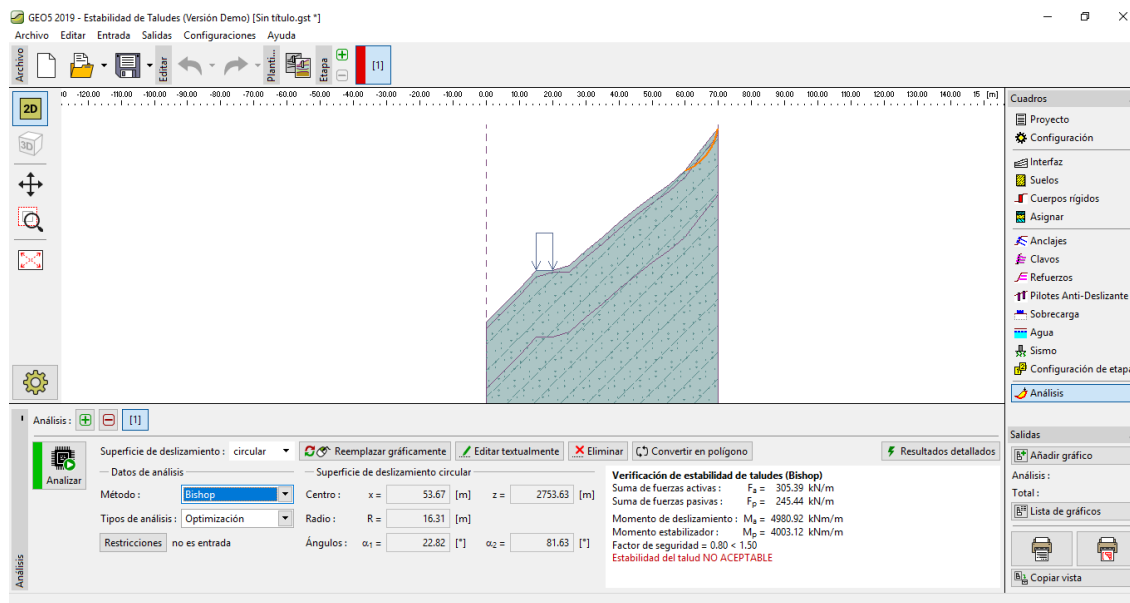
Fuente: GEO5.

Figura N°5.7: Análisis de la posible falla.



Fuente: GEO5.

Figura N°5.8: Posible falla en la parte superior de talud.



Fuente: GEO5.

Conclusiones y recomendaciones

- En sector se desarrolla bajo la influencia geológica de las unidades sedimentarias y volcánicas del mesozoico (Jurásico medio al cretáceo medio).
- En el talud natural presenta pendientes mayores a 30° ; y los taludes de corte de la vía actual inclinaciones mayores de 75° en general.
- Se trata de un tipo estrato superficial a 2 metros de graba limosa y a partir de esa profundidad de una roca cuarcita.
- La estabilidad del talud se demuestra a través del GEO5 que la falla se encuentra en la parte superior, causando desprendimientos del talud.

**ANEXO N°06: MODELAMIENTO
EN SOFTWARE SAP2000**

6. Diseño y análisis del proyecto.

Redimensionamiento de los elementos estructurales.

Para el predimensionamiento del falso Túnel se optó por considerar las norma suiza, peruana y recomendaciones de diferentes autores sobre el diseño con respecto a este tema.

Datos generales

Losa maciza: 0.4 m.

$F'_c=280 \text{ Kg/cm}^2$ en todos los elementos estructurales.

$F_y=4200 \text{ Kg/cm}^2$

Altura del Falso Túnel: 10.60 m.

Ancho del Falso Túnel: 14.35 m.

Largo del Falso Túnel: 51.80 m.

Vigas transversales: 0.70 m x 1.50 m.

Vigas paralelas a la longitud: 0.70 m x 1.20 m.

Columnas: 0.70 m x 0.90 m

Cimentación: altura 1 m por ancho 15 m longitud de 51.80 m

Espaciamiento ente columnas 2.8 m.

La longitud del proyecto es 51.80 metros

Se considero el modelado de dos bloques de longitud 25.9 cada uno de ellos.

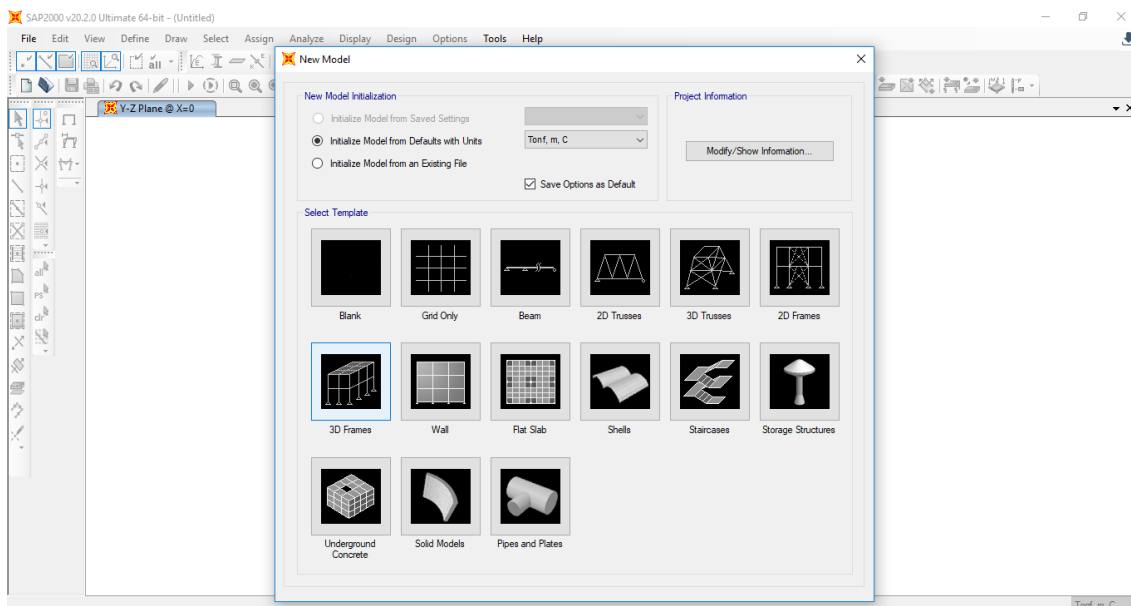
Sistemas estructurales: Muros de concreto armado.

Modelamiento del Falso Túnel en el programa SAP 2000.

Paso 1.

Se inicio el programa SAP2000.luego se seleccionó “New Model” para que el programa ejecute una hoja en blanco; ubicado en la parte superior izquierda. Como resultado la página se visualizará en blanco para luego se abrirá una pantalla de inicio nuevo, como se observa en la imagen.

Figura N°6.1: Ventana de inicio del Sap2000 al crear Falso Túnel.

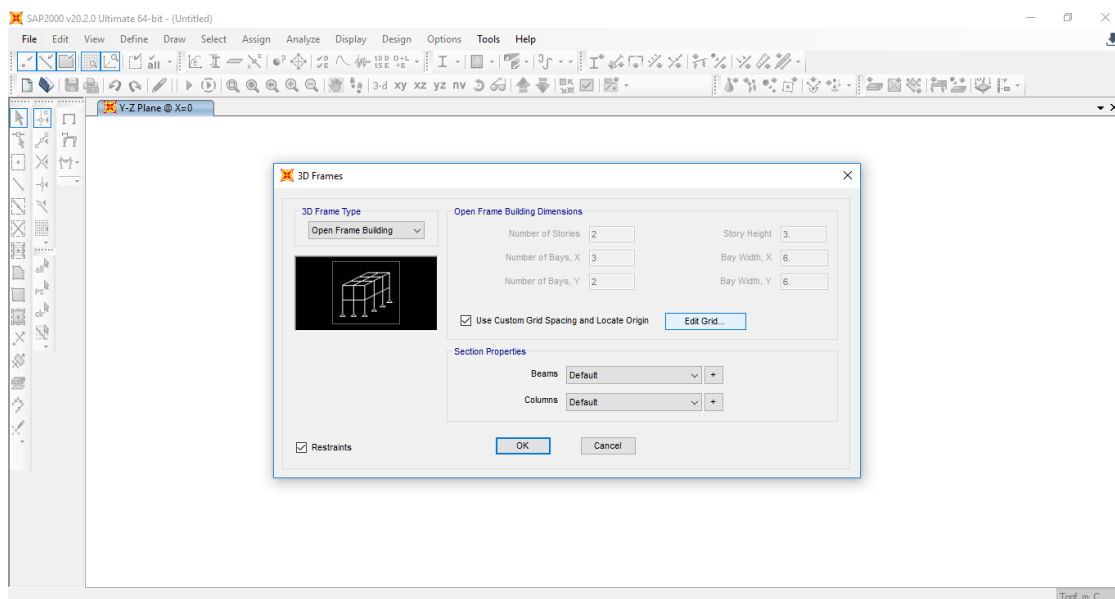


Fuente: SAP 2000.

Paso 2.

Se seleccionó la opción 3D Frames and Edit Grid Data para editar las cuadrículas y ubicar el origen de coordenadas.

Figura N°6.2: Ventana 3D Frame.



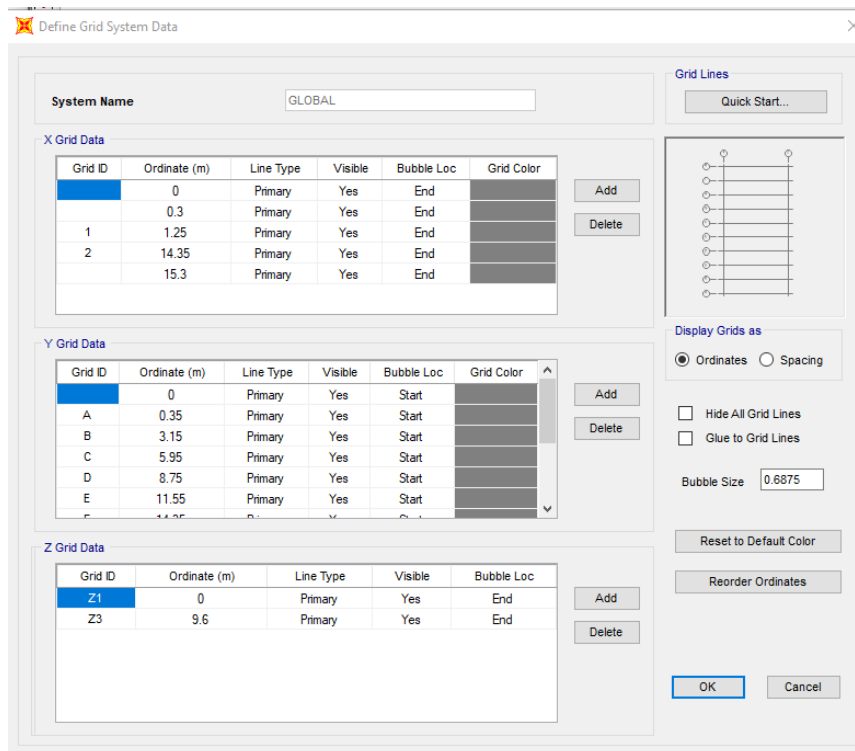
Fuente: SAP 2000.

Paso 3.

Se seleccionó la opción Define Grid System Data para editar las cuadrículas y ubicar el origen de coordenadas.

Editando y creando valores de los ejes en los tres ejes globales. Después de editar todos los valores se procede a solucionar OK, dos veces.

Figura N°6.3: Ventana Define Grid System Data.

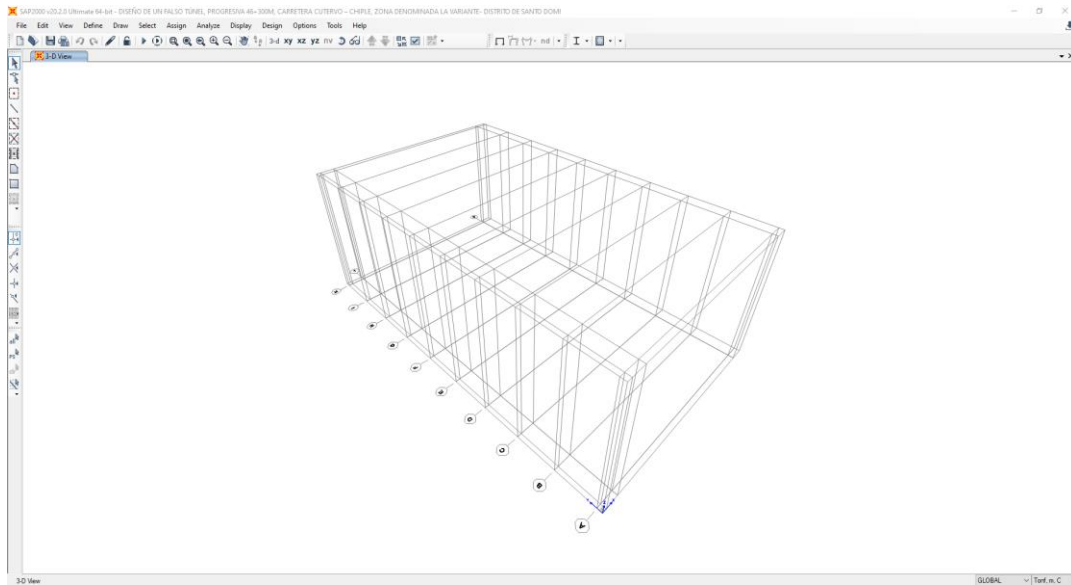


Fuente: SAP 2000.

Paso 4.

Después de presionar dos veces Ok se observara en la pantalla del SAP2000, La cual se observará en 3D y en los planos XY,XZ,YZ.

Figura N°6.4: Visualización de las grillas.

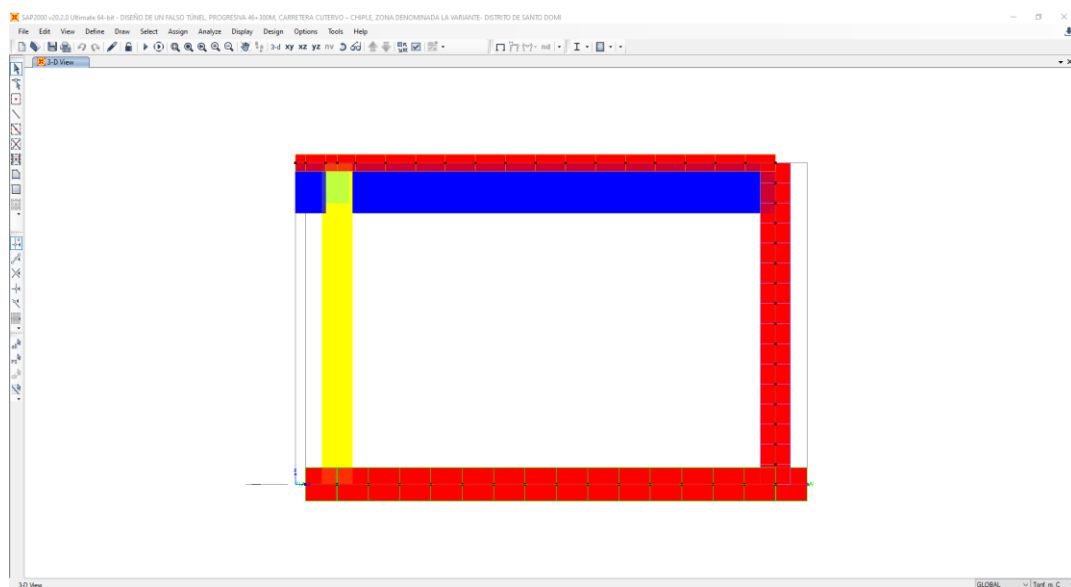


Fuente: SAP 2000.

Paso 5.

Se realiza la definición de cada elemento estructural; vigas, columnas, losa maciza, cimentación y muros.

Figura N°6.5: Asignación de elementos de acuerdo con las estructuras.



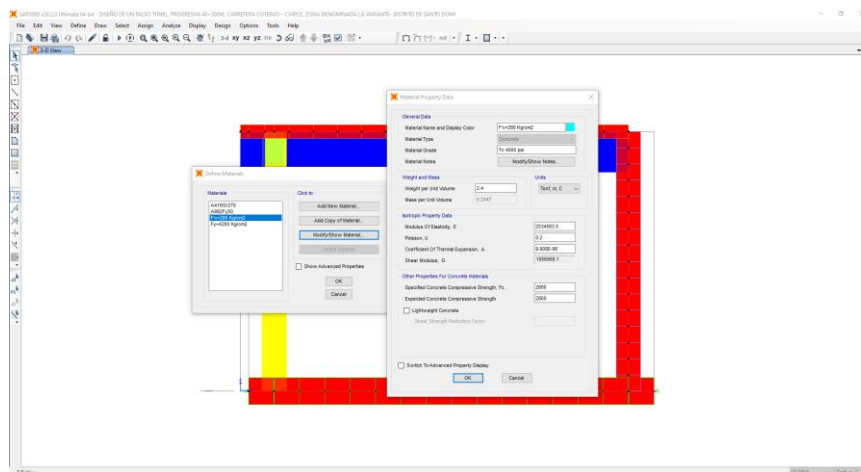
Fuente: SAP 2000.

Paso 6.

Se crearon materiales haciendo uso de “Define” y elegiremos la primera opción que se observará en la imagen, que será “Material Properties”. Se definirá cada uno de los materiales que se usará, $F'c=280 \text{ Kg/cm}^2$ $F_y=4200 \text{ Kg/cm}^2$.

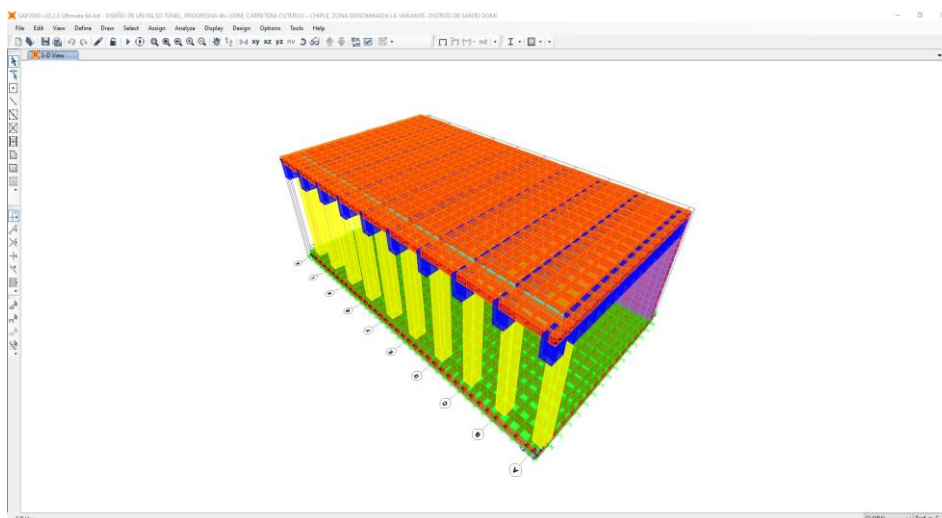
Luego se modificará los valores de cada material y se realizó los mismos pasos para la creación de los demás materiales.

Figura N°6.6: Definición de los materiales que se utilizara en las estructuras del Falso Túnel.



Fuente: SAP 2000.

Figura N°6.7: Vista después de ser extruido y diafragmado el Falso Túnel: Bloque 01.



Fuente: SAP 2000.

**ANEXO N°07: ESTUDIO DE
HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA Y
DRENAJE.**

7. ESTUDIO HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA Y DRENAJE.

7.1 Dimensionamiento de estructuras para drenaje longitudinal y transversal (pluvial)

7.1.1 Cunetas

Para el tramo en estudio se han proyectado dos (02) tipos de cunetas:

- Cunetas de sección triangular, para la zona no urbana
- Cunetas de sección rectangular, para la zona urbana

El caudal de diseño para las cunetas fue definido anteriormente por el Método Racional, cuyo resultado fue $0.125 \text{ m}^3/\text{s}$.

7.1.1.1. Cunetas de Sección Triangular (Zona No Urbana)

Para las zonas no-urbanas se está proyectando la cuneta de sección triangular - Tipo I, cuyas medidas son:

Talud exterior 1.0H: 1.0V

Talud interior 3.0H: 1.0V

Altura 0.30 m Ancho 1.20 m

El cálculo hidráulico de la cuneta triangular se presenta en el Figura N°7.1. Para las cunetas de sección triangular se recomienda una pendiente mínima de 0.5% [14].

7.1.1.2. Cuneta de Sección Rectangular (Zona Urbana)

Para las zonas urbanas se ha proyectado la cuneta de sección rectangular - Tipo II, cuyas dimensiones son:

Talud vertical

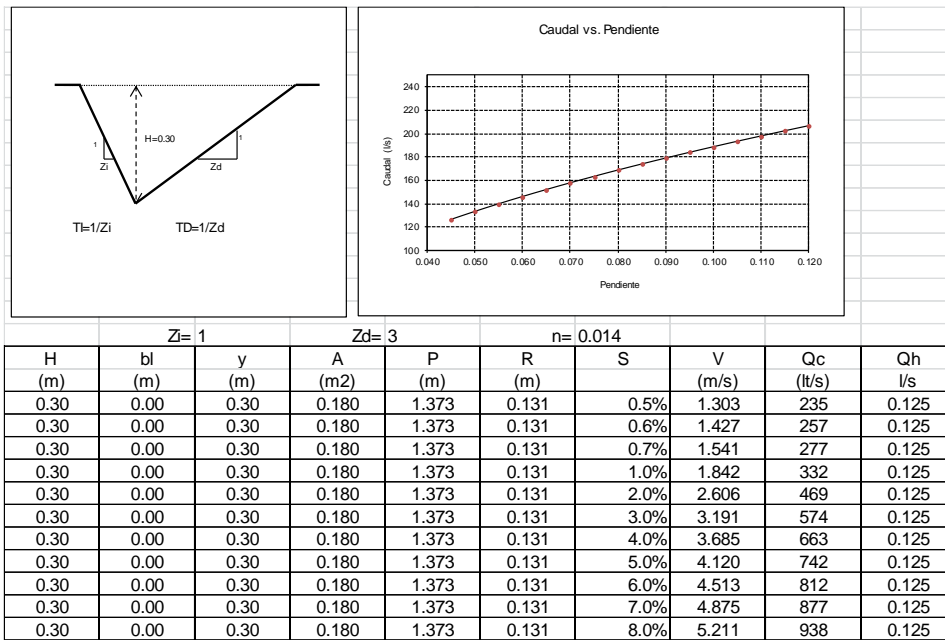
Altura 0.40 m

Ancho 0.50 m

Las cunetas de sección rectangular serán cubiertas con una losa de concreto armado, con aberturas verticales de 0.20 m por donde discurrirá el agua de lluvias; estas aberturas tendrán rejillas metálicas; además se está considerando ubicar tapas de inspección distanciadas cada 10.00 m. Véase los planos de detalles.

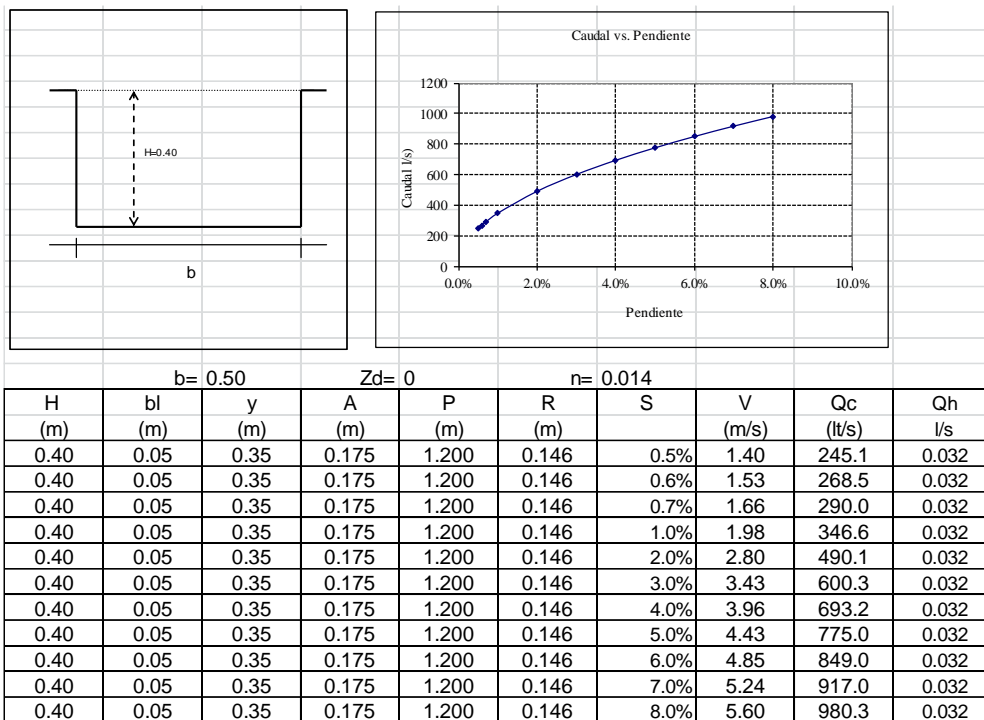
El cálculo hidráulico de la cuneta rectangular se muestra en el Figura N°7.2. Para las cunetas de sección rectangular se recomienda una pendiente mínima de 0.5% [14].

Figura N°7.1: Cálculo de la capacidad de cunetas triangulares.



Fuente: Consorcio Carretera Longitudinal Cajamarca [14].

Figura N°7.2: Cálculo de la capacidad de cunetas rectangulares.



Fuente: Consorcio Carretera Longitudinal Cajamarca [14].

Cabe indicar que para una adecuada limpieza y mantenimiento de las cunetas se recomienda que éstas tengan una berma externa de 0.60 m al pie del talud de corte.

Información hidrometeorológica.

Cuadro N°7.1: Este tramo se encuentra la estación Cutervo con 21 años de registro (1989-2009)

Estaciones meteorológicas ubicadas en el área de estudio					
Estación	Provincia	Distrito	Latitud S.	Longitud W.	Altitud (m.s.n.m)
Cutervo	Cutervo	Chota	06°22'	78° 48'	2600

Fuente: Senamhi.

Figura N°7.3: Registros de precipitaciones máximas en 24 horas por meses 1/2.

SENAMHI
Oficina General de Estadística e Informática

OFICINA GENERAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA

ESTACION: CUTERVO / 000352 / DRÉ-02
PARAMETRO: PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)

LAT: 6° 22' S
LONG: 78° 48' W
ALT: 2600 msnm

DFTO: CAJAMARCA
PROV: CUTERVO
DST: CUTERVO

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
2006	27.0	25.4	49.5	37.0	7.4	14.8	12.5	3.5	10.8	23.5	32.4	18.8
2007	31.3	9.4	25.8	49.7	27.3	4.0	15.2	7.8	15.1	48.5	26.0	24.9
2008	28.0	38.3	15.2	23.8	20.8	11.7	6.2	18.5	22.2	35.2	5.0	24.4

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL

INFORMACION PREPARADA PARA: TECNICA Y GESTION DE PROYECTOS S.A.
LIMA, 6 DE ENERO DEL 2010

Fuente: Senamhi.

Figura N°7.4: Registros de precipitaciones máximas en 24 horas por meses 2/2.



Fuente: Senamhi.

Análisis hidrológico y estimación de los caudales de diseño para diferentes periodos de recurrencia.

Estudio de cuenca descripción de estructuras existentes.

Cuadro N°7.2: Precipitaciones máximas en 24 horas (mm) por años.

Año	Cutervo
	2600 msnm
1989	38.5
1990	52.0
1991	31.2
1992	31.0
1993	52.0
1994	81.5
1995	42.8
1996	39.5
1997	36.0
1998	65.7
1999	57.0

2000	50.0
2001	49.1
2002	54.4
2003	40.0
2004	43.7
2005	46.7
2006	49.5
2007	49.7
2008	38.3
2009	28.8

Fuente: Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera PE-3N, longitudinal de la Sierra Norte, Tramo Cochabamba-Cutervo- Santo Domingo de la capilla-Chiple.

Cuadro N°7.3: Caudal de diseño para cunetas tipo I-Estación Cutervo

Descripción	Pista	Talud	Total	Unidad
Coefficiente de escorrentía	0.86	0.46		
Ancho de área tributaria	3.5	100		m
Longitud de área tributaria	200	200		m
Área	0.0007	0.020		Km/m ²
Tiempo de concentración	11	19		min
Periodo de retorno	30	30		año
Intensidad	60.13	45.09		mm/h
Caudal de Diseño	0.010	0.115	0.125	m ³ /s

Fuente: Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera PE-3N, longitudinal de la Sierra Norte, Tramo Cochabamba-Cutervo- Santo Domingo de la capilla-Chiple.

**ANEXO N°08: CANTERAS Y
FUENTES DE AGUA**

8. Canteras y fuentes de agua.

8.1. Alcance

El estudio de canteras tiene por objetivo identificar y localizar probables fuentes de materiales dentro de una distancia relativamente próxima a la obra, de calidad y cantidad suficientes para ser usadas en diferentes obras de pavimentos y estructuras de concreto hidráulico, tratando de que los costos de producción y transporte sean razonables.

Para el desarrollo del presente estudio de canteras y fuentes de agua se ha tomado referencia, la información disponible de los certificados de calidad e informes técnicos de la cantera ubicada en el Km 48+650, cantera del “Rio Callayuc” Km 85+200 y de la fuente de agua “ El verde” Km 42+780, realizados en el estudio “ Rehabilitación y Mejoramiento de la Cantera PE-3N, Longitudinal de la Sierra Norte, Tramo Cochabamba-Santo Domingo de la Capilla-Chiple” [14].

8.2. Ubicación

La ubicación de las principales fuentes de materiales existentes, corresponden a depósitos de origen fluvial y coluvial. Los usos, tratamientos y rendimientos de los materiales de canteras ubicadas en el tramo en estudio se definieron en base a los resultados de los ensayos de laboratorio correspondientes, así como observaciones de campo.

8.3. Identificación de la cantera.

Luego de la revisión de la información y certificados de ensayos de obra disponibles, se ha identificado dos canteras cercanas al área en estudio y que se presenta en el siguiente cuadro.

Cuadro N°8.1: Canteras identificadas.

CANTERA IDENTIFICADA			
N°	Nombre	Ubicación	Lado
01	Cantera Km 48+650	Km 49+650	derecho
02	Cantera “Rio Callayuc”	Km 85+200	derecho

Fuente: Propia.

8.4. Evaluación de la cantera.

Se parte de la información disponible se describe la cantera teniendo en cuenta las características de los materiales. Para esto se ha tomado los resultados de los ensayos de laboratorio realizados en obra que juntamente con las especificaciones técnicas permitieron determinar el uso y tratamiento que tendrá el material de la cantera. A continuación, se presenta la descripción de la cantera ubicada.

8.4.1. Cantera km 49+650 (Cerro).

Figura N°8.1: Vista de la cantera Km 59+650.



Fuente: Consorcio Carretera Longitudinal Cajamarca.

Ubicación	:	Km. 49+650, Lado derecho
Acceso	:	Al costado de la vía
Potencia Bruta	:	17,036.43 m ³
Potencia Neta	:	16,001.62 m ³
Potencia Útil	:	16,001.62 m ³
Tipo de Fuente de Material	:	Coluvial
Tamaño Máximo	:	20"
Usos y tratamiento	:	Relleno – Zarandeado Afirmado – Zarandeado
Rendimiento	:	Relleno – 75% Afirmado – 70%
Periodo de explotación	:	Todo el año
Explotación	:	Cargador frontal, zaranda
Propietario	:	Presentación Leyva Altamirano

El material característico de la cantera consiste en gravas empacadas en una matriz limo-arcillosa, clasificados en el Sistema Unificado SUCS como GC y GM-GC y en sistema AASHTO como A-2-4(0).

Los resultados promedio de los ensayos son los siguientes:

Limite Liquido	=	19.7%
Índice Plástico	=	7.3%
Pasante malla N° 200	=	16.3%
CBR al 100 % MDS	=	44.7%
Impurezas Orgánicas	=	No Aceptable
Equivalente de arena	=	23%
Abrasión Los Ángeles (% de desgaste)	=	21.3%

Fuente: Consorcio Carretera Longitudinal Cajamarca.

8.4.2. Cantera km 85+200 (RIO CALLAYUC).

Figura N°8.2: Vista del Rio Callayuc.



Fuente: Consorcio Carretera Longitudinal Cajamarca.

Ubicación	:	Km. 85+200, Lado derecho
Acceso	:	50 m, necesita mejoramiento
Potencia Bruta	:	143,639.50 m ³
Potencia Neta	:	134,169.40 m ³
Potencia Util	:	107,335.52 m ³
Tipo de Fuente de Material	:	Fluvial
Tamaño Máximo	:	25"
Usos y tratamiento	:	Gaviones - Zarandeado

		Relleno – Zarandeado
		Subbase – Zarandeado
		Base – Chancado y zarandeado
		Carpeta Asfáltica – Chancado, zarandeado, aditivo mejorador de adherencia tipo amina
		TSB - Chancado y zarandeado
		Concreto Hidráulico – Chancado, zarandeado y lavado (agregado fino)
		Filtros – Zarandeado
Rendimiento	:	Gaviones – 20%
		Relleno – 63%
		Subbase – 68%
		Base – 88%
		Carpeta Asfáltica – 88%
		TSB – 88%
		Concreto Hidráulico – 88%
		Filtros – 50%
Periodo de explotación	:	Abril a Noviembre
Explotación	:	Cargador frontal, zaranda, chancadora
Propietario	:	Demetrio Vigo Mendoza

El material característico de la cantera consiste en gravas empacadas en una matriz arenosa, clasificados en el Sistema Unificado SUCS como GP y en sistema AASHTO como A-1-a(0).

Los resultados promedio de los ensayos son los siguientes:

Índice Plástico	=	N.P.
CBR al 100 % MDS	=	82.7%
CBR al 100 % MDS (chancado)	=	>100%
Equivalente de arena	=	59%
Equivalente de arena (muestra lavada)	=	75%
Abrasión Los Ángeles (% de desgaste)	=	14.3%
Partículas con 1/2 caras de fractura	=	49/21%

Partículas con 1/2 caras de fractura (chancado)	=	100/100%
Partículas chatas y alargadas	=	3.8%
Partículas chatas y alargadas (chancado)	=	5.1%
Durabilidad piedra (% desgaste)	=	9.3%
Durabilidad arena (% desgaste)	=	9.7%
Durabilidad piedra (% desgaste) (chancado)	=	8.95%
Durabilidad arena (% desgaste) (muestra lavada)	=	9.22%
Durabilidad arena (% desgaste) (chancado)	=	9.36%
Adherencia arena nat. (con aditivo) PEN 60/70	=	3-10
Adherencia arena nat. (con aditivo) PEN 85/100	=	3-10
Adherencia arena chanc. (con aditivo) PEN 60/70	=	5-10
Adherencia arena chanc. (con aditivo) PEN 85/100	=	5-10
Adherencia piedra chancada PEN 60/70	=	+95
Adherencia piedra chancada PEN 85/100	=	+95
Impurezas Orgánicas	=	Aceptable
Contenido Sales Solubles (arena nat)	=	0.0143%
Contenido Sales Solubles (arena nat lav.)	=	0.0127%
Contenido Sales Solubles (arena nat chanc.)	=	0.0153%
Contenido Sulfatos Solubles (arena nat.)	=	40.2 ppm
Contenido Cloruros Solubles (arena nat.)	=	65.0 ppm
Contenido Sulfatos Solubles (arena nat.lav.)	=	33.8 ppm
Contenido Cloruros Solubles (arena nat.lav.)	=	56.8 ppm
Contenido Sulfatos Solubles (arena chanc.)	=	34.9 ppm
Contenido Cloruros Solubles (arena chanc.)	=	57.9 ppm
Contenido Sulfatos Solubles (piedra)	=	37.2 ppm
Contenido Cloruros Solubles (piedra)	=	63.3 ppm
Contenido Sulfatos Solubles (piedra chanc.)	=	28.3 ppm
Contenido Cloruros Solubles (piedra chanc.)	=	54.6 ppm
Pasante malla N° 200	=	3.5%
Pasante malla N° 200 (lavado)	=	3.3%
Pasante malla N° 200 (chanc.)	=	4.4%
Índice Plástico pasante Malla N° 200 (nat.)	=	N.P.
Índice Plástico pasante Malla N° 200 (lav.)	=	N.P.

Terrones de arcilla (arena nat.)	=	0.21%
Terrones de arcilla (arena nat. lav.)	=	0.0%
Terrones de arcilla (piedra)	=	0.16%
Terrones de arcilla (piedra chanc.)	=	0.0%
Peso Unitario Suelto (arena nat.)	=	1554 kg/m ³
Peso Unitario Suelto (arena nat. Lav.)	=	1558 kg/m ³
Peso Unitario Suelto (arena chanc.)	=	1531 kg/m ³
Peso Unitario Compactado (arena nat.)	=	1629 kg/m ³
Peso Unitario Compactado (arena nat.lav.)	=	1628 kg/m ³
Peso Unitario Compactado (arena chanc.)	=	1601 kg/m ³
Peso Unitario Suelto (piedra)	=	1604 kg/m ³
Peso Unitario Compactado (piedra)	=	1695 kg/m ³
Peso Unitario Suelto (piedra chancada)	=	1619 kg/m ³
Peso Unitario Compactado (piedra chancada)	=	1699 kg/m ³
Absorción Agregado Grueso	=	0.67%
Absorción Agregado Grueso (chancado)	=	0.75%
Absorción Agregado Fino (nat.)	=	0.59%
Absorción Agregado Fino (nat. Lav.)	=	0.65%
Absorción Agregado Fino (chanc.)	=	0.67%
Carbón, lignito (piedra)	=	0.073%
Carbón, lignito (piedra chanc.)	=	0.07%
Carbón, lignito (arena nat.)	=	0.113%
Carbón, lignito (arena nat.lav.)	=	0.13%
Carbón, lignito (arena chanc.)	=	0.16%

Fuente: Consorcio Carretera Longitudinal Cajamarca.

8.5. Fuente de agua.

El estudio de fuente de agua tiene por objetivo realizar la identificación, análisis y selección de la fuente de aprovisionamiento de agua para la obra, tanto para la fabricación de concretos para el humedecimiento de materiales para su compactación.

A fin de obtener una distancia corta de transporte de agua y teniendo en cuenta las fuentes de agua aprobadas en el Estudio Definitivo para la “Rehabilitación y Mejoramiento de la carretera PE-3N Longitudinal de la Sierra Norte, tramo: Cochabamba-Cutervo-Santo Domingo de la Capilla-Chiple”, se recomienda el uso de la siguiente fuente de agua.

Cuadro N°8.2: Fuente de agua.

Fuente de agua			
Nombre	Ubicación	Acceso	Fuente
El Verde	Km 42+780	Directo	Quebrada

Fuente: Propia.

8.5.1. Fuente El Verde.

Figura N°8.3: Toma de muestra fuente de agua “El verde”.



Fuente: Consorcio Carretera Longitudinal Cajamarca.

Ubicación	:	Km 42+780, Lado Derecho
Tipo de Fuente de Agua	:	Quebrada
Acceso	:	Directo
Explotación	:	Habilitar poza lateral de captación para bombeo directo.
Período de Utilización	:	Estacional
Propietario	:	Libre disponibilidad.

Fuente: Consorcio Carretera Longitudinal Cajamarca.

9.4.11.8.1. Trabajo de Campo

De la fuente identificada se tomaron muestras de agua con la finalidad de poder determinar la existencia de sales solubles, sulfatos y sustancias nocivas, que puedan atacar la estructura del pavimento y obras de concreto con cemento Portland.

9.4.11.8.2. TRABAJOS DE GABINETE

Con las muestras de agua obtenidas se realizaron los siguientes análisis químicos:

Sales Totales Solubles (ppm)	MTC-E716	AASHTO T 26
Sulfatos solubles (ppm)	MTC-E716	ASTM D-516
Cloruros solubles (ppm)	MTC-E716	ASTM D-512
pH	MTC-E716	AASHTO T 26

En el Cuadro se presentan los resultados de los análisis químicos realizados.

Cuadro N°8.3: Sulfato, Cloros Solubles y Ph.

Fuente de Agua	Sulfatos Solubles mg/kg	Cloruros Solubles mg/kg	Sales Solubles Totales mg/kg	pH
El Verde	45.30	10.00	182.00	7.70
Valores máximos admisibles	1000	1000	1000.00	5.5 - 8.0

Fuente: Consorcio Carretera Longitudinal Cajamarca.

Figura N°8.4: Cantera km 49+650 (Cerro).



Consortio Carretera Longitudinal Cajamarca

Fondo
Solidaridad
Cajamarca

013

1.4.5. CANTERA KM 49+650 (CERRO)



Ubicación	:	Km 49+650, Lado derecho
Acceso	:	Al costado de la vía
Potencia Bruta	:	17,036.43 m ³
Potencia Neta	:	16,001.62 m ³
Potencia Util	:	16,001.62 m ³
Tipo de Fuente de Material	:	Coluvial
Tamaño Máximo	:	20"
Usos y tratamiento	:	Relleno – Zarandeado Afirmado – Zarandeado
Rendimiento	:	Relleno – 75% Afirmado – 70%
Periodo de explotación	:	Todo el año
Explotación	:	Cargador frontal, zaranda
Propietario	:	Presentación Leyva Altamirano

El material característico de la cantera consiste en gravas empacadas en una matriz limo-arcillosa, clasificados en el Sistema Unificado SUCS como GC y GM-GC y en sistema AASHTO como A-2-4(0).

Los resultados promedio de los ensayos son los siguientes:

Limite Liquido	=	19.7%
Índice Plástico	=	7.3%
Pasante malla N° 200	=	16.3%
CBR al 100 % MDS	=	44.7%
Impurezas Orgánicas	=	No Aceptable
Equivalente de arena	=	23%
Abrasión Los Ángeles (% de desgaste)	=	21.3%

OLGA KOUKOLEVA KOUKOLEVA
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 15325

JAIME JORGE SAAVEDRA DE RIVERO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 34486

Estudio Definitivo – Informe Final - Canteras

Fuente: Consortio Carretera Longitudinal Cajamarca.

Figura N°8.5: Cantera km 85+200 (Rio Callayuc) 1/4.



Consortio Carretera Longitudinal Cajamarca

Fondo
Solidaridad
Cajamarca

020

Rendimiento	:	Relleno – 83%
Periodo de explotación	:	Todo el año
Explotación	:	Cargador frontal, zaranda
Propietario	:	Antonio Segura

El material característico de la cantera consiste en gravas empacadas en una matriz arcillosa, clasificados en el Sistema Unificado SUCS como GC y en sistema AASHTO como A-4(0), A-4(3) y A-6(2).

Los resultados promedio de los ensayos son los siguientes:

Limite Liquido	=	28.7%
Índice Plástico	=	9.7%
Pasante malla N° 200	=	43.6%
CBR al 100 % MDS	=	53.3%
Impurezas Orgánicas	=	Aceptable
Equivalente de arena	=	16%
Abrasión Los Ángeles (% de desgaste)	=	21%

1.4.12. CANTERA KM 85+200 (RIO CALLAYUC)



Ubicación	:	Km. 85+200, Lado derecho
Acceso	:	50 m, necesita mejoramiento
Potencia Bruta	:	143,639.50 m ³
Potencia Neta	:	134,169.40 m ³
Potencia Util	:	107,335.52 m ³
Tipo de Fuente de Material	:	Fluvial
Tamaño Máximo	:	25"
Usos y tratamiento	:	Gaviones - Zarandeado Relleno – Zarandeado




JAIME JORGE SAAVEDRA DE RIVERO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 34486

OLGA KOUKOLEVA KOUKOLEVA
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 15355

Estudio Definitivo – Informe Final - Canteras

Fuente: Consortio Carretera Longitudinal Cajamarca.


Figura N°8.6: Cantera km 85+200 (Rio Callayuc) 2/4.

 <p>Los ANDES DE CAJAMARCA</p>	<p>Fondo Solidaridad <i>Cajamarca</i></p>	021
<p>Consorcio Carretera Longitudinal Cajamarca</p>		
<p>Rendimiento</p>	<p>Subbase – Zarandeado Base – Chancado y zarandeado Carpeta Asfáltica – Chancado, zarandeado, aditivo mejorador de adherencia tipo amina TSB - Chancado y zarandeado Concreto Hidráulico – Chancado, zarandeado y lavado (agregado fino) Filtros – Zarandeado Gaviones – 20% Relleno – 63% Subbase – 68% Base – 88% Carpeta Asfáltica – 88% TSB – 88% Concreto Hidráulico – 88% Filtros – 50%</p>	
<p>Periodo de explotación</p>	<p>Abril a Noviembre</p>	
<p>Explotación</p>	<p>Cargador frontal, zaranda, chancadora</p>	
<p>Propietario</p>	<p>Demetrio Vigo Mendoza</p>	

El material característico de la cantera consiste en gravas empacadas en una matriz arenosa, clasificados en el Sistema Unificado SUCS como GP y en sistema AASHTO como A-1-a(0).

Los resultados promedio de los ensayos son los siguientes:

Índice Plástico	=	N.P.
CBR al 100 % MDS	=	82.7%
CBR al 100 % MDS (chancado)	=	>100%
Equivalente de arena	=	59%
Equivalente de arena (muestra lavada)	=	75%
Abrasión Los Ángeles (% de desgaste)	=	14.3%
Partículas con 1/2 caras de fractura	=	49/21%
Partículas con 1/2 caras de fractura (chancado)	=	100/100%
Partículas chatas y alargadas	=	3.8%
Partículas chatas y alargadas (chancado)	=	5.1%
Durabilidad piedra (% desgaste)	=	9.3%
Durabilidad arena (% desgaste)	=	9.7%
Durabilidad piedra (% desgaste) (chancado)	=	8.95%



OLGA KOUKOLEVA KOUKOLEVA
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 34486

JAIME JORGE SAAVEDRA DE RIVERO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 34486

Estudio Definitivo – Informe Final - Canteras

Fuente: Consorcio Carretera Longitudinal Cajamarca.

Figura N°8.8: Cantera km 85+200 (Rio Callayuc) 4/4.

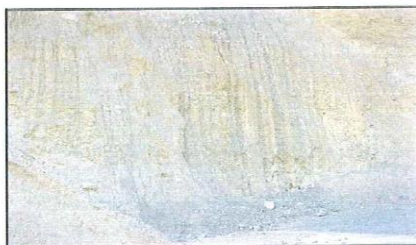
Consortio Carretera Longitudinal Cajamarca

Fondo
Solidaridad
Cajamarca

023

Peso Unitario Compactado (arena chanc.)	=	1601 kg/m ³
Peso Unitario Suelto (piedra)	=	1604 kg/m ³
Peso Unitario Compactado (piedra)	=	1695 kg/m ³
Peso Unitario Suelto (piedra chancada)	=	1619 kg/m ³
Peso Unitario Compactado (piedra chancada)	=	1699 kg/m ³
Absorción Agregado Grueso	=	0.67%
Absorción Agregado Grueso (chancado)	=	0.75%
Absorción Agregado Fino (nat.)	=	0.59%
Absorción Agregado Fino (nat. Lav.)	=	0.65%
Absorción Agregado Fino (chanc.)	=	0.67%
Carbón, lignito (piedra)	=	0.073%
Carbón, lignito (piedra chanc.)	=	0.07%
Carbón, lignito (arena nat.)	=	0.113%
Carbón, lignito (arena nat.lav.)	=	0.13%
Carbón, lignito (arena chanc.)	=	0.16%

1.4.13. CANTERA KM 85+250 (CERRO)



Ubicación	:	Km 85+250, Lado izquierdo
Acceso	:	Al costado de la vía
Potencia	:	197,067.40 m ³
Potencia	:	193,145.83 m ³
Potencia	:	193,145.83 m ³
Tipo de Fuente de Material	:	Coluvial
Tamaño Máximo	:	15"
Usos y tratamiento	:	Relleno – Zarandeado




OLGA KOUKOLEVA KOUKOLEVA
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 15355

JAIME JORGE SAAVEDRA DE RIVERO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 34486

Estudio Definitivo – Informe Final - Canteras

Fuente: Consorcio Carretera Longitudinal Cajamarca.

Figura N°8.9: Fuente de agua (El Verde) km 42+780 ½.



Los ANDES DE CAJAMARCA


Consortio Carretera Longitudinal Cajamarca

Fondo **Solidaridad**
Cajamarca

028


Propietario : Libre disponibilidad

2.1.3. QUEBRADA CARA LAMPA




Ubicación	:	Km 41+890, Lado Izquierdo
Tipo de Fuente de Agua	:	Quebrada
Acceso	:	Directo
Explotación	:	Habilitar poza lateral de captación para bombeo directo.
Periodo de Utilización	:	Estacional
Propietario	:	Libre disponibilidad

2.1.4. EL VERDE



OLGA KOUKOLEVA KOUKOLEVA
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 15356



Ubicación : Km 42+780, Lado Derecho

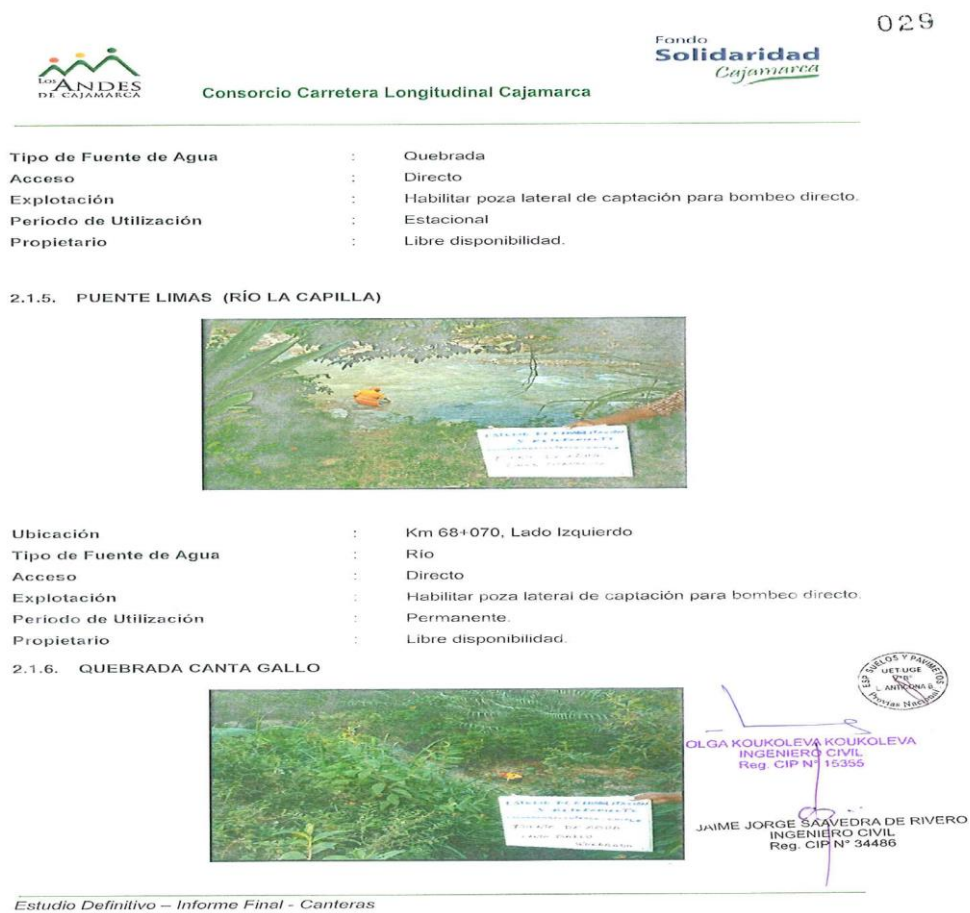
JAIME JORGE SAAVEDRA DE RIVERO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 34486

Estudio Definitivo – Informe Final - Canteras

26

Fuente: Consorcio Carretera Longitudinal Cajamarca.

Figura N°8.10: fuente de agua (El verde) KM 42+780 2/2.



Fuente: Consorcio Carretera Longitudinal Cajamarca.

**ANEXO N°09: EVALUACION
DE IMPACTO AMBIENTAL**

9. EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL.

La evaluación ambiental que se realizó en el proyecto de “DISEÑO DE UN FALSO TÚNEL, PROGRESIVA KM 46+300, CARRETERA CUTERVO – CHIPLE, ZONA DENOMINADA LA VARIANTE- DISTRITO DE SANTO DOMINGO DE LA CAPILLA, PROVINCIA DE CUTERVO - REGIÓN CAJAMARCA, 2018.” Se ha podido identificó los posibles impactos ambientales directos e indirectos, negativos y positivos, dentro de su área de influencia.

Este proyecto se desarrollará en la Región de Cajamarca, Provincia de Cutervo, Distrito de Santo Domingo de la Capilla que tiene por finalidad diseño de un Falso Túnel para dar la transitabilidad del tramo evaluado, realizando de manera responsable y sostenible para el medio ambiente.

Para elaborar la evaluación del impacto se tomó en cuenta los factores ambientales como: Agua, Aire, Suelo, Paisaje, Vegetación, Fauna y Socio económico, como susceptibles a ser afectados, y las actividades o acciones necesarias para la ejecución de Proyecto durante las etapas de Planificación, Ejecución y Mantenimiento.

Para ello se determina los impactos negativos y positivos, detallándolos, valorándolos e implementando a la vez un Plan de Manejo Ambiental que esté ligado con la Inversión del Proyecto.

9.1. Objetivos.

8.1.1. Objetivo general.

- Reconocer, predecir y evaluar los posibles impactos ambientales que se generarán en las diferentes etapas del proyecto, en el área de influencia.

8.1.2. Objetivos específicos.

- Reconocer, determinar y analizar el medio físico y sociocultural, donde se desarrolla el proyecto.
- Elaboración de un método para identificar los impactos para desarrollar el estudio de impacto ambiental.
- Plantear medidas de prevención y mitigación de impactos.

9.2. Descripción del proyecto.

Los impactos potenciales que se generan por la vía se analizarán respecto a los medios físicos – biológicos y aspectos socioeconómicos, con estos resultados se realiza la definición y predicción de impactos, ya sea positivos o negativos; se valorarán y establecerán

recomendaciones para mejorar los positivos y se establecen las medidas de mitigación o correctivas de los negativos.

9.2.1. Ubicación geográfica del proyecto.

- Localidad: La Variante.
- Distrito: Santo Domingo de la Capilla.
- Provincia: Cutervo.
- Región: Cajamarca.

9.2.2. Área de influencia.

- Lugar : Cutervo - Cajamarca.
- Longitud de vía : Km 91+620.
- Trazo de vía : asfalto de dos carriles.
- Tipo vegetación : Arbustiva.
- Obras drenaje : cunetas, badenes, alcantarillas
- Encauzamientos : De cursos de agua.

9.2.3. Componente físico.

9.2.3.1. Clima.

El área de estudio le corresponde un clima lluvioso. Las condiciones climáticas son variadas determinando diferentes condiciones ecológicas; comprende principalmente los 2 000 a los 2 800 msnm en donde existe un marcado aumento de la intensidad de lluvias casi todo el año.

9.2.3.2. Precipitación.

De las estaciones climatológicas, se tiene que los valores altos de precipitación máxima en 24 horas se presentan entre los meses de octubre a abril, presentándose el mayor valor en el mes de abril con un valor de 81.5 mm; este valor se presentó en el año 1994.

9.2.3.3. Hidrografía e hidrología

La carretera se inicia en la localidad de Cochabamba, Km. 0+000, a una altitud de 1662 msnm y va en ascenso hasta alcanzar una altitud de 2776 msnm cruzando en su recorrido varias quebradas y pueblos hasta llegar a la “la variante” luego, Chiple en el empalme con la Ruta 4 en el Km.91+620. El tiempo de concentración de las cuencas, definido como el tiempo que una gota de agua caída en el punto más lejano

emplea para llegar a la sección de salida de la cuenca, varía de 0,12 horas a 10,91 horas.

9.2.3.4. Temperatura

La temperatura media entre los años 1994-2011 de la estación climatológica de Chota varía entre 12.7 °C-15.7°C, y el valor menor de Temperatura promedio a nivel mensual es de 13.9°C, correspondiendo al mes de Julio.

9.2.3.5. Humedad relativa.

Los valores de Humedad Relativa Mínima y Máxima Promedio, se encuentran normalmente entre el 70% y 97%, alcanzando los mínimos valores hacia el mediodía y los mayores valores durante horas de la madrugada. La humedad dependerá, en parte, de la temperatura, y que el aire caliente contiene más humedad que frío; e indica la cantidad de vapor de agua en el aire.

9.2.3.6. Fisiografía

Su relieve constituye en vertiente montañosa moderadamente empinada con una pendiente que oscila entre 30.1 a 45%, donde existe una alternancia de áreas rocosas y de suelos coluviales y zonas de poca profundidad.

9.2.3.7. Calidad del aire.

De acuerdo con sus características fisiográficas y rurales, Santo domingo de la Capilla, específicamente el tramo del proyecto posee, un bajo nivel de polución, lo cual se puede apreciar en el aire limpio por lo general con poca cantidad de partículas sólidas y líquidas. Determinadas concentraciones de escasos contaminantes en el tramo de influencia del proyecto tienen como principal fuente las corrientes de aire, presentado de escasos niveles de contaminación en los meses de invierno, los vientos fuertes logran generar dispersión de algunos contaminantes a la atmósfera.

9.2.3.8. Suelos.

Los suelos ocupan porciones de superficie terrestre y son definidos como cuerpos naturales, independientes, tridimensionales y dinámicas con características propias, que se genera de la acción de los diferentes factores y procesos edafogénicos de formación.

9.2.3.9. Geología Y Geomorfología.

Aflora en la localidad de Cutervo hacia el noreste, en Chota. Consta de la intercalación de areniscas calcáreas, lutitas ferruginosas dando en superficie un matiz amarillento. En las zonas aledañas de Cajamarca es de coloración rojiza. Su grosor aproximado es de 100 m. Infra yace concordantemente a la formación Chúlec y subyace con la misma relación a la formación Farrat. El área de influencias directa se desarrolla dentro de las siguientes unidades geomorfológicas:

Vertiente Montañosa Empinada a Escarpada.

9.2.3.10. Uso actual de los suelos.

El proyecto para realizar se desarrolla dentro de la región de Cajamarca, como en todo medio social, la actividad humana genera cambio en su retorno.

Para el desarrollo de este acápite, la descripción actual de los suelos en el área de influencia del proyecto se ha empleado la metodología propuesta por la Unión Geográfica de Internacional (UGI).

Cuadro N°9.1: Categorías de uso Actual de Tierras identificadas en el área de influencia.

Descripción		
Categorías de la UGI	CATEGORIAS USADAS EN EL PROYECTO	SIMBOLOGIA
Uso Agrícola	Uso Urbano	Uu
Tierras de cultivo	Uso Agropecuario	Ap
	Uso agrícola	A
Pastos	Otros usos	Ou

Fuente: SENAMHI

9.2.3.11. Otros usos

Corresponde a las tierras que no son utilizadas por las actividades agrícolas, pecuarias, mineras, forestales y/o agroindustrial, es decir donde no se desarrollas ninguna actividad humana y está

conformada según se observó en campo por montaña, pastos naturales, Vegetación arbustiva, afloramientos rocosos, Esta unidad está comprendida en el tramo Km 48+300 al Km 48+900. En el cual el Kilometro comprendido del proyecto es Km 46+300 al Km 46+350, por lo cual están en el tramo de la categoría Otros usos.

9.2.3.12. Hidrología e Hidrografía.

El tramo de influencia del proyecto se ubica en un su mayor porcentaje dentro de la cuenca del rio Chamaya.

9.2.3.13. Cuenca del Rio Chamaya

Esta cuenca se desarrolla dentro de diferentes ciudades entre ellas distrito de Santo Domingo de la Capilla. Esta Presenta un área de 6621,51 Km², con pendientes que llegan hasta el 20%, tiene una disponibilidad de 132 m³/s, unas de la demanda de riego de 193.16m³/s y un uso doméstico de 42.72 m³/s.

9.2.3.14. Medio biológico.

Dentro de los efectos que más destacan en una carretera son: fragmentación de los ecosistemas, dispersión de especies exóticas y disminución de las poblaciones de especies de flora y fauna nativa, alteración del ciclo hidrológico, cambios micro climáticos, producción de material particulado y de ruido, y contaminación de las aguas y del suelo.

El tramo del proyecto se encuentra en el Km 46+300 de la vía que comienza en la ciudad de Cochabamba ubicado aproximado a 1,677 msnm., a partir de allí asciende al centro poblado de Cutervo 2,600 msnm, continua al centro poblado Cercado de la Capilla ubicado a 1,850 msnm descendiendo y finalizando en el centro poblado de Chiple a 800 msnm. En su recorrido de esta vía atraviesa una diversidad de hábitats, desde ambientes desérticos con alta temperatura hasta ambientes fríos altoandinos con cambios bruscos a lo largo del día. Por lo cual el tramo del proyecto se encuentra en un ambiente frío-andino.

Para describir la línea base biológica se procederá biológica se procederá a realizar las siguientes actividades.

9.2.4. Formación Ecológica.

Para la determinación de las zonas de vida existentes en el área de influencia directa del proyecto, se utilizará

a) fragmentación de habitats.

Según Primarck, 1998. El fenómeno en su mayoría es enlazado a la tala de bosques para sus conversiones en otros tipos de usos del suelo, también se da cuando el hábitat es atravesado por un canal, carretera, línea con transmisión y otras obras. Hay que destacar que existen dos tipos de efectos: el efecto borde y el efecto barrero, ambas afectan la persistencia de los diferentes tipos de especies.

- **Efecto Barrera**

En este efecto se produce impidiendo la movilidad de estructuras reproductivas y organismos. Produciendo como consecuencia la limitación de dispersión y colonización de los organismos. Las especies como aves, insectos y mamíferos no cruzan estas barreras; por lo cual, los frutos de las plantas o semillas que son dispersadas por animales también se verán afectadas

- **Efecto Borde.**

Este efecto borde se da cuando un ecosistema es dividido y son modificadas sus condiciones bióticas y abióticas de la matriz circundante y de los fragmentos. En este proyecto se presentará en el borde de la vía e inmediaciones, dónde se crearán condiciones diferentes de temperatura, humedad y mayor susceptibilidad al viento.

b) En el área de estudio se encuentran las siguientes formaciones vegetales.

Formación ecológica.

- **Bosque Húmedo-Montano Bajo Tropical (bh-MBT)**

Se distribuye, en los valles interandinos y en la vertiente occidental de los Andes, en la región de sierra, entre los 2000 y 3000 msnm, y en otras zonas entre los 2000 y 2500 ó entre 2500 y 3000 msnm. Posee un clima húmedo-Templado Cálido, con temperatura media anual entre 12°C y 17 °C; y precipitación pluvial entre 900 y 1800 milímetros.

Las especies arbóreas propias de esta Zona de Vida son “aliso” *Alnus acuminata*, ”romerillo” *Podocarpus* sp, “carapacho” *Weinmania* sp, entre otras. Asimismo, es típico el “carricillo” *Chusquea* sp, zarzamora y el epifitismo algo moderado representado por Bromeliáceas, líquenes y musgos. Esta zona de vida ofrece

condiciones apropiadas para la agricultura y ganadería, La agricultura de secano se desarrolla con normalidad, sin contratiempos hídricos ni términos entre los meses entre Setiembre a abril. La ganadería se manifiesta de manera favorable. La reforestación encuentra condiciones favorables, aconsejándose especies como aliso.

- **Flora silvestre.**
- **Bosque húmedo fraccionado de montañas (Bh fm)**

Esta formación vegetal se extiende por todo el flanco oriental andino desde pie de montaña hasta unos aproximadamente 3200 msnm, Presente montañas con cerros escarpados y atravesados por una quebrada que forman valles estrechos en niveles inferiores; así mismo los suelos van de ser superficiales hasta rocosos en las partes mayor escarpe. Esta cobertura vegetal se encuentra entre el tramo del proyecto Km 46+300-KmKm 46+350.

Cuadro N°9.1: Flora reportada en el área de influencia directa e indirecta- Estado de conservación.

Subclase	Familia	Especie	Nombre Común
CLASE: Pinopsida			
	Podocarpaceae	Podocarpus sp	Diablo fuerte
CLASE: Magnoliopsida			
Caryophyllidae	Amaranthaceae	Althernanthera pubiflora	Hierba blanca
Carypphyllidae	Nyctaginaceae	Boungavillea pachyphylla	Papelillo
Dillenidae	Bombacaceae	Eriotheca ruizii	Pasallo

Dillenidae	Bombacaceae	Ochroma pyramidale	Topa
Dillenidae	Capparidaceae	Capparis angulata	Sapote
Dillenidae	Capparidaceae	Capparis avicennifolia	Bichayo
Dillenidae	Salicaceae	Salix chilensis	Sauce
Dillenidae	Cucurbitaceae	Luffa operculata	Jaboncillo
Hamamelidae	Betulaceae	Alnus acuminata	Aliso
Rosidae	Anacardiaceae	Lexopterigium huasango	Hualtaco
Rosidae	Burseraceae	Bursera graveotens	Palo blanco
Rosidae	Cactaceae	Opuntia ficus-indica	Tuna
Rosidae	Cactaceae	Trichocereus sp.	Gigantón
Rosidae	Cactaceae	Trichocereus sp.	Cola de zorro
Rosidae	Caesalpiniaceae	Caesalpinia paipai	Charán
Rosidae	Caesalpiniaceae	Cercidium sp.	Canalquil, palo verde

Rosidae	Euphorbiaceae	Jatropha curcas	Piñon
Rosidae	Fabaceae	Spartium junceum	Retama
Rosidae	Fabaceae	Erythrina edulis	Pajuro, poroto
Rosidae	Fabaceae	Erthrina velutina	Porolo
Rosidae	Mytaceae	Eucaliptus sp.	Eucalipto
Asteridae	Solanaceae	Solanum sp.	Tomatillo

Fuente: Diversidad florística del Norte del Perú (Sagástegui, et al 1999,2003).

- **Fauna silvestre.**

Para determinar la fauna silvestre del área de estudio se ha recorrido a información secundaria. Las especies identificadas corresponden al área de influencia directa de la vía.

Cuadro N°9.2: Fauna reportada en el área de influencia directa-estado de conservación.

Familia	Especie	Nombre Común
Clase: MAMMALIA- Subclase: theria		
Canidae	-	Zorro andino
Musteline	Pseudalopex culpaeus	Zorrino
Muridae	Akodon orophilus	Ratón campestre montaños.
Caviidae	Cavia tschudii	Cuy silvestre
Clase:AVES		

Accipitridae	Geranoaetus melanoleucus	Aguilucho grande
Accipitridae	Buteo polysoma	Aguilucho común
Accipitridae	Parabuteo unicinctus	Gavilán oscuro
Tinamidae	Nothoprocta	Perdiz
CLASE: REPTILES		
	Tachynemis spp.	Culebras
	Liolaemus	Lagartija
CLASE: ANFIBIOS		
	Bufo spinolosus	Sapo común

Fuentes: Birdlife international 2008, Estrategia de Conservación de Biodiversidad de la Región Cajamarca (Gobierno Regional del Cajamarca, 2007).

- **Áreas naturales protegidas.**

El tramo del proyecto Km 46+300-Km 46+350, en el área de influencia del proyecto no se encuentra dentro de ningún Área natural protegida por el estado peruano.

9.2.5. Medio socioeconómico cultural.

El objetivo de estudio del medio socioeconómico cultural del tramo en estudio, área de influencia, tanto directa e indirecta, tiene por objetivo caracterizar esta área de influencia, describiendo de la manera detallada su estructura económica, social y organizativa, con el fin de realizar una evaluación social que permita incluir los factores sociales.

El proyecto estudiado de la construcción de un falso túnel en el progresiva Km 46+300, se encuentra en el trayecto entre la Provincial de Cutervo y el distrito de Santo Domingo de La Capilla.

- **Poblados en el área de influencia.**

En el presente estudio se ha considerado distritos y caseríos.

Cuadro N°9.3: Poblados comprendidos en el estudio de este proyecto.

Departamento	Provincia	Distrito	Centro poblado	Categoría	Zona
Cajamarca	Cutervo	Santo Domingo de la Capilla	Chaupi Cruz Santa Gertudes Cercado de la capilla Santa Rita Guayabo	Caserío	Rural

Fuente: Censo Nacional de Población 2007, INEI.

9.2.6. Aspecto socio económico.

El tipo de ocupación de la población económicamente activa de 14 años a más del distrito

a) Educación.

A nivel de los indicadores educativos, se observa que los niños de 6 a 11 años, es decir los que son atendidos por el nivel primario son los que presentan mayor porcentaje de inclusión, a nivel provincial y de los distritos comprendidos en el estudio del tramo del proyecto de rehabilitación de la carretera Cutervo-Chiple, se observa más del 90% de niños atendidos; no obstante este porcentaje baja considerablemente cuando trata de los niños atendidos de 12 a 16 años, es decir en el nivel secundario, es decir en el nivel secundario, donde las provincias presentan mejores niveles, a nivel general, que los distritos comprendidos en el estudio del proyecto de rehabilitación de la carretera Cutervo-Chiple, esto debido principalmente por que la educación secundaria se ofrece mayormente en las capitales distritales y no en todos los caseríos o anexos. Estos porcentajes son aún menores cuando se trata de jóvenes que terminan secundaria oportunamente, es decir en la edad que corresponde según el Ministerio de Educación, donde

los niveles alcanzan menos del veinte por ciento de la población joven; allí se observa que los distritos de Santo Domingo de la Capilla y de Callayuc con los que presentan los niveles más bajos en el estudio realizado.

Por otro lado, a nivel de la tasa de analfabetismo adulto de los distritos comprendidos en el estudio, se observa que el nivel alcanzado a nivel provincial es menos del que presentan los distritos, esto se observa a nivel de la provincia de Cutervo.

Cuadro N°9.4: Indicadores de Cobertura y Culminación Básica y Analfabetismo, según distrito (Porcentajes).

Provincia/distrito	Niños y atendidos por el sistema educativo			Niños que terminan la primaria oportunamente	Población joven con primaria completa	Jóvenes que culminan secundaria oportunamente	Población secundaria completa	Tasa de analfabetismo adulto
	4 a 5 años	6 a 11 años	12 a 16 años					
Cutervo	539	93.4	72.4	61.7	85.1	21.9	26.3	21.9
Cutervo	60.3	94.3	73.2	65.9	85.7	29.4	32.0	24.0
Santo Domingo de la capilla	50.0	92.5	60.5	57.7	83.2	10.10	14.6	27.2
Callayuc	31.4	911	59.8	50.8	74.3	14.3	18.5	25.8

Fuente: ESCALE 2010, MINEDU.

b) Salud y nutrición.

Según información del Hospital de Cutervo, las enfermedades típicas son las IRAs y EDADs, debido principalmente al clima y a la “poca cultura de higiene” de los pobladores, lo que dificulta el control posterior también, cuando se detectan las enfermedades.

Cuadro N°9.5: Principales causas de Morbilidad, Departamento de Cajamarca- Año 2011.

ORD	Causas de morbilidad	TOTAL		MASCULINO		FEMENINO	
		N°	%	N°	%	N°	%
1	Complicaciones del trabajo de parto	1,829	6.6	-	0.0	1829	8.3
2	Otros trastornos maternos relacionados con el embarazo	1,602	5.8	-	0.0	1602	7.3
3	Embarazo terminado en aborto	1,523	5.5	-	0.0	1523	6.9
4	Enfermedades infecciosas intestinales	984	3.6	429	7.6	555	2.5
5	Influencia (gripe) y neumonía	904	3.3	481	8.5	423	1.9
6	Enfermedades infecciosas intestinales	852	3.1	389	6.9	463	2.1
7	Trastornos de la vesícula biliar, de las vías biliares y del páncreas	549	2.0	132	2.3	417	1.9
8	Atención materna que tiene que ver con el feto y la	500	1.8	239	4.2	261	1.2

	cavidad amniótica y con posibles complicaciones en el parto						
9	Trastornos hemorrágicos y hematológicos del feto y del recién nacido.	474	1.7	95	1.7	379	1.7
10	Otras enfermedades del sistema urinario	427	1.5	242	4.3	185	0.8

Fuente: MINSA 2011.

c) Mortalidad.

Según estadística del Ministerio de Salud, las principales causas de mortalidad en el departamento de CAJAMARCA son los “Tumores malignos y la neurona”.

Cuadro N°9.6: Defunciones.

Distrito	TOTAL	Defunciones con certificación medica	%	Defunciones sin certificación Medica	%
Cutervo	178	134	75.32	44	24.7
Santo Domingo de la Capilla	5	3	60.0	2	40.0
Callayuc	17	8	47.1	9	52.9

Fuente: MINSA 2010.

d) Economía.

La principal actividad económica en el departamento de Cajamarca es la actividad agricultura y ganadería en un 55%, En la provincia de Cutervo, la principal actividad económica, también es la agricultura y la ganadería, la cual contra el 73.9% de la PEA, si bien este porcentaje baja a nivel del distrito de Cutervo (64.4%), sigue siendo la principal actividad, al igual que en los distritos de Santo Domingo y de Callayuc. La actividad de la enseñanza y del comercio son las otras en importancia a nivel de la región, provincia y a nivel de los distritos, pero presentan alrededor de cinco por ciento de presencia del cinco por ciento de la presencia en el proyecto investigado.

Cuadro N°9.7: Población económica Activa según actividad económica.

Variable/Indicador	Provincia CUTERVO		Distrito CUTERVO		Distrito SANTO DOMINGO DE LA CAPILLA		Distrito CALLAYUC	
	Cifras absolutas	%	Cifras absolutas	%	Cifras absolutas	%	Cifras absolutas	%
PARTICIPACION EN LA ACTIVIDAD ECONOMICA (14 y más años)								
Población económica activa (PEA)	39942		15640		1905		3481	
PEA ocupada según actividad económica	38307	100	14694	100	1871	100	3446	100

Agricultura, ganadería, caza y silvicultura	28311	73.9	9460	64.4	1361	7.7	2950	85.6
Pesca	1	0	1	0				
Aprovechamiento de mineras y canteras	42	0.1	1	0.2	1	0.1		
Industrias manufactureras	659	1.7	355	2.4	32	1.7	32	0.9
Suministro de electricidad, gas y agua	39	0.1	15	0.1	11	0.6	1	0
Construcción	590	1.5	283	19	31	1.7	35	1
Comercio	1449	3.8	922	6.3	27	1.4	57	1.7
Venta, mant y rep veh.autm. y motoc.	92	0.2	59	0.4	3	0.2	5	0.1
Hoteles y restaurantes	382	1	202	1.4	10	0.5	55	1.6
Transportes, almac, y comunicaciones.	696	1.8	463	3.2	28	1.5	31	0.9
Intermediación financiera	7	0	6	0				
Activi.inmob, empres. Y alquileres	148	1.2	99	0.7	8	0.4	5	0.1

Admin.púb. y defensa;p segur.soc.afil.	475	1.2	232	1.6	19	1	21	0.6
Enseñanza	2611	6.8	1370	9.3	54	2.9	96	2.8
Otras activ.serv.comun.s oc y personales	503	1.3	263	1.8	23	1.2	8	0.2
Otras activ. Serv.comun.soc y personales	362	0.9	237	1.6	31	1.7	8	0.2
Hogares privados con servicio domestico	1092	2.9	446	3	215	11. 5	23	0.7
Organiz. Y órganos extraterritoriales.								
Actividad económica no especificada	848	2.2	250	1.7	17	0.9	104	3

Fuente: Censo Nacional de Población 2007, INEI.

e) **Uso de los recursos naturales**

➤ **Tierra y agua.**

En condiciones de subsistencia los pobladores desarrollan actividades agropecuarias con baja rentabilidad económica, en su mayoría practicadas en suelos de baja fertilidad natural, vulnerables a eventos naturales como fuertes precipitaciones pluviales, erosión hídrica vulnerables a eventos naturales como fuertes precipitaciones pluviales, erosión hídrica y eólica, deslizamientos y/o asentamiento de tierras afectan cultivos, crianzas y viviendas.

En los distritos de la provincia de Cutervo, las actividades económicas son relevantes, sin embargo, por la ampliación de la frontera agrícola, se viene produciendo una especie de

invasión a zonas de protección ambiental, con la realización de actividades inadecuados como el rozo y quema de bosques, utilizaciones de suelos no aptos para actividades agropecuarias, aplicación de técnicas inadecuados de siembra, desprotección de suelos, entre otros.

La fuente de agua más importantes para el desarrollo de la agricultura en los sectores de Cutervo, Cochabamba y Chiple, es la lluvia la que ocurre entre los meses de octubre y abril, por lo que la agricultura en las áreas se amolda a dicho régimen, Otra de las fuentes importantes de abastecimiento de agua, es la subterránea, proveniente de manantiales o puquios, la que se utiliza para irrigar desde pequeñas parcelas hasta grandes extensiones.

➤ **Flora y Fauna.**

La deforestación como principal causa directa del cambio del mundo climático en la zona, ha afectado el desarrollo de actividades económicas como el ecoturismo (Parque Nacional e Cutervo) y agricultura de las zonas bajas de las micro cuencas ya que el arrastre de sedimentos, palizadas y rocas de gran tamaño facilita el cambio de rumbo de ríos y quebradas, generando daños adversos y de consideración a las familias asentadas en estas riberas que aún desconocen los riegos que se encuentran expuestos. En tanto la ganadería es una de las actividades más importantes que los pobladores realizan en la zona; predomina la crianza de animales mayores-vacunos y ovinos, así como las aves de corral.

9.2.7. DESCRIPCION DE PARTIDAS.

03.0 EXPLANACIONES

03.01 CORTE DE MATERIAL SUELTO CON MAQUINARIA

04.0 MEJORAMIENTO DE SUB RASANTE

04.01 CORTE DE MATERIAL SUELTO CON MAQUINARIA

05 PAVIMENTOS

05.01 PERFILADO Y COMPACTADO DE SUB-RASANTE EN ZONAS DE CORTE

Agua para la realización de la compactación. Los equipos y herramientas necesarios para la ejecución de esta actividad son: motoniveladora, compactador de rodillo liso, herramientas manuales, camión cisterna, equipo laboratorio, equipo topográfico y una cámara fotográfica, etc.

05.02 AFIRMADO E = 0.20 M

Este trabajo consiste en el suministro, colocación y compactación de los materiales de afirmado sobre la superficie escarificada de acuerdo con las dimensiones indicados en los planos del proyecto. Se distinguen cuatro tipos de afirmado y su aplicación está en función del IMD:

06.01 TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE < 1KM**06.02 TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE > 1KM****06.03 TRANSPORTE DE MAT. GRANULAR HASTA 1KM****06.04 TRANSPORTE DE MAT. GRANULAR > 1KM**

Las unidades de medida para el transporte de materiales provenientes de excavaciones y derrumbes serán las siguientes: La unidad de pago de esta partida será el metro cúbico - kilómetro (m³ - km) trasladado, o sea, el volumen en su posición final de colocación, por la distancia real de transporte.

09.01 EXCAVACION MASIVA PARA ESTRUCTURAS**09.02 Relleno compactado para estructuras****09.03. Sub Cimientos de concreto $f'c=140 \text{ Kg/cm}^2$** **09.04. Concreto $f'c=280 \text{ Kg/cm}^2$** **09.05. Encofrado y desencofrado para estructura concreto (obras de arte)****09.06. Acero $Fy=4200 \text{ Kg/cm}^2$** **11 SEÑALIZACION****11.01 SEÑALES INFORMATIVAS - PANEL****11.02 FABRICACION DE SEÑALES PREVENTIVAS****11.03 FABRICACION DE SEÑALES REGLAMENTARIAS**

Para la fabricación e instalación de los dispositivos de señalización vertical, los materiales deberán cumplir con las exigencias que se indican a continuación.

12 IMPACTO AMBIENTAL

12.1 ACONDICIONAMIENTO DE BOTADEROS

Es el lugar donde se colocan todos los materiales de desechos y se construirán de acuerdo con el diseño específico que se haga para cada uno de ellos en el proyecto, en el que se debe contemplar la forma como serán depositados los materiales y el grado de compactación que se debe alcanzar, la necesidad de construir muros de contención, drenajes, etc., todo orientado a conseguir la estabilidad del depósito.

12.02 RESTAURACION DE CAMPAMENTOS y PATIOS DE MAQUINA

12.03 RESTAURACION DE CANTERAS

Los trabajos radican en la recuperación de las condiciones originales dentro de lo posible de las áreas que han sido afectadas por la construcción del camino. Entre estas se tienen:

- Las áreas de canteras
- Los campamentos y almacenes
- Los patios de máquinas
- Las plantas de zarandeo y de trituración
- Los caminos provisionales (accesos y desvíos)
- El derecho de vía.

12.04 PROGRAMACION DE SEÑALIZACION AMBIENTAL

Se entiende como señalización ambiental al suministro, almacenamiento, transporte e instalación de los dispositivos de control ambiental que son colocados en la vía en forma vertical para advertir, reglamentar, orientar y proteger el estado natural de la estructura ante contaminantes arrojados por los usuarios.

12.05 CAPACITACION EN OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

La educación ambiental es un proceso dinámico y participativo, que busca despertar en la población una conciencia que le permita identificarse con la problemática Ambiental tanto a nivel general (mundial), como a nivel específico (medio donde vive).

9.2.8. Aspectos e impactos ambientales.

Para la identificación de los impactos que se pueden producir se plantea utilizar la metodología: “Causa - Efecto”, en la cual se especifican puntualmente las actividades del proyecto, y su repercusión en los aspectos físicos, biológicos y socioeconómicos.

La nomenclatura de ponderación de los impactos corresponde a la siguiente clave:

a) Impacto.

(+) Beneficio

(-) Perjudicial

(0) Irrelevante

La metodología planteada permite identificar y cuantificar claramente la naturaleza de los impactos y alteraciones, toda vez que expresa una relación directa entre las acciones del proyecto y sus consecuencias sobre el medio.

b) Fases o etapas del proyecto.

Las Etapas del Componente Corredor del Centro son dos:

- Etapa de Construcción
- Etapa de Operación

c) Identificación de actividades impactantes.

Las actividades de ejecución de la vía, que podrían generar impactos, se verifican tanto durante el proceso constructivo, así como durante la operación del proyecto: De acuerdo con lo expresado, los impactos ambientales estarán determinados por las siguientes acciones:

Actividades principales.

- Ampliación y ensanchado de la vía

- Modificación del Diseño Geométrico
- Habilitación de Accesos
- Señalización
- Uso de Mano de Obra

Acciones generales del proyecto.

- Desbroce y limpieza
- Corte de material suelto y roca fija con maquinaria.
- Relleno con material propio
- Construcción de Pontón.

Acciones específicas del proyecto.

- Movimiento de Maquinarias, Vehículos y Equipos
- Movimiento de Tierras
- Transporte de Material excedentes
- Excavación y nivelación
- Perfilado, afirmado y compactado

Conformación de Depósitos de Material Excedente.

- Durante la etapa de construcción:
- Posibles Impactos Negativos:
- Incremento de la erosión de los suelos
- Aumento de Niveles de Ruido
- Contaminación del aire por Incremento de Partículas
- Afectación de flora y fauna
- Contaminación del suelo por Generación de Desechos
- Generación de Material Excedente.
- Eliminación de la cubierta vegetal
- Conformación de Depósitos de Material Excedente
- Modificación de la calidad del agua
- Inestabilidad de taludes
- Afectación al paisaje

- Riesgo de accidentes en los trabajadores
- Riesgo en la Salud de los Trabajadores
- Alteración de los Sistemas de Tránsito
- Perturbación a la Población.

d) Marco legal existente.

- **La Constitución Política del Perú (1993)**, es la norma legal de mayor jerarquía del Perú. Se detalla en ella los derechos esenciales de la persona humana, el derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de la vida.
- **La Ley General del Ambiente (2005)**, en su Capítulo III: Gestión Ambiental, Artículo N° 25: “De los estudios de impacto ambiental”, indica que los estudios de impacto ambiental son instrumentos de gestión que contienen una descripción de la actividad propuesta y de los efectos directos o indirectos previsibles de dicha actividad en el medio ambiente físico y social, a corto y largo plazo, así como la evaluación técnica del mismo.
- **La Ley N° 26631 (1966)**, dicta normas para efectos de formalizar denuncia por infracción de la legislación ambiental. Dicha ley en su artículo 1°, establece que: “la formalización de la denuncia por los delitos tipificados en el título Décimo Tercero del Libro Segundo del Código Penal, requerirá de las entidades sectoriales competentes, opinión fundamentada por escrito sobre si se ha infringido la legislación ambiental”.
- **La Ley de Evaluación de Impacto Ambiental Ley N° 26786 (1997)**, establece que los Ministerios deberán comunicar al Consejo Nacional del Ambiente (CONAM) las regulaciones al respecto. Esta ley no modifica las atribuciones sectoriales en cuanto a las autoridades ambientales competentes.
- **La Ley Del Sistema Nacional De Evaluación Del Impacto Ambiental Ley N° 27446 (2001)**, este dispositivo legal establece un sistema único y coordinado de identificación, prevención, supervisión, control y corrección anticipada de los impactos ambientales negativos derivados de las acciones humanas expresadas a través de los proyectos de inversión.

- **La Ley Orgánica De Municipalidades - Ley N° 23853**, en esta ley se establece que la Municipalidad es una unidad fundamental de la gestión local. El municipio como gobierno local y como parte del estado manifiesta una correlación de fuerzas sociales locales que se redefinen en el tiempo y en el territorio. arqueológicos, históricos y artísticos, colaborando con los organismos regionales y nacionales correspondientes en su restauración y conservación.
- **La Ley General de Salud Ley N° 26842**, norma los derechos, deberes y responsabilidades concernientes a la salud individual, así como los deberes, restricciones y responsabilidades en consideración a la salud de terceros, considerando la protección de la salud como indispensable del desarrollo humano y medio fundamental para alcanzar el bienestar individual y colectivo.
- **La Ley General de Amparo al Patrimonio Cultural de la Nación Ley N° 24047 (1985)**, este dispositivo reconoce como bien cultural los sitios arqueológicos, estipulando sanciones administrativas por caso de negligencia grave o dolo, en la conservación de los bienes del patrimonio cultural de la Nación.
- **La Ley General de Aguas N° 17752**, la cual establece el uso justificado y racional de las aguas o cuerpos de agua a nivel nacional incluyendo las aguas producidas de nevados, glaciares y de las precipitaciones, indicado que las aguas son de propiedad del estado y su dominio es inalienable e imprescriptible, no existe propiedad sobre ellas ni derechos adquiridos sobre ellas, indica además que su uso solo puede ser otorgado en armonía con en interés social y del país.

9.2.9. Matriz de identificación de aspectos.

Cuadro N°9.8: Matriz de identificación de aspectos.

RECURSOS	PROCESOS	ASPECTOS	IMPACTOS
OBRAS PROVISIONALES			
Camiones de cama baja Equipo liviano Empleo	MOVILIZACIÓN Y DESMOVIIZACIÓN DE EQUIPOS Y MAQUINARIA	Partículas de suspensión(polvo)	Contaminación del aire
		Emisiones de CO2	Contaminación acústica
		Ruidos y vibraciones	Consumo de combustibles
		Remuneración	Aumento de concentración de gases de efecto invernadero
		Consumo de gasolina	Inconvenientes población local
Herramientas de trabajos Herramientas manuales Empleo	DEMOLICION DE OBRAS DE CONCRETO - MANUAL	Congestionamiento vehicular	
		Partículas de suspensión(polvo)	Afección de vías respiratorias
		Emisiones de CO2	Contaminación acústica
		Ruidos	Contaminación visual
		Remuneración	Aumento de concentración de gases de efecto invernadero
		Residuos	

OBRAS PRELIMINARES			
Herramientas de trabajos	TRAZO Y REPLANTEO	Partículas de suspensión(polvo)	Afección de vías respiratorias
Equipos topograficos		Residuos Tóxicos	Afección de la salud
Estacas		Remuneración	
Herramientas de trabajos	DESBROCE Y LIMPIEZA	Residuos orgánicos	Modificación del paisaje
Equipos manuales		Ruido	Contaminación acústica
Empleo		Remuneración	

EXPLANACIONES			
Combustible	CORTE DE MATERIAL SUELTO CON MAQUINARIA	Partículas de suspensión(polvo)	Contaminación del aire
Maquinaria pesada		Emisiones de gases	Contaminación acústica
Mano de obra		Ruidos y vibraciones	Consumo de combustibles
Agua		Remuneración	Aumento de concentración de gases de efecto invernadero
		Congestionamiento vehicular	Afección de calidad del suelo
		Residuos inertes	Afección de calidad del suelo
		Consumo de combustible	Contaminación del aire
Combustible	RELLENO CON MATERIAL PROPIO	Partículas de suspensión(polvo)	Contaminación del aire
Maquinaria pesada		Emisiones de gases	Contaminación acústica
Mano de obra		Ruidos	Aumento de concentración de gases de efecto invernadero
Agua		Remuneración	Consumo de combustibles
Material de relleno		Congestionamiento vehicular	Agotamiento de recursos
		Residuos inertes	Agotamiento de recursos
		Consumo de combustible	Contaminación del aire

MEJORAMIENTO DE SUB RASANTE			
Combustible	CORTE DE MATERIAL SUELTO CON MAQUINARIA	Partículas de suspensión(polvo)	Contaminación del aire
Maquinaria pesada		Emisiones de gases	Contaminación acústica
Mano de obra		Ruidos	Aumento de concentración de gases de efecto invernadero
Agua		Remuneración	Consumo de combustibles
		Congestionamiento vehicular	Afección de calidad del suelo
		Residuos inertes	Afección de calidad del suelo
		Consumo de combustible	Contaminación del aire
Combustible	TRANSPORTE DE MATERIAL	Partículas de suspensión(polvo)	Contaminación del aire
Maquinaria pesada		Emisiones de gases	Contaminación acústica
Mano de obra		Consumo de combustible	Aumento de concentración de gases de efecto invernadero
		Ruidos	Consumo de combustibles
		Remuneración	Consumo de combustibles
		Congestionamiento vehicular	
Combustible	MEJORAMIENTO CON MATERIAL CLASIFICADO E = 20 CM	Partículas de suspensión(polvo)	Contaminación del aire
Maquinaria pesada		Emisiones de gases	Contaminación acústica
Agua		Ruidos	Aumento de concentración de gases de efecto invernadero
Mano de obra		Remuneración	Consumo de combustibles
Afirmado		Congestionamiento vehicular	Agotamiento de recursos
		Residuos inertes	Agotamiento de recursos
		Consumo de combustible	Contaminación del aire

PAVIMENTOS			
Combustible	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUB-RASANTE EN ZONAS DE CORTE	Partículas de suspensión(polvo)	Contaminación del aire
Maquinaria pesada		Emisiones de gases	Contaminación acústica
Mano de obra		Ruidos	Aumento de concentración de gases de efecto invernadero
Agua		Remuneración	Consumo de combustibles
		Congestionamiento vehicular	Consumo de combustibles
		Consumo de combustible	Contaminación del aire
Combustible	AFIRMADO E = 0.20 M	Partículas de suspensión(polvo)	Contaminación del aire
Maquinaria pesada		Emisiones de gases	Contaminación acústica
Mano de obra		Ruidos	Aumento de concentración de gases de efecto invernadero
Afirmado		Residuos inertes	Consumo de combustibles
Agua		Remuneración	Agotamiento de recursos
		Congestionamiento vehicular	Consumo de combustible
	Consumo de combustible	Contaminación del aire	
CUNETAS			
Combustible	CONSTRUCCION DE CUNETAS DE TIERRA EN MATERIAL NO CLASIFICADO	Partículas de suspensión(polvo)	Contaminación del aire
Maquinaria pesada		Emisiones de gases	Contaminación acústica
Mano de obra		Ruidos y vibraciones	Consumo de combustibles
Madera		Remuneración	Aumento de concentración de gases de efecto invernadero
		Congestionamiento vehicular	Afección de calidad del suelo
		Residuos inertes	Consumo de combustible
	Consumo de combustible	Contaminación del aire	
SEÑALIZACION			
Equipol liviano	SEÑALES INFORMATIVAS - PANEL	Consumo de combustible	Contaminación del aire
Pintura		Emisiones de gases	Contaminación acústica
Mano de obra		Consumo de combustible	Contaminación del aire
Traslado		Remuneración	
Equipol liviano	FABRICACION DE SEÑALES PREVENTIVAS	Consumo de combustible	Contaminación del aire
Pintura		Emisiones de gases	Contaminación acústica
Mano de obra		Consumo de combustible	Contaminación del aire
Traslado		Remuneración	
Equipol liviano	FABRICACION DE SEÑALES REGLAMENTARIAS	Consumo de combustible	Contaminación del aire
Pintura		Emisiones de gases	Contaminación acústica
Mano de obra		Consumo de combustible	Contaminación del aire
Traslado		Remuneración	

IMPACTO AMBIENTAL			
Combustible	ACONDICIONAMIENTO DE BOTADEROS	Partículas de suspensión(polvo)	Contaminación del aire
Maquinaria pesada		Emisiones de CO2	Contaminación acústica
Mano de obra		Ruidos y vibraciones	Consumo de combustibles
Afirmado		Remuneración	Aumento de concentración de gases de efecto invernadero
Agua		Consumo de gasolina	Agotamiento de recursos
Combustible	RESTAURACION DE CAMPAMENTOS y PATIOS DE MAQUINA	Partículas de suspensión(polvo)	Contaminación del aire
Maquinaria pesada		Emisiones de CO2	Contaminación acústica
Mano de liviana		Ruidos y vibraciones	Consumo de combustibles
Agua		Remuneración	Aumento de concentración de gases de efecto invernadero
Mano de obra		Consumo de gasolina	Contaminación del aire
Combustible	RESTAURACION DE CANTERAS	Partículas de suspensión(polvo)	Contaminación del aire
Maquinaria pesada		Emisiones de CO2	Contaminación acústica
Mano de obra		Ruidos y vibraciones	Consumo de combustibles
Agua		Remuneración	Aumento de concentración de gases de e
Equipo liviano		Consumo de gasolina	
Tierra	Residuos inertes	Agotamiento de recursos	
Equipo liviano	PROGRAMACION DE SEÑALIZACION AMBIENTAL	Consumo de combustible	Contaminación del aire
Mano de obra		Remuneración	
Pintura			
Energía			
Combustible	CAPACITACION EN OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	Consumo de combustible	Contaminación del aire
Equipo multimedia		Remuneración	
Mano de obra			
Energía			

Fuente: Propia.

9.2.10. Evaluación del impacto ambiental.

a. Descripción de la metodología empleada.

De acuerdo a Coronel Ramírez y Graefling Alva (2002), son muchas las metodologías para el proceso de evaluación de impactos ambientales, tales como: lista de chequeo o verificación, análisis matricial, sistemas cartográficos, etc, pero ninguna resulta idónea para un determinado proyecto, por lo que es necesario adaptarlas a la realidad y condiciones específicas de cada proyecto.

En nuestro caso, para la evaluación de impacto ambiental que genera el proyecto DISEÑO DE UN FALSO TÚNEL, PROGRESIVA KM 46+300, CARRETERA CUTERVO – CHIPLE, ZONA DENOMINADA LA VARIANTE- DISTRITO DE SANTO DOMINGO DE LA CAPILLA, PROVINCIA DE CUTERVO - REGIÓN CAJAMARCA, 2018., la matriz de Leopold se ha adaptado a las actividades que generan impacto. Por ello, se detallan dos aspectos: en las columnas, las actividades que generaran impacto ambiental durante su

construcción y en las filas se identificaron las distintas categorías ambientales que pueden ser perjudicadas por las acciones que se realicen en el proyecto.

Para identificación de las acciones, se tuvo en cuenta las consideraciones de Conesa (2006):

Tareas que modifican el uso del suelo

Tareas que implican emisión de contaminantes

Tareas que implican sobreexplotación de recursos.

Tareas que actúan sobre el medio biótico.

Tareas que modifican el entorno social, económico y cultural.

Para la valoración de cada casilla, el evaluador debió tener en cuenta (Arboleda González, 2008):

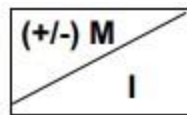
- **Clase:** Se indica el tipo de consecuencias que genera dicho impacto (positivas o benéficas (+) o negativas o perjudiciales (-)). Se tuvo en cuenta:

✓ **POSITIVO** Se consideran dos acepciones:

- Efecto que favorece o refuerza las características que permiten la existencia de los componentes del medio involucrados en el análisis.
- Efecto que favorece la generación de condiciones que permite utilizar de una manera adecuada de los recursos naturales y sociales disponibles.

✓ NEGATIVO

- Situación que actúa en contra de la mantención de la calidad, cantidad y abundancia de los recursos ambientales o socioculturales
- **Magnitud (M):** Se hace referencia al grado o nivel de alteración que sufre el factor ambiental a causa de una acción del proyecto, un valor de 1 significa alteración mínima y un valor de 10 significa alteración máxima).
 - **Importancia (I):** Se evalúan el peso relativo que el factor ambiental considerado tiene dentro del ambiente que puede ser afectado por el proyecto (se califica con 1 cuando es insignificante y con 10 cuando se presenta la máxima significación).



- **Análisis de los resultados.** Por último, se debe hacer un análisis de calificaciones obtenidas con base en un análisis numérico de las filas y las columnas, de donde se pueden concluir cosas como las siguientes:
Las acciones ambientales que causaron un mayor impacto y de que tipo.

b. Breve descripción del método de Leopold.

Es una matriz interactiva que, constituida por dos ejes, el eje horizontal las acciones que generan impacto ambiental; y en el eje vertical los factores ambientales que puedan verse afectadas por esas acciones, aportando así las interacciones entre acciones propuestas y factores ambientales. Las interacciones se logran asignando un valor de 1 a 10 e identificando si el impacto es positivo o negativo. (Duarte Verdugo, y otros 2013).

➤ **Justificación.**

Este método nos facilita relacionar las actividades del proyecto con los factores ambientales a través de una matriz que permite identificar la magnitud e importancia de los potenciales efectos de un determinado factor ambiental, proporcionándonos así la acción que causa dicho impacto generado y de esta manera tomar medidas preventivas. Hay que destacar que el método no se enfatiza la objetividad del evaluador, permitiéndole libremente efectuar la propia clasificación en la escala numérica entre el

1 y el 10 y no contempla metodología alguna para determinar la magnitud ni la importancia de un impacto. Por lo expresado, la matriz fue llenada y evaluada cuidadosamente abarcando todo el conjunto de los posibles impactos de tal manera que pueda ser entendida por cualquier persona.

a. Posible Impactos positivos:

- Generación de empleos

A continuación, se describen los posibles impactos negativos:

i. Incremento de Niveles de Ruido

El proceso constructivo, el proceso de perfilado afirmado y compactado, así como, la carga y descarga de materiales a utilizarse en las obras programadas para el Proyecto incrementara los niveles de ruido principalmente de naturaleza puntual y periódica. El incremento del ruido será percibido básicamente por los trabajadores y personas que se encuentran en las inmediaciones del área donde se ejecutan los trabajos.

ii. Incremento de Partículas

La calidad del aire podría ser alteradas principalmente por la emisión de gases y partículas generados por la movilización de equipos y vehículos encargados de los aspectos logísticos para la construcción de las obras previstas, el movimiento de tierras, demolición de estructuras, excavaciones, la

construcción de puentes y rampas, así como, el funcionamiento de la maquinaria y vehículos. Los aspectos mencionados tendrán incidencia en los propietarios de viviendas, personas encuentran en el entorno del proyecto.

iii. Generación de Desechos

Las actividades constructivas y principalmente el perfilado y compactación, el acarreo de materiales, el uso de material, el tránsito de vehículos, y el manipuleo y almacenaje de materiales y equipos, generan desechos en el ámbito donde se ejecutan las actividades propias del proceso constructivo, son de tipo orgánicos e inorgánicos, algunos de tipo peligroso por la composición de sustancias tóxicas como solventes y pinturas.

iv. Generación de Material Excedente

El perfilado, la pavimentación y compactación, así como y excavaciones para el pontón y terraplenes, generaran material excedente, en volumen aproximado de 12,351.24 000 m³, el mismo que deberá ser trasladado a los Depósitos de Material Excedente elegidos para tal fin.

v. Conformación de Depósitos de Material Excedente y Paisaje

Para los residuos definidos con características de tierras y restos de hormigones se utilizarán 02 botaderos ubicadas en áreas de terreno natural, el primero de ellos ubicado en el Km 5.5 con una capacidad de 98,800 m³ y una longitud de 420 m. El segundo botadero estará ubicado en el Km 10.2 y abarcará una capacidad de 67,500 m³ y una longitud de 400m.

vi. Riesgo en la Seguridad de los trabajadores

Las diferentes actividades del proceso constructivo, y especialmente el uso de maquinaria y equipos para las demoliciones de las estructuras previstas en el proyecto, las acciones de descarga de materiales, el manipuleo del fierro, y la operación de maquinaria (tractores, cargador frontal), establece niveles de riesgo para la seguridad de los trabajadores.

vii. Riesgo en la Salud de los Trabajadores

El incremento del ruido por la acción de la maquinaria, vehículos y equipos, especialmente para la demolición, puede afectar el sentido auditivo de los trabajadores, así mismo, la emisión de partículas, debido al movimiento de tierras por las excavaciones, y también la emisión de polvo por el trabajo de demolición de estructuras y la carga y descarga de materiales, pueden afectar la salud de los trabajadores en lo que se refiere al aparato respiratorio.

viii. Perturbación a la Población

Naturalmente que las actividades que involucra las obras programadas para el Proyecto de Corredor Segregado de Transporte de Alta Capacidad perturbarán a la población en diferentes niveles, primeramente, por la restricción que tendrán los residentes de las zonas donde se efectúan los trabajos, tanto en el acceso a sus viviendas, así como, en las molestias de ruido, emisiones y demoras por la presencia inusual de maquinaria y equipos.

➤ Durante la etapa de operación y mantenimiento

En esta etapa se consideraron dos actividades fundamentales:

- Conservación
- Tránsito vehicular

Posibles Impactos Negativos: Estos impactos negativos están concentrados básicamente en la etapa de construcción. Sin embargo, los únicos impactos negativos que se han identificado en la etapa de operación debido a la buena conservación son esencial en los caminos. Una vez ejecutado un proyecto apropiado, el mantenimiento se debe incluir los siguientes tipos para que la carretera funcione de acuerdo con el diseño: Preventivo, rutinario, correctivo y reconstrucción.

- **Para la conservación se analizaron los trabajos que llevan a cabo como son:**

Bacheo, limpieza y desazolve de cunetas, limpieza y reparación de señalamiento vertical, etc. En la operación se estudiaron los impactos que produce la circulación, tales como contaminación del aire, ruido, basura que arrojan a la carretera, accidentes, entre otros:

- a) Sedimentación en cause de agua.
- b) Riesgo de accidentes de los trabajadores

Posibles Impactos Positivos:

- a) Reducción de tiempos y costos de Viaje.
- b) Ahorro de Combustible.
- c) Mejor accesibilidad del caserío.
- d) Generación de fuentes empleo.
- e) Disminución de los costos de operación vehicular.

9.3. MATRIZ LEOPOLD

La metodología utilizada es la Matriz de Leopold con la que hemos evaluado cada una de las actividades realizadas en el proyecto de DISEÑO DE UN FALSO TÚNEL, PROGRESIVA KM 46+300, CARRETERA CUTERVO – CHIPLE, ZONA DENOMINADA LA VARIANTE- DISTRITO DE SANTO DOMINGO DE LA CAPILLA, PROVINCIA DE CUTERVO - REGIÓN CAJAMARCA, 2018., donde se identifican cada uno de los impactos que afectan a los factores como: agua, suelo, aire, paisaje, flora, fauna, socioeconómico y cultural, determinando la magnitud que hace referencia a la intensidad, a la dimensión del impacto en sí y se califica del 1-10 anteponiendo el signo + o -. En la parte de importancia hace alusión a la importancia del impacto sobre la calidad del medio y a la extensión o zona afectada, se califica del mismo modo que la magnitud del 1-10.

En la matriz de Leopold la actividad que mayor impacto ha generado es Excavación Masivas para Estructuras con un ponderado de -113, puesto que genera mayores impactos en los factores de suelo, aire, paisaje, fauna, flora y socioeconómico, en comparación con las demás

actividades que no se ven tan impactados. En cuanto al factor, el más impactado es el Empleo con una ponderación de 671 puesto generando un impacto positivo. Para esto se tomarán medidas de prevención que serán descritas en el siguiente Item.

a) Identificación de impactos priorizados y selección de medidas de prevención y mitigación

a. Identificación de impactos priorizados

Para conocer los impactos que requieren mayor importancia, teniendo en cuenta el proceso constructivo y posterior operación, y utilizándose la metodología anteriormente descrita, se ha podido identificar impactos positivos e impactos negativos. La metodología anteriormente empleada ha permitido identificar la naturaleza de los impactos y alteraciones, además, expresa la relación directa de las acciones de la obra y sus consecuencias directas sobre el medio.

Los impactos negativos priorizados en este proyecto tenemos:

b. Incremento de los niveles de ruido

Durante la construcción, la movilización y operación de maquinaria y equipos, en los procesos de perfilado, compactado, carga y descarga de materiales que se van a utilizar en las partidas programadas incrementara los niveles de ruido de manera periódica. Se debe tener en consideración que este incremento será percibido principalmente por los trabajadores y personas que se encuentran en zonas cercanas al área en donde se han de ejecutar las actividades.

c. Contaminación del aire por aumento de partículas en suspensión

La calidad del aire podría alterarse por la emisión de gases y particular de polvo que se generan en la etapa de movilización de equipos y vehículos que se encargan en la construcción de obras previstas, el movimiento de tierras, demolición de estructuras. Esto tendrá influencia en los propietarios de viviendas aledañas y personas que se encuentran en zonas cercanas al proyecto.

d. Afectación al paisaje

Se generará un impacto negativo, por la acumulación de desechos y la implementación de cerco perimétrico.

e. Alteración en el tránsito de la vía

Los trabajadores y estudiantes, donde su centro de actividades se encuentra en el ámbito de influencia directa, tendrán cierta dificultad para desarrollar sus actividades de forma normal

f. Perturbación de la población

Las actividades generarán molestias a la población en diferentes niveles, primeramente, la limitación que tendrán los residentes de las zonas donde se efectúan los trabajos, tanto en el acceso a sus viviendas, además de las molestias de ruido, emisiones y demoras por la presencia inusual de maquinaria y equipos.

Los impactos positivos tenemos:

g. Generación de empleo

El proyecto se caracteriza por emplear a personas locales para la ejecución de proyectos, por tanto, habrá un ingreso en

b) Medidas de protección y mitigación de los impactos identificados

La ejecución de las obras y la puesta en funcionamiento del proyecto generará impactos ambientales positivos y negativos en el ámbito de su influencia. Para tal efecto, el Contratista deberá llevar a cabo las siguientes acciones:

- Contar con la asistencia de un responsable en lo relativo al Medio Ambiente, cuya función será identificar los posibles problemas ambientales que se presenten en la etapa de construcción, así como, el redefinir metas para lograr su mejoramiento y el mantenimiento de los ecosistemas.
- Cumplir con los dispositivos legales y los contenidos en el Expediente Técnico de las Obras Programadas.

- La implementación de las estrategias del Plan de Manejo Ambiental, constituyen un aspecto importante, por su decisivo rol e influencia en el éxito de la gestión ambiental, por este motivo, la implementación del Plan de Manejo Ambiental estará referida en primer término, al control de tipo permanente que se deberá ejercer sobre los efectos medio ambientales de las diferentes actividades que se van a desarrollar en la zona de influencia. En segundo término, se refiere a la evaluación de carácter periódico que debe realizar durante la ejecución del Plan, responsabilidad que será asumida por el encargado en manejo ambiental asignado.

Cuadro N°9.9: El programa de Mitigación y Prevención de Impactos está orientado a reducir los impactos negativos y favorecer los impactos positivos.

MEDIDA 1	Los desperdicios sólidos generados serán dispuestos en un botadero de relleno sanitario autorizado.
MEDIDA 2	Se limitará al máximo la realización de trabajos de mecánica de los equipos de construcción en el área destinada para obras.
MEDIDA 3	El contratista dismantelará las casetas temporales, patios de almacenamiento, talleres y demás construcciones temporales que se hubiesen instalado, dispondrá de los escombros y restaurará el paisaje a condiciones iguales o mejores a las iniciales.
MEDIDA 4	Se contará con un responsable de la recolección de los desperdicios sólidos no peligrosos generados en la etapa de ejecución del proyecto.
MEDIDA 5	Se aprovechará los materiales de los cortes para realizar rellenos, o como fuente de materiales constructivos, para minimizar la necesidad de explotar otras fuentes y
MEDIDA 6	Los desechos de los cortes no podrán ser dispuestos a media ladera ni arrojados a los cursos de agua. Estos serán acarreados a botaderos seleccionados en el diseño de la obra y dispuestos adecuadamente, con el fin de no causar

MEDIDA 7	Durante la ejecución, para evitar las partículas en suspensión, se deberá mantener en el área de proyecto durante el período de excavación y movimientos de tierra masivos, por lo menos un camión tanque de agua y/o sistemas de mangueras para humedecer el área de excavación y las rampas temporales de acceso cuando las condiciones del tiempo así lo requieran. No se regará excesivamente y se evitará producir charcos, debido a que puede provocar riesgo de deterioro y condiciones
MEDIDA 8	Se deberá humedecer los materiales que son llevados a la obra y los materiales excedentes como escombros que son llevados hacia los botaderos autorizados.
MEDIDA 9	Se debe tener la precaución de que los camiones cargados de material deben ser cubiertos con toldos o lonas para evitar que en su recorrido se genere polvo y derrame de
MEDIDA 10	No está permitido la acumulación de material suelto en áreas susceptibles a corrientes de vientos por períodos de tiempo largos.
MEDIDA 11	No se permitirá la quema a tajo abierto de desperdicios sólidos.
MEDIDA 12	El equipo pesado que se utilice durante la construcción del proyecto deberá estar en condiciones idóneas, deben estar debidamente regulados de modo de minimizar emisiones
MEDIDA 13	Todas las unidades vehiculares pasarán por una revisión técnica y se realizará un mantenimiento de acuerdo con las horas de operación o kilometraje.
MEDIDA 14	Por ningún motivo la compañía constructora podrá lavar sus vehículos o maquinaria en ríos o quebradas ni arrojar desperdicios a los cuerpos de agua.

Fuente: Propia.

c) Justificación

La matriz de Leopold se realizó con el fin de disponer relaciones de causa y efecto entre las actividades que se desarrollarían en la construcción de la carretera. Hay que destacar que la ésta matriz no es un sistema de evaluación ambiental, sino de identificación. Por ello, con este método nos da un resumen de los impactos, el cual evaluará los efectos y nos dará las mejores alternativas de solución.

Reconocemos que la objetividad no es un elemento sobresaliente de este método, ya que se puede libremente efectuar la propia clasificación en la escala numérica entre el 1 y el 10 y no contempla metodología alguna para determinar la magnitud ni la importancia de un impacto. Por ello la matriz fue llenada y evaluada cuidadosamente.

9.4. CONCLUSIONES

El paisaje es moderadamente ondulado a colinoso presentando pendientes entre 30 a 50%.

La principal unidad de vegetación es Área con Vegetación Secundaria y Matorral húmedo.

La población se dedica principalmente a la agricultura y la ganadería, desde en menor escala al comercio.

Los impactos más significativos negativos son aquellos que están comprendidos en la disminución de la calidad del aire, producido por las emisiones de gases de combustión y ruidos por la maquinaria pesada necesaria para el proceso de diversas partidas comprendidas en el proyecto.

Con respecto al impacto positivo con mayor importancia es la generación de empleo temporal por el tiempo que dure el proyecto ya sea directa o indirectamente.

Se podría concluir que el grado de afectación de los diversos componentes son pocos significativos y mitigables.

El proyecto no afectará la flora y fauna en su proceso de construcción y servicio.

Descrito de lo anterior se obtiene que el proyecto resulta ser ambientalmente viable, tomándose en cuenta las medidas recomendadas, en cada partida del proyecto.

**ANEXO N°10: ANÁLISIS
SÍSMICO**

**(VER CARPETA ANÁLISIS SÍSMICO
ADJUNTA)**

**ANEXO N°10: MEMORIA DE
CÁLCULO**

**(VER CARPETA MEMORIA DE CÁLCULO
ADJUNTA)**

ANEXO N°12: METRADOS

**(VER CARPETA METRADOS
ADJUNTA)**

ANEXO N°12: PRESUPUESTO

**(VER CARPETA PRESUPUESTO
ADJUNTA)**

**ANEXO N°12: CRONOGRAMA
DE OBRA**

**(VER CARPETA CRONOGRAMA DE OBRA
ADJUNTA)**

ANEXO N°12: PLANOS

**(VER CARPETA PLANOS
ADJUNTA)**