

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



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

---

**“COMPARACIÓN DE COSTOS ENTRE LOS DISEÑOS  
ESTRUCTURALES DE PAVIMENTO FLEXIBLE Y PAVIMENTO RÍGIDO  
EN EL CAMINO VECINAL TRAMO SAN FERNANDO-QUIQUIN-  
TOGOPON-SAN IGNACIO-BUENA VENTURA”**

---

**Área de Investigación:**

Transportes – Ingeniería de Transportes

**Autor(es):**

Br. Terán Mendoza, Henry Leonel

Br. Sandoval Vera, Rolly Jerson

**Jurado Evaluador:**

**Presidente:** Burgos Sarmiento, Tito Alfredo

**Secretario:** Vertiz Malabrigo, Manuel Alberto

**Vocal:** Vega Benites, Jorge Antonio

**Asesor:**

Vargas Lopez, Segundo Alfredo

**Código Orcid:** <https://orcid.org/0000-0001-7631-5226>

**TRUJILLO – PERÚ**

**2021**

**Fecha de sustentación: 2021/11/26**



**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



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

---

**“COMPARACIÓN DE COSTOS ENTRE LOS DISEÑOS  
ESTRUCTURALES DE PAVIMENTO FLEXIBLE Y PAVIMENTO RÍGIDO  
EN EL CAMINO VECINAL TRAMO SAN FERNANDO-QUIQUIN-  
TOGOPON-SAN IGNACIO-BUENA VENTURA”**

---

**Área de Investigación:**

Transportes – Ingeniería de Transportes

**Autor(es):**

Br. Terán Mendoza, Henry Leonel  
Br. Sandoval Vera, Rolly Jerson

**Jurado Evaluador:**

**Presidente:** Burgos Sarmiento, Tito Alfredo

**Secretario:** Vertiz Malabrigo, Manuel Alberto

**Vocal:** Vega Benites, Jorge Antonio

**Asesor:**

Vargas Lopez, Segundo Alfredo

**Código Orcid:** <https://orcid.org/0000-0001-7631-5226>

**TRUJILLO – PERÚ**

**2021**

**Fecha de sustentación: 2021/11/26**

## **Dedicatoria**

Dedico esta tesis principalmente a Dios por darnos vida, salud y por permitirnos llegar hasta este punto de nuestras vidas y poder dar un paso más en nuestra formación profesional.

A mis padres, Roger Sandoval Gaitan y Severina Vera Fabian por brindarme su apoyo incondicional durante toda la vida y sobre todo durante la época universitaria.

A mis hermanos, quienes me acompañaron durante todo este tiempo y me ayudaron a salir adelante.

### **Br. Rolly Jerson Sandoval Vera.**

El presente trabajo lo dedico principalmente a Dios, por ser la principal fuente de inspiración y darme la fuerza para continuar con este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mis padres porque el esfuerzo y las metas alcanzadas, refleja la dedicación y el amor que invirtieron en mi persona. Gracias a mis padres soy quien soy, orgullosamente y con la cara muy en alto agradezco a Segundo Areliano y Edid Margarita, mi mayor inspiración, gracias a ellos he concluido con mi mayor meta.

A los docentes que son un pilar fundamental para el aprendizaje y principalmente a mi asesor de tesis, quien con sus conocimientos y su gran trayectoria cumplí con mi objetivo.

### **Br. Henry Leonel Teran Mendoza**

## **Agradecimiento**

Gracias a Dios por su ayuda y protección en todo momento, por darme las fuerzas necesarias para salir adelante y por ayudarme a terminar con éxito esta etapa de mi vida.

Gracias a mi familia, que estuvieron a mi lado apoyándome de forma incondicional en todo aspecto. Gracias a ellos por ser mi motivación cada día y por haberme dado esta oportunidad de ser profesional.

Gracias a la universidad y a los profesores especialistas por compartir sus conocimientos.

Gracias a nuestro asesor por la ayuda y orientación durante el desarrollo de este informe final.

Gracias a todas aquellas personas cercanas que fueron ayuda y fortaleza todos estos años.

**Br. Rolly Jerson Sandoval Vera**

Agradezco a Dios por guiarme en mi camino y por permitirme concluir con mi objetivo.

A mis padres quienes son mi motor y mi mayor inspiración, que, a través de su amor, paciencia y buenos valores, ayudan a trazar mi camino.

Finalmente, a mi querida Universidad y a toda su plana docente, por permitirme concluir con una etapa de mi vida, gracias por la paciencia, orientación y guiarme en el desarrollo de esta investigación.

**Br. Henry Leonel Teran Mendoza**

## Resumen

La presente investigación se desarrollará en el camino vecinal tramo San Fernando-Quyquin-TogoPON-San Ignacio-Buena Ventura. Este camino vecinal se encuentra en el distrito de Carabamba, provincia de Julcan y departamento de La Libertad. Es de vital importancia la presente investigación ya que este camino vecinal es la única vía por la que podemos dirigirnos a los distintos caseríos mencionados en el tramo de estudio. Asimismo, es importante para el desarrollo del sector, una mejor calidad de vida para los pobladores de los distintos caseríos y para facilitar la movilización de los productos que cosechan los agricultores.

Realizaremos el diseño de un pavimento rígido y un pavimento flexible, posteriormente desarrollaremos el presupuesto para una futura construcción de cualquiera de las dos alternativas. Asimismo, realizaremos una comparación entre ambos pavimentos y elegiremos el más óptimo para el lugar. Actualmente la vía que pasa por los caseríos San Fernando-Quyquin-TogoPON-San Ignacio-Buena Ventura no se encuentra pavimentada.

El diseño, cálculo de espesores de las capas que conforman los pavimentos y total de costos; serán importantes para un buen análisis y la correcta determinación de la alternativa más óptima para la zona en estudio y así puedan gozar de una mejor transitabilidad y mejor calidad de vida para cada uno de los pobladores que habita que estos caseríos.

## **Abstract**

This research will be carried out on the San Fernando-Quyquin-Togoapon-San Ignacio-Buena Ventura section of the road. This local road is located in the Carabamba district, Julcan province and La Libertad department. The present investigation is of vital importance since this neighborhood road is the only way by which we can go to the different villages mentioned in the study section. Likewise, it is important for the development of the sector, a better quality of life for the inhabitants of the different hamlets and to facilitate the mobilization of the products that the farmers harvest.

We will design a rigid pavement and a flexible pavement, later we will develop the budget for a future construction of either of the two alternatives. Likewise, we will make a comparison between both pavements and we will choose the most optimal for the place. Currently the road that passes through the San Fernando-Quyquin-Togoapon-San Ignacio-Buena Ventura villages is not paved.

The design, calculation of the thickness of the layers that make up the pavements and total costs; They will be important for a good analysis and the correct determination of the most optimal alternative for the area under study and thus they can enjoy a better walkability and a better quality of life for each of the inhabitants who inhabit these villages.

## **Presentación de la Tesis**

Señores Ingenieros, miembros del Jurado Evaluador:

Dado por cumplimiento conforme a lo que estipula las normas establecidas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego, es grato poner a su consideración nuestro informe final de tesis cuyo título es: **COMPARACIÓN DE COSTOS ENTRE LOS DISEÑOS ESTRUCTURALES DE PAVIMENTO FLEXIBLE Y PAVIMENTO RÍGIDO EN EL CAMINO VECINAL TRAMO SAN FERNANDO-QUYQUIN-TOGOPON-SAN IGNACIO-BUENA VENTURA.**

Con el fin de ser revisado y de ser el caso, lograr la obtención del título profesional de Ingeniero Civil.

Atentamente,

**Br. Henry Leonel Teran Mendoza**

**Br. Rolly Jerson Sandoval Vera.**

## Índice General

Dedicatoria .....	iv
Agradecimiento .....	v
Resumen .....	vi
Abstract .....	vii
Presentación de la Tesis .....	viii
Índice General .....	ix
Índice de Tablas .....	xii
Índice de Figuras .....	xiii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Problema de Investigación .....	1
1.1.1. Realidad Problemática .....	1
1.1.2. Enunciado del Problema .....	1
1.2. Objetivos .....	2
1.2.1. Objetivo General .....	2
1.2.2. Objetivos Específicos .....	2
1.3. Justificación del Estudio .....	2
II. MARCO DE REFERENCIA .....	3
2.1. Antecedentes del Estudio .....	3
2.2. Marco Teórico .....	5
2.2.1. Pavimento .....	5
2.2.2. Pavimento Rígido .....	6
2.2.3. Pavimento Flexible .....	7
2.3. Marco Conceptual .....	8
2.3.1. Carretera .....	8

2.3.2.	Ingenieria de Tránsito .....	9
2.3.3.	Pavimento Flexible .....	9
2.3.4.	Pavimento Rígido .....	9
2.3.5.	California Bearing Ratio .....	9
2.3.6.	Índice Medio Anual .....	10
2.4.	Sistema de hipótesis .....	10
2.4.1.	Variables e Indicadores (Operacionalización de las variables).....	10
III.	METODOLOGÍA EMPLEADA .....	11
3.1.	Tipo y nivel de investigación .....	11
3.2.	Población y muestra de estudio .....	11
3.2.1.	Población .....	11
3.2.2.	Muestra.....	11
3.3.	Diseño de Investigación .....	12
3.4.	Técnicas e instrumentos de investigación.....	12
3.4.1.	Técnicas de la Investigación.....	12
3.4.2.	Instrumentos de la Investigación .....	12
3.5.	Procesamiento y análisis de datos.....	13
IV.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS .....	13
4.1.	Análisis e Interpretación de Resultados .....	13
4.1.1.	Datos Generales del Proyecto en el que se realizará la Investigación 13	
4.1.2.	Estudio de tráfico .....	16
4.1.3.	Estudio de Suelos en el tramo de la Vía.....	32
4.1.4.	Diseño del Pavimento Rígido .....	37
4.1.5.	Diseño de Pavimento Flexible .....	49
4.1.6.	Presupuesto según el diseño del pavimento rígido .....	64
4.1.7.	Presupuesto según el diseño del pavimento flexible .....	68

4.2. Docimasia de hipótesis .....	72
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	73
CONCLUSIONES.....	74
RECOMENDACIONES .....	75
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	76
ANEXOS .....	78

## Índice de Tablas

TABLA 1 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	10
TABLA 2 FACTORES DE CORRECCIÓN ESTACIONAL .....	18
TABLA 3 CÁLCULO DE IMDS E IMDA.....	19
TABLA 4 RESULTADOS A DETALLE DEL ÍNDICE MEDIO DIARIO ANUAL (IMDA) .....	21
TABLA 5 TASA DE CRECIMIENTO DE LA PROVINCIA DE JULCAN .....	23
TABLA 6 TASA CRECIMIENTO ACTIVIDAD ECONÓMICA PBI .....	24
TABLA 7 CÁLCULO DE LA PROYECCIÓN DE TRÁFICO CONTRACTUAL.....	25
TABLA 8 NORMA DE LOS ENSAYOS QUE SE VAN A REALIZAR .....	33
TABLA 9 RESULTADOS DE LA REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS ESTÁNDAR .....	34
TABLA 10 RESULTADOS DE LA REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS ESPECIALES .....	35
TABLA 11 CLASIFICACIÓN DEL SUELO SUCS.....	35
TABLA 12 CATEGORÍAS DE SUBRASANTE SEGÚN EL PORCENTAJE CBR.....	37
TABLA 13 CÁLCULO DE LOS VALORES DE ESAL PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO. .....	38
TABLA 14 VALORES DEL COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CARGA "J" .....	42
TABLA 15 COEFICIENTES DE DRENAJE .....	43
TABLA 16 VALORES DE RESISTENCIA DEL CONCRETO SEGÚN RANGO DE TRAFICO .....	46
TABLA 17 LONGITUDES DE LA LOSA SEGÚN EL ANCHO DE CARRIL .....	48
TABLA 18 CÁLCULO DE LOS VALORES DE ESAL PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE .....	49
TABLA 19 RELACIÓN DE VALORES DE CONFIABILIDAD.....	52
TABLA 20 COEFICIENTES DE DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL "Zr" SEGÚN RANGO DE TRÁFICO .....	53
TABLA 21 ÍNDICE DE SERVICIALIDAD SEGÚN RANGO DE TRÁFICO.....	54
TABLA 22 ÍNDICE DE SERVICIALIDAD FINAL SEGÚN EL RANGO DE TRAFICO .....	55
TABLA 23 DIFERENCIAL DE SERVICIALIDAD SEGÚN EL RANGO DE TRÁFICO.....	57
TABLA 24 VALORES DE LOS COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE LAS CAPAS QUE CONFORMAN EL PAVIMENTO. ....	60
TABLA 25 CALIDAD DE DRENAJE.....	62
TABLA 26 .....	62
TABLA 27 PRESUPUESTO SEGÚN EL DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO.....	65
TABLA 28 PRESUPUESTO SEGÚN EL DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE .....	68

## Índice de Figuras

FIGURA 1 ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y PAVIMENTO RÍGIDO .....	8
FIGURA 2 TRAMO DEL MEJORAMIENTO DE INICIO A FIN.....	14
FIGURA 3 FÓRMULA PARA CALCULAR EL ÍNDICE MEDIO DIARIO ANUAL (IMDA).....	16
FIGURA 4 FÓRMULA PARA CALCULAR EL ÍNDICE MEDIO DIARIO SEMANAL (IMDS) .....	17
FIGURA 5 CANTIDAD DE VEHÍCULOS POR CADA DÍA .....	20
FIGURA 6 CANTIDAD PORCENTUAL DE CADA TIPO DE VEHÍCULO (IMDA).....	22
FIGURA 7 FÓRMULA PARA CALCULAR EL FACTOR DE CRECIMIENTO .....	26
FIGURA 8 CARGAS POR EJE PARA DETERMINAR EJES EQUIVALENTES.....	27
FIGURA 9 CÁLCULO Y RESULTADO DEL FACTOR CAMIÓN PARA EL VEHÍCULO PESADO C2	28
FIGURA 10 CÁLCULO Y RESULTADO DEL FACTOR CAMIÓN PARA EL VEHÍCULO PESADO C3 .....	29
FIGURA 11 CARGAS POR EJE PARA DETERMINAR EJES EQUIVALENTES.....	29
FIGURA 12 CÁLCULO Y RESULTADO DEL FACTOR CAMIÓN PARA EL VEHÍCULO PESADO C2 .....	30
FIGURA 13 CÁLCULO Y RESULTADO DEL FACTOR CAMIÓN PARA EL VEHÍCULO PESADO C3 .....	31
FIGURA 14 CANTIDAD DE ENSAYOS MR Y CBR .....	32
FIGURA 15 RELACIÓN DE VALORES DE CONFIABILIDAD Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR .....	39
FIGURA 16 ÍNDICE DE SERVICIALIDAD INICIAL E ÍNDICE DE SERVICIALIDAD FINAL SEGÚN EL RANGO DE TRÁFICO. ....	41
FIGURA 17 CORRELACIÓN MODULO REACCIÓN DE SUBRASANTE Y CBR.....	44
FIGURA 18 FÓRMULA PARA CALCULAR EL MÓDULO ELÁSTICO DEL CONCRETO .....	45
FIGURA 19 FÓRMULA PARA CALCULAR EL ESPESOR DE LA LOSA DE CONCRETO .....	47
FIGURA 20 ESPESORES PARA EL PAVIMENTO RÍGIDO.....	48
FIGURA 21 FÓRMULA PARA CALCULAR EL MÓDULO DE RESILIENCIA .....	51
FIGURA 22 FÓRMULA PARA CALCULAR EL NÚMERO ESTRUCTURAL “SN” .....	59
FIGURA 23 FÓRMULA PARA CALCULAR ESPESOR DE CAPA .....	63
FIGURA 24 ESPESORES PARA EL PAVIMENTO FLEXIBLE .....	64
FIGURA 25 ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS DE LA PARTIDA PAVIMENTACIÓN EN EL DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO.....	66

FIGURA 26 ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS DE LA PARTIDA PAVIMENTACIÓN EN EL DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE.....	69
FIGURA 27 UBICACIÓN DEL TRAMO DE LA PRESENTE INVESTIGACIÓN.....	78
FIGURA 28 ENSAYO CBR MUESTRA M- 1 C-1 .....	79
FIGURA 29 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO .....	80
FIGURA 30 HUMEDAD NATURAL.....	81
FIGURA 31 LÍMITES DE CONSISTENCIA C-1 M-1 .....	81
FIGURA 32 LÍMITES DE CONSISTENCIA DE LA MUESTRA C-1 M-1 .....	82
FIGURA 33 ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO MUESTRA C-1 .....	83
FIGURA 34 ENSAYO CBR DE LA MUESTRA C-2 M-1 .....	84
FIGURA 35 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DE LA MUESTRA M-1 C-2 .....	85
FIGURA 36 LÍMITES DE CONSISTENCIA DE LA MUESTRA C-2 M-1 .....	86
FIGURA 37 ENSAYO PROCTOR MODIFICADO DE LA MUESTRA C-2.....	87
FIGURA 38 ENSAYO CBR DE LA MUESTRA C-3.....	88
FIGURA 39 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LA MUESTRA M-1 C-3 .....	89
FIGURA 40 LÍMITES DE CONSISTENCIA DE LA MUESTRA C-3 M-1 .....	90
FIGURA 41 ENSAYO CBR DE LA MUESTRA C-4.....	91
FIGURA 42 ENSAYO PROCTOR MODIFICADO C-3 .....	92
FIGURA 43 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DE LA MUESTRA M-1 C-4 .....	93
FIGURA 44 CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL .....	94
FIGURA 45 RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA DE SUELOS COMPACTADOS .....	94
FIGURA 46 RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA DE SUELOS COMPACTADOS .....	95
FIGURA 47 ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO DE LA MUESTRA M-1 .....	96
FIGURA 48 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LA MUESTRA C-5 M-1 .....	97
FIGURA 49 CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL .....	98
FIGURA 50 ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO C-5.....	99
FIGURA 51 ENSAYO CBR DE LA MUESTRA C-6.....	100
FIGURA 52 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DE LA MUESTRA M-1 C-6 .....	101
FIGURA 53 CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL .....	102
FIGURA 54 LÍMITES DE CONSISTENCIA DE LA MUESTRA C-6 M-1 .....	102
FIGURA 55 ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO DE LA MUESTRA C-6 .....	103
FIGURA 56 VISITA A CAMPO PARA EL CONTEO DE VEHÍCULOS EN LA VÍA DE ESTUDIO ...	104
FIGURA 57 IDENTIFICACIÓN Y MEDICIÓN DE LA VÍA .....	104
FIGURA 58 INICIO DEL TRAMO PROGRESIVA 0+000 .....	105

FIGURA 59 FIN DEL TRAMO PROGRESIVA 5+968.71 .....	105
FIGURA 60 PLANO DE PLANTA ENTRE LAS PROGRESIVAS 5+000 A 6+000 .....	106
FIGURA 61 PLANO DE PLANTA ENTRE LAS PROGRESIVAS 4+000 A 5+000 .....	106
FIGURA 62 PLANO DE PLANTA ENTRE LAS PROGRESIVAS 3+000 A 4+000 .....	107
FIGURA 63 PLANO DE PLANTA ENTRE LAS PROGRESIVAS 2+000 A 3+000 .....	108
FIGURA 64 PLANO DE PLANTA ENTRE LAS PROGRESIVAS 1+000 A 2+000 .....	109
FIGURA 65 PLANO DE PLANTA ENTRE LAS PROGRESIVAS 0+000 A 1+000 .....	110
FIGURA 66 RESOLUCIÓN DE APROBACIÓN E INSCRIPCIÓN DEL PROYECTO DE TESIS...	112
FIGURA 67 INFORME FINAL DE ASESORAMIENTO DE TESIS.....	113

## **I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Problema de Investigación**

#### **1.1.1. Realidad Problemática**

En el mundo de las carreteras que existen entre ciudades y pueblitos perdidos presentan muchas carencias o simplemente no existen. Por eso no existe duda de las ventajas que otorga construir o dar mejoramiento a las carreteras que unen estos pueblitos de los distritos o simplemente ciudades.

En el Perú uno de los factores para el crecimiento económico de las ciudades es el transporte. Según la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles del Ministerio de Transporte y Carreteras, manifiesta que el Sistema Nacional de Carreteras lo conforman 137,327 kilómetros de vías nacionales, pero existe 10,314 kilómetros que se encuentra en fase de proyectos. Según el Ministerio de Transporte y Carreteras 1,493 kilómetros de las vías departamentales se encuentran debidamente pavimentadas, pero en cuanto a las vías rurales solo 624 kilómetros se encuentran correctamente pavimentadas. Por los que solo representa el 11% de todo el Perú y un 89% que necesitan el proyecto de pavimentado.

En los caseríos que pertenecen al distrito de Carabamba no existen datos estadísticos oficiales, pero mediante las visitas que realizamos a la zona de estudio, nos pudimos dar cuenta que la principal actividad económica que sostiene a los caseríos de: San Fernando-Quyquin-TogoPON-San Ignacio-Buena Ventura es la agricultura. En tal sentido, el pésimo estado en el que se encuentra la vía perjudica a todos los habitantes de los caseríos antes mencionado, ya que no llegan a comprar sus productos o también no pueden transportar sus productos ellos mismos.

#### **1.1.2. Enunciado del Problema**

Después de lo manifestar el problema de la investigación, nuestra formulación de dicho problema será ¿Determinar la comparación de costos entre los diseños de pavimento rígido y pavimento flexible en el mejoramiento del camino vecinal tramo San Fernando-Quyquin-TogoPON-San Ignacio-Buena Ventura del distrito de Carabamba?

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo General**

Realizar un análisis comparativo entre los costos del diseño estructural del pavimento rígido y del pavimento flexible para el mejoramiento del camino vecinal tramo San Fernando-Quyquin-TogoPON-San Ignacio-Buena Ventura del distrito de Carabamba, Julcan, La Liberta.

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

- Determinar el California Bearing Ratio de la subrasante en la zona de estudio.
- Obtener el Índice medio anual y la carga de eje equivalente en la zona de estudio.
- Obtener el espesor que presentan los ambos pavimentos (flexibles y rígido) utilizando la metodología AASHTO 93.
- Presupuestar ambas propuestas de diseño de pavimento mediante un análisis de costos.

## **1.3. Justificación del Estudio**

En el Perú presenciamos deficiencias en las infraestructuras viales, asimismo en los distritos pequeños y conjuntamente con sus caseríos la infraestructura vial es nefasta, se observa claramente las patologías o simplemente no cuentan con vías que unan distrito a caseríos. Es por ello que a los habitantes de los pueblos rurales no gozan de una buena calidad de vida porque tienen dificultades y complicaciones al ingreso y salida del lugar.

El presente proyecto ayudaría a dar solución a los pobladores rurales, teniendo como actividad principal la agricultura, estos pobladores de los caseríos de San Fernando-Quyquin-TogoPON-San Ignacio-Buena Ventura tendrían mayor facilidad de transportar sus productos de cosecha ya que el problema que presencian ellos es el medio para transportar sus productos. Asimismo, gozarían de una mejor calidad de vida, ya que estos productos beneficiarían a las familias de ambas partes: vendedor y comprador.

El proyecto principalmente se basa en el diseño del pavimento rígido y pavimento flexible, asimismo el análisis de costos entre ambos pavimentos para el mejoramiento del camino vecinal tramo San Fernando-Quyquin-TogoPON-San Ignacio-Buena Ventura del distrito de Carabamba, provincia de Julcan, región La Libertad. Este análisis de diseño y costos permitirán una elección del pavimento más óptimo para la zona y siendo así muy ventajoso para los pobladores habitantes de los caseríos antes mencionado.

Con un pavimento en dicha zona de investigación, permitiría a los pobladores gozar de una calidad de vida muy favorable, asimismo impulsaría el mercado rural. Asimismo, los resultados de dicha investigación servirían de cimiento para una futura ejecución de obra y buscando el crecimiento del distrito de Carabamba.

## **II. MARCO DE REFERENCIA**

### **2.1. Antecedentes del Estudio**

Aguilar y Chumacero (2018), en su tesis titulada “Mejoramiento del Camino Vecinal Utcurarca del Distrito de Alberto Leveau, provincia de San Martín”, tesis realizada en la escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de San Martín. Dichos autores plantean como objetivo la realización del Mejoramiento del Camino Vecinal en la zona antes mencionada, para ello realizaron estudios topográficos, estudios de mecánica de suelos, ambos estudios son requisito para diseñar los pavimentos. Asimismo, elaboraron un estudio de impacto ambiental y el estudio de tráfico en la zona de investigación. Finalmente concluyen que el pavimento con material de afirmado en camino vecinal Utcurarca de la provincia de San Martín, mejorará el transporte de los productos cultivados. Asimismo, este ayudaría a reducir los costos del transporte y garantizando el buen estado de los productos a la venta. Mediante el resultado del estudio de mecánica de suelo, se identificó que el suelo es de tipo CL y CH por lo se entiende que dicho suelo tiene presencia de arcilla inorgánica.

Mestanza y Sanchez (2018), en su tesis titulada “Estudio definitivo para el mejoramiento del camino vecinal Pinshapampa del distrito Alonso de Alvarado, provincia de Lamas, región San Martín”, tesis realizada en la escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de San Martín. Ambos autores planten como objetivos de su investigación la elaboración de un estudio para el mejoramiento del camino vecinal antes mencionado, para ello se elaboraron estudios de ingeniería y la determinación de costos de la investigación. Asimismo, realizaron el estudio de impacto ambiental. Esta investigación fue realizada debido a la fuerte migración que existió en esa parte selvática en las últimas décadas. Finalizan la investigación con la realización del expediente técnico, por lo que buscaron el financiamiento para la ejecución de la obra y así mejorar las condiciones socio económicas de las poblaciones que integran el tramo del proyecto. Asimismo, concluyen sustentando que el diseño del camino vecinal Pinshapampa cumple con todas las especificaciones técnicas mininas que se requieren para el estudio de carreteras.

Huamán Peláez (2014), en su tesis titulada “Perfil para el Mejoramiento del Camino Vecinal Integrado desde Malingas, Pueblo Libre hasta Convento del Distrito

de Tambo grande en la Provincia de Piura”, tesis realizada en la escuela profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Ricardo Palma. Dichos autores plantean la formulación del perfil técnico del proyecto del camino vecinal con la finalidad de mejorar los accesos. Para lo cual se tiene que determinar el Índice Medio Diario de la zona en investigación, asimismo la realización de estudios topográficos y estudios de mecánica de suelos para la identificación del CBR.

Vela y Ruiz (2020), en su tesis titulada “Propuesta de diseño geométrico vial para el mejoramiento del camino vecinal tramo Caserío Ricardo Palma-Vista Alegre del Distrito de Mache, Provincia de Otuzco y Departamento La Libertad”, tesis realizada en la escuela profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Privada Antenor Orrego. Ambos autores plantean la realización del diseño vial para el mejoramiento del camino vecinal antes mencionado. Para dicho diseño tuvieron que realizar estudio topográfico de la zona en investigación, también efectuar el estudio de tráfico vial. Posterior a ellos realizar el diseño de pavimento más óptimo en la zona de estudio. El proyecto fue realizado como un referente para una toma de decisiones técnicas sobre carreteras sin pavimentación. Concluyen que, gracias al estudio topográfico realizado en la zona, se pudo calcular el radio mínimo excepcional en la carretera, teniendo como resultado 09 metros, considerando un sobreebanco de 4.5 metros. Asimismo, realizaron el estudio de tráfico con un IMD de 19 vehículos por día. Finalmente obtuvieron como resultado general que las características geométricas si cumplen con los parámetros establecidos en el Manual Diseño de Carreteras sin Pavimentar de Bajo Volumen de Tránsito.

## **2.2. Marco Teórico**

### **2.2.1. Pavimento**

Es un conjunto de capas que se ubica por encima del terreno natural o subrasante del suelo, esta debe estar aplanada y ayuda en el soporte de los

esfuerzos que ocasionan las sobrecargas del tráfico. Normalmente está estructurada en base, subbase y carpeta asfáltica.

#### **2.2.1.1. Estructura del Pavimento**

El pavimento está estructurado en tres capas: la base, la subbase y la capa de rodadura.

La base se encuentra ubicado debajo de la capa de rodadura. Esta base tiene la función de sostener, distribuir y transmitir las cargas del tráfico. El material con el cual está constituido es un material granular drenante con un CBR mayor o igual al 80%. Si no cumple esta especificación, la base será realizada con otro material como el cemento, cal o asfalto.

La subbase se encuentra ubicado en la parte inferior de la base. La sub base cumple una función de resistir las cargas de las capas superiores, asimismo de controlar la capilaridad del agua y la optimización en costos del pavimento. La sub base está conformada de un material granular con un CBR mayor o igual al 40%.

La capa de rodadura es la capa que se encuentra ubicado en la parte superior del pavimento, la cual está en contacto directo y soporta las cargas del tráfico. La capa de rodadura tiene la función de resistir los efectos del tránsito para evitar dañar vehículos.

#### **2.2.2. Pavimento Rígido**

Los pavimentos rígidos son losas de concreto simple o concreto armado, esta se apoya directamente sobre una base o subbase. El pavimento rígido, absorben gran parte de los esfuerzos que reciben, esto por su rigidez y alto módulo de elasticidad, asimismo producen una buena distribución de cargas, resultando bajas tensiones en la subrasante.

Las capas que conforman el pavimento rígido son los siguientes: Subrasante, sub base y losa.

La subrasante es el soporte natural, el cual se encuentra compactado y en el cual se puede construir el pavimento. La subrasante cumple la función de dar un apoyo uniforme o estable a que tenga una alta capacidad de soporte. Por lo que se debe prever la expansión de suelos.

La subbase es una cierta parte de la estructura del pavimento rígido, esta se encuentra ubicado entre la subrasante y la losa rígida. Está constituida de material granular o también llamado material estabilizador. Cumple la función de prevención del bombeo de los suelos que tienen granos finos.

La losa es la capa que se encuentra ubicada en la parte superior de la estructura de un pavimento rígido, son caracterizadas por su alto módulo de elasticidad y rigidez, lo cual les permite basar su capacidad portante en la losa más que en la capacidad de la subrasante. El material con el que está constituido la losa es cemento portland.

### **2.2.3. Pavimento Flexible**

El pavimento flexible es el que su estructura flexiona según las cargas que actúan sobre él. El uso de estos pavimentos se realiza mayormente en lugares con abundante tráfico como las vías o aceras.

Estos pavimentos se caracterizan por tener una capa bituminosa, la cual se apoyan de la base y sub base. Cada capa recibe las cargas por encima de la capa. Los conceptos y funciones de las capas que lo conforman son:

La capa de rodadura es la capa que se encuentra ubicado en la parte superior del pavimento, la cual está en contacto directo y soporta las cargas del tráfico. La capa de rodadura tiene la función de resistir los efectos del tránsito para evitar dañar vehículos.

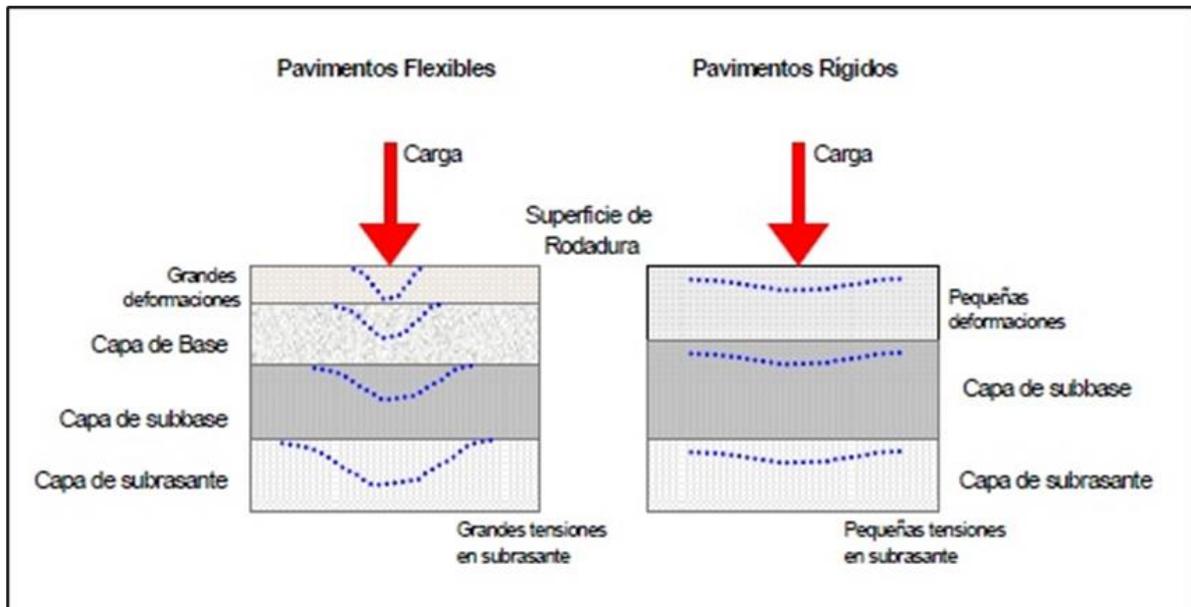
La base se encuentra ubicado debajo de la capa de rodadura. Esta se encarga de sostener, distribuir y transmitir las cargas del tráfico. El material con el cual está

constituido es un material granular drenante con un CBR mayor o igual al 80%. Si no cumple esta especificación, la base será realizada con otro material como el cemento, cal o asfalto.

La subbase se encuentra ubicado en la parte inferior de la base. La sub base cumple una función de resistir las cargas de las capas superiores, asimismo de controlar la capilaridad del agua y la optimización en costos del pavimento. Está conformada de un material granular con un CBR mayor o igual al 40%.

Figura 1

Estructura del Pavimento Flexible y Pavimento Rígido



Nota: En la figura se visualiza la estructura la cual están conformadas los pavimentos flexibles y pavimentos rígidos.

## 2.3. Marco Conceptual

### 2.3.1. Carretera

Se le llama carreteras a las vías urbanas, que son destinadas al transporte vehicular, así estén o no pavimentadas. Está constituida con una berma lateral, señalizaciones verticales y horizontales.

### **2.3.2. Ingeniería de Tránsito**

Esta rama de la Ingeniería, se encarga de ver los proyectos geométricos, diseños y planeación del tránsito en calles y carreteras.

### **2.3.3. Pavimento Flexible**

Según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones, el pavimento flexible está constituido con materiales bituminosos como agregados y aditivos.

### **2.3.4. Pavimento Rígido**

Según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones, se conceptualiza al pavimento rígido como un pavimento que está constituido por cemento Portland.

### **2.3.5. California Bearing Ratio**

También denominado CBR, según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones se define a California Bearing Ratio como el valor relativo de soporte de un suelo, es medido por la penetración de una fuerza dentro de una masa de suelo.

### **2.3.6. Índice Medio Anual**

También denominado IMDA, según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones, se define al Índice Medio Anual como el volumen promedio del tránsito de vehículos en ambos sentidos de una carretera durante el transcurrir de 24 horas.

## **2.4. Sistema de hipótesis**

La presente tesis según el nivel de investigación es de tipo descriptiva, por lo cual no requiere de una hipótesis.

### **2.4.1. Variables e Indicadores (Operacionalización de las variables)**

La presente tesis al ser un estudio de nivel descriptivo, solo presenta una sola variable independiente categórica.

#### **2.4.1.1. Operacionalización de Variables**

*Tabla 1*

*Operacionalización de Variables*

<b>Variables</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Unidad de Medida</b>	<b>Instrumentos de Investigación</b>
------------------	--------------------	-------------------------	--------------------------------------

Pavimento Flexible y Pavimento Rígido.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Suelo.</li> <li>- Número estructural.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- EAL.</li> <li>- CBR.</li> <li>- Nivel de Servicio.</li> <li>- Espesor.</li> </ul>	Metodología AASHTO 93.
--	---	--	------------------------

Nota: En la tabla visualizamos la única variable de la investigación.

### **III. METODOLOGÍA EMPLEADA**

#### **3.1. Tipo y nivel de investigación**

La presente tesis según la orientación o finalidad es una Investigación Descriptiva y según la técnica de contrastación es una investigación descriptiva.

#### **3.2. Población y muestra de estudio**

##### **3.2.1. Población**

La población en estudio de la presente investigación son las carreteras que une al distrito de Carabamba con sus caseríos aledaños.

##### **3.2.2. Muestra**

La muestra en estudio de la presente investigación es el acceso a los caseríos que intervienen en el tramo, estos caseríos son San Fernando-Quyquin-TogoPON-San Ignacio-Buena Ventura del distrito Carabamba, Julcan, La Libertad.

### **3.3. Diseño de Investigación**

El diseño de investigación de la presente tesis es un diseño de campo, ya que los datos que se van a recoger serán in situ.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de investigación**

#### **3.4.1. Técnicas de la Investigación**

Para la recolección de datos utilizaremos la técnica de conteo de vehículos en puntos ubicados estratégicamente del tramo en estudio con la finalidad de obtener información para el cálculo de ejes equivalentes.

Otras técnicas que también utilizaremos son el estudio de mecánica de suelos en diferentes puntos del tramo en estudio para su análisis y clasificación de condiciones del terreno y así obtener un correcto cálculo de la capa de rodadura. Asimismo, un levantamiento topográfico para visualizar el relieve en el que se encuentra el terreno.

Finalmente, la búsqueda en el mercado de costos para un correcto análisis comparativo de costos de ambos pavimentos.

#### **3.4.2. Instrumentos de la Investigación**

Los instrumentos para la recolección de datos son los ensayos requeridos para el estudio de mecánica de suelos, para una correcta clasificación de propiedades mecánicas. Asimismo, utilizaremos formatos de conteo de vehículos.

### **3.5. Procesamiento y análisis de datos**

Los datos que se recopilen serán debidamente procesados por el Excel, ya que los datos obtenidos, son datos estadísticos, los cuales deben ser analizados para construir conclusiones en beneficio del proyecto en curso. Asimismo, se utilizará el programa de Diseño digital Autocad para elaboración de perfiles o planos.

## **IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

### **4.1. Análisis e Interpretación de Resultados**

#### **4.1.1. Datos Generales del Proyecto en el que se realizará la Investigación**

##### **4.1.1.1. Denominación del Proyecto**

La denominación del Proyecto en el cual se realiza la tesis es: “Mantenimiento del Camino Vecinal tramo: San Fernando-Quyquin-TogoPON-San Ignacio-Buena Ventura”-Carabamba-Julcán-La Libertad.

##### **4.1.1.2. Antecedentes**

En consistencia con las estrategias de desarrollo económico territorial de los gobiernos locales y en armonía y complementariedad con la política del sector para el desarrollo del transporte, es primordial la intervención en vías vecinales a nivel de mantenimiento vial, con la finalidad de dar un mejoramiento en los niveles de integración a través del transporte, priorizando los niveles de seguridad de los usuarios y del transporte terrestre en general.

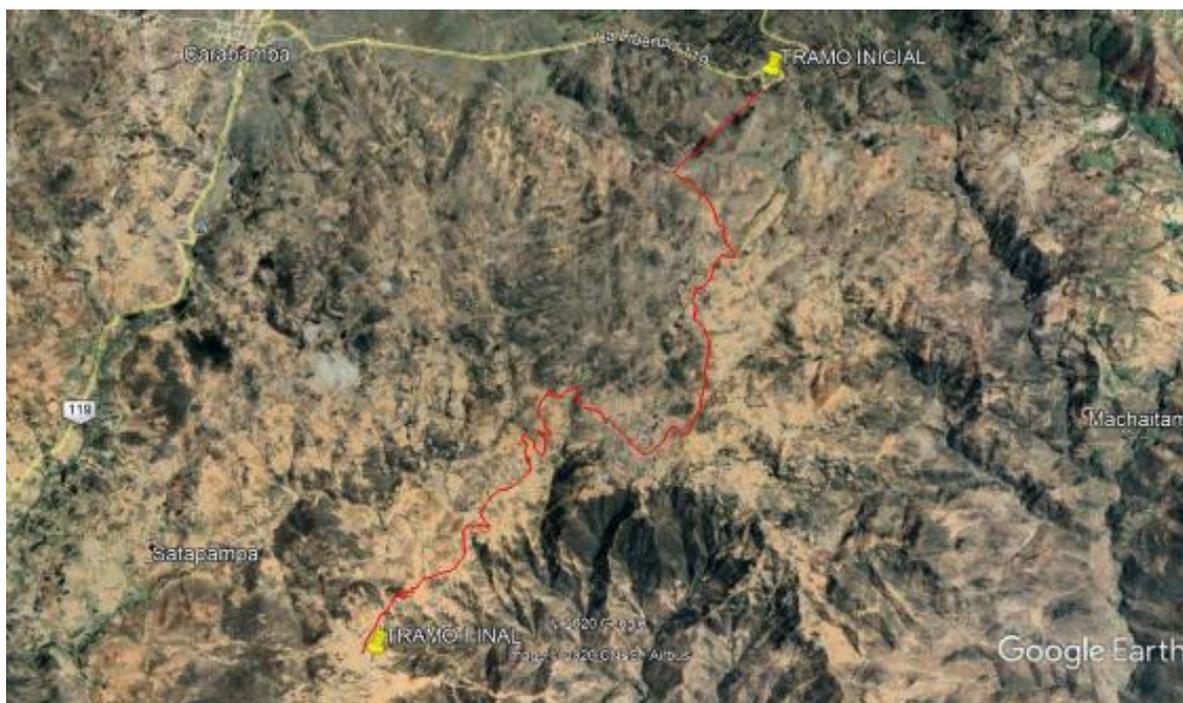
#### 4.1.1.3. Ubicación del Proyecto

El camino vecinal en el cual se ejecutará el servicio se encuentra en:

Departamento	:	La Libertad.
Provincia	:	Julcán.
Distrito	:	Carabamba.
Localidades	:	San Fernando – Quyquin – TogoPON - San Ignacio – Buenaventura.
Zona	:	17S
Región Natural	:	Sierra
Altitud promedio	:	3,500.00 msnm
Código de Ruta	:	LI-1029

*Figura 2*

*Tramo del Mejoramiento de Inicio a Fin*



Nota: En la figura visualizamos el tramo del mejoramiento de inicio a fin identificado en una captura de Google Earth.

#### **4.1.1.4. Valor del Proyecto**

El monto referencial del Proyecto en el cual realizamos nuestra tesis es de S/. 1,150,713.00 (Un Millón Ciento Cincuenta Mil Setecientos Trece con 00/100 Soles).

#### **4.1.1.5. Sistema de Contratación del Proyecto**

El servicio se realizará bajo el sistema de contratación Suma Alzada.

#### **4.1.1.6. Equipo Profesional requerido para el Proyecto**

El equipo profesional requerido en el servicio son 02 Ingenieros Residentes de Obra y 02 Asistentes del Ingeniero Residente de Obra.

#### **4.1.2. Estudio de tráfico**

La realización del estudio de tráfico es vital, ya que el factor de la demanda del tráfico es un dato que es necesario para la realización y proyección exacta del diseño de vialidad, como, por ejemplo, el diseño geométrico de la carretera, volúmenes de tráfico o los diseños estructurales del pavimento ya que de esta forma se puede inferir en cuanto aumentaría la proyección de tráfico en la vía durante el periodo de análisis.

##### **4.1.2.1. Cálculo del Índice Medio Diario Anual (IMDA):**

Para la realización de este cálculo, se requieren índices de variación mensual, esta información es facilitada por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) y se trabaja en base a la data que es recopilada cada cierto tiempo en los peajes.

Para la realización de esta tesis, calculamos el IMDA del mes de setiembre, ya que es setiembre desarrollamos nuestro análisis vehicular en el tramo de la vía en estudio. Para la obtención del volumen de tráfico de setiembre lo obtuvimos promediando datos de 05 días de la semana los cuales 03 días hábiles fueron lunes, martes y miércoles; y 02 días del fin de semana fueron sábado y domingo. El horario de toma de dato fue de 08:00 de la mañana hasta las 11:00 de la noche.

Por lo que el IMDA lo obtendremos con una simple fórmula que nos facilita el Manual de Carreteras:

*Figura 3*

*Fórmula para calcular el Índice Medio Diario Anual (IMDA)*

$$IMDA = IMDS \times FCE$$

Nota: En la figura visualizamos la sencilla formula por el cual obtendremos el valor del Índice Medio Diario Anual (IMDA) (Manual de Carreteras).

En donde:

IMDA : Índice Medio Diario Anual

IMDS : Índice Medio Diario Semanal

FCE : Factor de corrección estacional para el mes de setiembre

El Índice Medio Diario Semanal se obtendrá con la formula siguiente:

*Figura 4 Fórmula para calcular el Índice Medio Diario Semanal (IMDS)*

$$IMDS = \frac{\left(\frac{V_{lun.} + V_{mar.} + V_{mier.}}{3}\right) * 5 + \frac{V_{sab.} + V_{dom.}}{2}}{7}$$

Nota: En la figura visualizamos la sencilla formula por el cual obtendremos el valor del Índice Medio Diario Semanal (IMDS) (Manual de Carreteras).

En donde:

IMDS : Índice Medio Diario Semanal

Vlun., Vmar., Vmier. : Volumen de tráfico de los días hábiles (lunes, martes y miércoles)

Vsab., Vdom. : Volumen de tráfico de los días de fin de semana (sábado y domingo)

#### 4.1.2.2. Factor de Corrección estacional

Los cambios horarios, diarios y el volumen de tráfico suelen ser variantes según las estaciones meteorológicas en el transcurso del año, por lo que es necesario la corrección de estas oscilaciones de tráfico. Para tener una ampliación de la muestra, utilizamos la corrección estacional FCE.

El tramo de la vía en donde estamos realizando la investigación pertenece a los caseríos del distrito de Carabamba y en la que no cuentan con una unidad de peaje existente en la zona. Por lo que optamos en visitar la unidad de peaje más cercano, Peaje Convial Sierra Norte. Los factores de corrección estacional que obtuvimos son para vehículos ligeros 1.0946 y para vehículos pesados 1.0220.

*Tabla 2 Factores de Corrección Estacional*

Factores de corrección de vehículos ligeros entre 2010 a 2019.		Factores de corrección de vehículos pesados entre 2010 a 2019.	
Mes	FCE	Mes	FCE
Enero	1.0216	Enero	1.0480
Febrero	0.9810	Febrero	1.0102
Marzo	1.0936	Marzo	1.0629
Abril	1.0639	Abril	1.0926
Mayo	1.1199	Mayo	1.0942
Junio	1.1221	Junio	1.0887
Julio	0.9508	Julio	1.0686

Agosto	1.0231	Agosto	1.0210
Setiembre	1.0946	Setiembre	1.0220
Octubre	0.9628	Octubre	0.9200
Noviembre	0.9888	Noviembre	0.8925
Diciembre	0.6731	Diciembre	0.7637

Nota: En la tabla visualizamos los factores de corrección de vehículos ligeros y vehículos pesados entre los años 2010 y 2019.

*Tabla 3*

*Cálculo de IMDS e IMDA*

	Días	Moto Lineal	Moto Taxi	Auto	Pickup	Camioneta Rural	B2 Pesado	C2 Liviano	C2 Pesado	C3 Liviano
IMDS	Lunes	40	43	22	9	15	2	3	1	4
	Martes	58	58	18	11	18	0	1	3	2
	Miércoles	48	34	26	12	14	1	2	2	3
	Sábado	23	25	8	6	7	0	1	2	3
	Domingo	20	28	7	8	8	1	0	1	4
<b>TOTAL, IMDS</b>	<b>38</b>	<b>36</b>	<b>17</b>	<b>9</b>	<b>12</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	

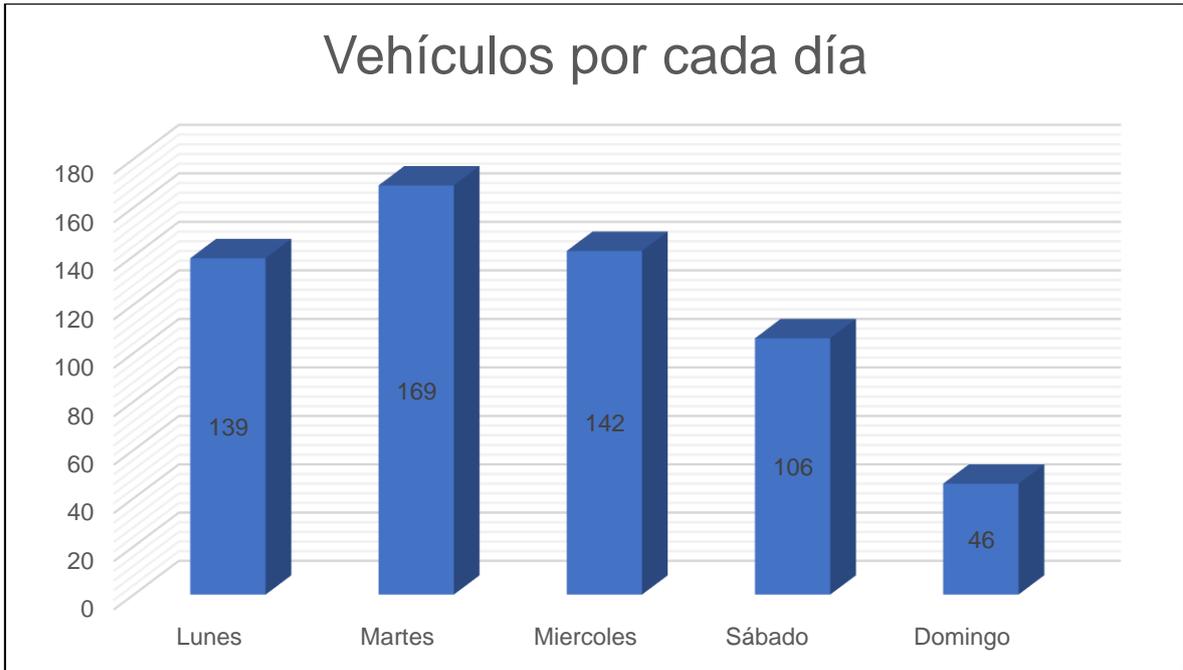
<b>FCE</b>	1	1	1.094 6	1.094 6	1.0220	1.022 0	1.022 0	1.022 0	1.022 0
<b>IMDA</b>	38	36	18	9	13	1	2	2	3
<b>TOTAL, IMDA</b>	<b>122</b>								

Nota: En la tabla visualizamos los cálculos del Índice Medio Diario Semanal y con los factores de corrección también los cálculos del Índice Medio Diario Anual.

Podemos identificar la cantidad de vehículos diarios con mayor facilidad en la siguiente figura, es un gráfico de barras. En esta figura se observa que la cantidad de vehículos se mantiene constante entre los días laborables de los agricultores en la zona y el único día que descansan baja el número de vehículos en buen porcentaje.

*Figura 5*

*Cantidad de Vehículos por cada día*



Nota: En la figura visualizamos la cantidad de vehículos de cada uno de los días que pasan por la zona de estudio.

#### 4.1.2.3. Índice Medio Diario Anual (IMDA)

El Índice Medio Diario Anual del tramo de la vía en estudio es de 122 vehículos, de los que el 31.15% son motos lineales, el 29.51% son moto taxis, el 15.25% son autos, el 8.07% son camionetas pickups, el 10.77% son camionetas rurales y solo el 6.70% son semi camiones.

*Tabla 4*

*Resultados a detalle del Índice Medio Diario Anual (IMDA)*

Moto Lineal	Moto Taxi	Auto	Pickup	Camioneta Rural	Semi Camiones	TOTAL

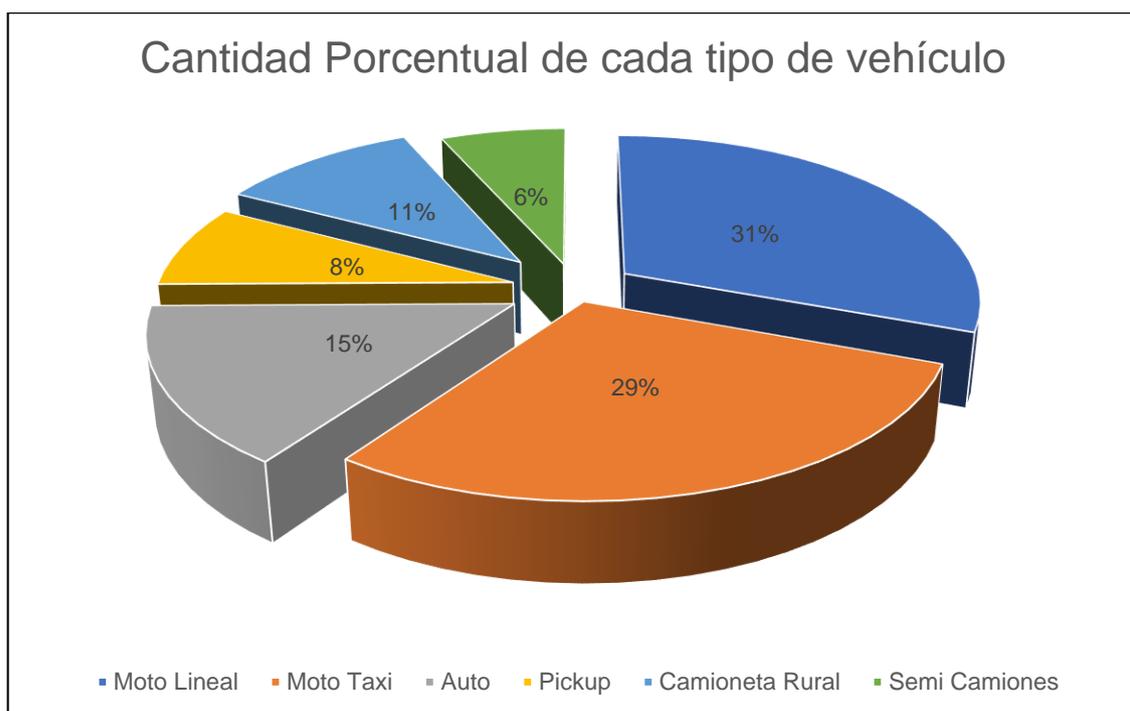
Factor de corrección estacional	1	1	1.0946	1.0946	1.0946	1.0220	
Índice Medio Diario Semanal	38	36	17	9	12	8	120
Índice Medio Diario Anual	38	36	18.61	9.85	13.14	8.18	122
Distribución en Porcentaje	31.15%	29.51%	15.25%	8.07%	10.77%	6.70%	100%

Nota: En la tabla visualizamos los resultados y distribución porcentual del Índice Medio Diario Anual (IMDA).

La cantidad de cada uno de los tipos de vehículos lo podemos observar a mayor detalle en la siguiente figura, un gráfico tipo pastel con porcentajes.

*Figura 6*

*Cantidad Porcentual de cada tipo de Vehículo (IMDA)*



Nota: En la figura visualizamos un gráfico tipo pastel en el cual identificamos las cantidades porcentuales de cada tipo de vehículo.

#### 4.1.2.4. Proyección de Tráfico

Para el cálculo estructural del pavimento, es importante conocer el incremento del tráfico, por lo que encontramos la tasa de crecimiento que pertenece al IMDA de la clasificación de vehículo del presente año.

Existen dos métodos a utilizar para poder calcular el tráfico futuro en las vías con características iguales o vías similares.

El primer método se desarrolla recopilando información de anteriores años respecto a los IMDA del tramo de la vía estudiada. El segundo método se desarrolla con la utilización de indicadores macroeconómicos, el cual se puede observar en la tasa de crecimiento y puedan facilitar la estimación de las tasas de crecimiento del tráfico.

Empezaremos calculando la tasa de crecimiento existente en la provincia de Julcan, este dato es importante para la estimación del tráfico futuro en la vía en estudio.

*Tabla 5*

*Tasa de crecimiento de la provincia de Julcan*

Población en la provincia de Julcan	
Censo del año 2007	24,075 hab.
Censo del año 2017	30,588 hab.
Tasa de crecimiento	2.40%

Nota: En la tabla visualizamos la tasa de crecimiento de la provincia de Julcan, según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI).

Para calcular la estimación del tráfico futuro, primero se debe considerar la tasa de crecimiento de la provincia de Julcan: 2.40%

En el caso de los vehículos pesados, se consideró tomar datos de la tasa de aumento de la actividad económica, producto bruto interno de la región La Libertad y así poder proyectar el tráfico futuro hasta 20 años.

*Tabla 6*

*Tasa crecimiento actividad económica PBI*

<b>Años</b>	<b>TAC PBI</b>
2008	6.9
2009	2.9
2010	8.1
2011	7.9
2012	3.9
2013	3.9
2014	6.1
2015	0.9
2016	0.5
2017	-2.1
2018	7.1
<b>Promedio</b>	<b>4.19</b>

Nota: En la tabla visualizamos la tasa de crecimiento de la actividad económica PBI del departamento La Libertad, según el Instituto Nacional de Estadística e Informática.

#### 4.1.2.5. Proyección Tráfico Contractual

La proyección de tráfico futuro se determinará teniendo cuenta la tasa de crecimiento para vehículos de 2.40% y la tasa de crecimiento de actividad económica PBI del departamento de La Libertad entre los años 2008 al 2018, esta tasa es de 4.19% el cual lo emplearemos para los vehículos pesados.

Tabla 7

Cálculo de la proyección de tráfico contractual

Tipo de Vehículo	Tasa de crecimiento (%)	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028			
Moto Lineal	2.40%	38	39	40	41	42	43	44	45			
Moto Taxi	2.40%	36	37	38	39	40	41	42	43			
Auto	2.40%	18	18	19	19	20	20	21	21			
Pickup	2.40%	9	9	9	10	10	10	10	11			
Camioneta Rural	2.40%	13	13	14	14	14	15	15	15			
<b>TOTAL</b>		<b>114</b>	<b>117</b>	<b>120</b>	<b>122</b>	<b>125</b>	<b>128</b>	<b>131</b>	<b>135</b>			
B2 Pesado	4.19%	1	1	1	1	1	1	1	1			
C2 Liviano	4.19%	2	2	2	2	2	2	3	3			
C2Pesado	4.19%	2	2	2	2	2	2	3	3			
C3 Liviano	4.19%	3	3	3	3	4	4	4	4			
<b>TOTAL</b>		<b>8</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>11</b>			
2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041
46	47	48	49	51	52	53	54	56	57	58	60	61
44	45	46	47	48	49	50	51	53	54	55	56	58
22	22	23	23	24	25	25	26	26	27	28	28	29
11	11	11	12	12	12	13	13	13	13	14	14	14
16	16	16	17	17	18	18	19	19	19	20	20	21
<b>138</b>	<b>141</b>	<b>145</b>	<b>148</b>	<b>152</b>	<b>155</b>	<b>159</b>	<b>163</b>	<b>167</b>	<b>171</b>	<b>175</b>	<b>179</b>	<b>183</b>
1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	5
3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	5

4	4	5	5	5	5	5	6	6	6	6	7	7
11	12	12	13	13	14	14	15	15	16	17	17	18

Nota: En la tabla visualizamos el cálculo de la proyección del tráfico contractual, en la cual utilizamos las tasas de crecimiento.

#### 4.1.2.6. Factor de Crecimiento

Para el cálculo el factor de crecimiento, utilizaremos la siguiente fórmula tanto para los vehículos livianos como vehículos pesados.

*Figura 7*

*Fórmula para calcular el factor de crecimiento*

$$\text{Factor de crecimiento} = \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

Nota: En la figura visualizamos la fórmula para calcular el factor de crecimiento, se obtuvo del Manual de Carreteras.

En donde:

r : tasa anual de crecimiento = 4.42%

n : periodo de diseño = 20 años

Reemplazando los valores, tenemos:

$$\text{Factor de crecimiento} = \frac{(1 + 0.042)^{20} - 1}{0.042} = 30.40$$

#### 4.1.2.7. Factor Camión

Para calcular el factor camión o también llamado factor de vehículo pesado, debemos utilizar la fórmula que nos proporciona el Manual de Carreteras.

##### 4.1.2.7.1. Pavimento Rígido

La relación de cargas por eje para poder identificar los ejes equivalentes para afirmados, pavimento flexible y pavimentos semirrígidos.

Figura 8

Cargas por eje para determinar ejes equivalentes

Tipo de Eje	Eje Equivalente (EE <sub>6.2tn</sub> )
Eje simple de ruedas simples (EE <sub>S1</sub> )	EE <sub>S1</sub> = [P/6.6] <sup>4.1</sup>
Eje simple de ruedas dobles (EE <sub>S2</sub> )	EE <sub>S2</sub> = [P/8.2] <sup>4.1</sup>
Eje tándem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE <sub>TA1</sub> )	EE <sub>TA1</sub> = [P/13.0] <sup>4.1</sup>
Eje tándem (2 ejes de ruedas dobles) (EE <sub>TA2</sub> )	EE <sub>TA2</sub> = [P/13.3] <sup>4.1</sup>
Ejes Trídem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE <sub>TR1</sub> )	EE <sub>TR1</sub> = [P/16.6] <sup>4.0</sup>
Ejes Trídem (3 ejes de ruedas dobles) (EE <sub>TR2</sub> )	EE <sub>TR2</sub> = [P/17.5] <sup>4.0</sup>
P= peso real por eje en toneladas	

Nota: En la figura visualizamos la relación de cargas por eje para poder determinar los ejes equivalentes ya sea en afirmado, pavimento flexible o pavimento semirrígido.

- Factor camión de vehículo pesado (C2)

Figura 9

Cálculo y resultado del factor camión para el vehículo pesado C2

Configuración vehicular	Descripción gráfica del vehículo		Longitud Máxima (m)
C2			12.3
	$EE_{S1} = [P/6.6]^{4.1}$	$EE_{S2} = [P/8.2]^{4.1}$	
<b>EJES</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	
Carga según censo de carga (ton)	7	10	
Tipo de eje	Eje simple	Eje simple	<b>Total, de Factor Camión C2</b>
Tipo de rueda	Rueda simple	Rueda doble	
Peso	7	10	
Factor E.E.	1.273	2.256	
			<b>3.529</b>

Nota: En la figura visualizamos el cálculo y resultado del factor camión de los vehículos pesados C2.

- Factor camión de vehículo pesado C3

Figura 10

Cálculo y resultado del factor camión para el vehículo pesado C3

Configuración vehicular	Descripción gráfica del vehículo			Longitud Máxima (m)
C3				13.2
	$EE_{S1} = [P/6.6]^{4.1}$		$EE_{TA2} = [P/13.3]^{4.1}$	
<b>EJES</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	
Carga según censo de carga (ton)	7	8	8	
Tipo de eje	Eje simple	Eje Tándem		<b>Total, de Factor Camión C2</b>
Tipo de rueda	Rueda simple	Ejes Rueda doble		
Peso	7	16		
Factor E.E.	1.273	2.134		
				<b>3.406</b>

Nota: En la figura visualizamos el cálculo y resultado del factor camión de los vehículos pesados C3.

#### 4.1.2.7.2. Pavimento Flexible

La relación de cargas por eje para poder identificar los ejes equivalentes para afirmados, pavimento flexible y pavimentos semirrígidos.

Figura 11

Cargas por eje para determinar ejes equivalentes

Tipo de Eje	Eje Equivalente (EE <sub>6.2tn</sub> )
Eje simple de ruedas simples (EE <sub>S1</sub> )	EE <sub>S1</sub> = [P/6.6] <sup>4.0</sup>
Eje simple de ruedas dobles (EE <sub>S2</sub> )	EE <sub>S2</sub> = [P/8.2] <sup>4.0</sup>
Eje tándem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE <sub>TA1</sub> )	EE <sub>TA1</sub> = [P/14.8] <sup>4.0</sup>
Eje tándem (2 ejes de ruedas dobles) (EE <sub>TA2</sub> )	EE <sub>TA2</sub> = [P/15.1] <sup>4.0</sup>
Ejes Trídem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE <sub>TR1</sub> )	EE <sub>TR1</sub> = [P/20.7] <sup>3.9</sup>
Ejes Trídem (3 ejes de ruedas dobles) (EE <sub>TR2</sub> )	EE <sub>TR2</sub> = [P/21.8] <sup>3.9</sup>
P= peso real por eje en toneladas	

Nota: En la figura visualizamos la relación de cargas por eje para poder determinar los ejes equivalentes ya sea en afirmado, pavimento flexible o pavimento semirrígido.

- Factor camión de vehículo pesado C2

*Figura 12*

*Cálculo y resultado del factor camión para el vehículo pesado C2*

Configuración vehicular	Descripción gráfica del vehículo		Longitud Máxima (m)
C2			12.3
	$EE_{S1} = [P/6.6]^{4.0}$	$EE_{S2} = [P/8.2]^{4.0}$	
<b>EJES</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	
Carga según censo de carga (ton)	7	10	
Tipo de eje	Eje simple	Eje simple	<b>Total, de Factor Camión C2</b>
Tipo de rueda	Rueda simple	Rueda doble	
Peso	7	10	
Factor E.E.	1.265	2.212	
			<b>3.477</b>

Nota: En la figura visualizamos el cálculo y resultado del factor camión de los vehículos pesados C2.

- Factor camión de vehículo pesado C3

*Figura 13*

*Cálculo y resultado del factor camión para el vehículo pesado C3*

Configuración vehicular	Descripción gráfica del vehículo			Longitud Máxima (m)
C3				13.2
	$EE_{S1} = [P/6.6]^{4.0}$		$EE_{TA2} = [P/15.1]^{4.0}$	
<b>EJES</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>Total, de Factor Camión C2</b>
Carga según censo de carga (ton)	7	8	8	
Tipo de eje	Eje simple	Eje Tándem		
Tipo de rueda	Rueda simple	Ejes Rueda doble		
Peso	7	16		
Factor E.E.	1.265	1.261		

Nota: En la figura visualizamos el cálculo y resultado del factor camión de los vehículos pesados C3.

#### 4.1.3. Estudio de Suelos en el tramo de la Vía

Inicialmente para adquirir información de las características que presenta la subrasante, realizamos en el ancho de la calzada la excavación de distintas calicatas con una profundidad de 1.5 metros.

Para la realización del ensayo de CBR, es necesario tener muestras de la subrasante. Asimismo, el Manual de Carreteras nos indica que debemos llevar un registro con datos de espesores por cada estrato del subsuelo.

*Figura 14*

*Cantidad de Ensayos Mr y CBR*

Tipo de Carretera	N° Mr y CBR
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calzada 2 carriles por sentido: 1 Mr cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido</li> <li>• Calzada 3 carriles por sentido: 1 Mr cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido</li> <li>• Calzada 4 carriles por sentido: 1 Mr cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido</li> </ul>
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calzada 2 carriles por sentido: 1 Mr cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido</li> <li>• Calzada 3 carriles por sentido: 1 Mr cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido</li> <li>• Calzada 4 carriles por sentido: 1 Mr cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido</li> </ul>
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000 - 2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cada 1 km se realizará un CBR</li> </ul>
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000 - 401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cada 1.5 km se realizará un CBR</li> </ul>
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400 - 201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cada 2 km se realizará un CBR</li> </ul>
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA $\leq$ 200 veh/día, de una calzada.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cada 3 km se realizará un CBR</li> </ul>

Nota: En la figura visualizamos el número de ensayos Mr y CBR que se requiere para el tipo de carretera que estamos estudiando.

#### 4.1.3.1. Resultado del Estudio de Suelos

A fin de poder determinar el tipo de suelo, las características físicas, mecánicas y las características de capacidad de soporte; tuvimos que realizar ensayos tipo estándar y ensayos especiales o también llamados ensayos propios.

*Tabla 8*

*Norma de los ensayos que se van a realizar*



Según lo antes mencionado, para el tipo de carretera que estamos estudiando, se requiere realizar el ensayo CBR cada 3 kilómetros, por lo que decidimos realizar 03 ensayos de CBR; inicio, medio y final del tramo, en ese orden respectivamente.

En este caso, al tener un número de ensayos de CBR menor a 06, determinaremos el CBR de diseño de la subrasante bajo el siguiente criterio: “Si los valores son parecidos o similares, tomar el valor promedio”; esto según el Manual de Carreteras.

*Tabla 10*

*Resultados de la realización de los ensayos especiales*

N°	Calicata	Progresiva	Muestra	Profundidad (m)	Clasificación		Proctor		% CBR Laboratorio (0.1")	%CBR Promedio	% Expansión Lineal		
					SUCS	AASHTO	MDS	%W	100 % mds		56 golpes	25 golpes	12 golpes
					1	C-01	00+010	Subrasante	1.50		SM-SC	A-4(2)	1.72
2	C-03	02+300	Subrasante	1.50	SM	A-2-4	1.67	14.19	37.94%	NP	NP	NP	
3	C-06	05+900	Subrasante	1.50	SP-SM	A-3(0)	1.727	9.27	35.06%	NP	NP	NP	

Nota: En la tabla visualizamos los resultados de los ensayos especiales realizados a las muestras de las calicatas.

#### **4.1.3.2. Clasificación del suelo**

Para identificar la clasificación del suelo, lo hicimos según los resultados de los ensayos realizados, por lo cual detallamos en la siguiente tabla

*Tabla 11*

*Clasificación del suelo SUCS*

Tipo	Descripción	Porcentaje (%)
------	-------------	----------------

GW	Gravas bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	0%
GP	Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	0%
GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-arcilla.	0%
GC	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.	0%
SC	Arenas con finos componentes limoso y arcilloso.	0%
CL	Arcillas de baja plasticidad.	0%
SM	Arena limosa con finos pasante del tamiz N°200.	33.33%
SM-SC	Arena limosa arcillosa con muchos o pocos finos.	33.33%
SP-SM	Arena limosa pobremente graduada con pocos o muchos finos.	33.33%

Nota: En la tabla visualizamos los resultados de la clasificación de suelo según SUCS.

#### 4.1.3.3. Capacidad de soporte

El resultado del porcentaje CBR promedio en nuestra investigación es de 28.17%, el cual identificamos en la siguiente tabla a que categoría de subrasante pertenece, y pudimos observar que pertenece a **S4: Subrasante Muy Buena**.

Tabla 12

*Categorías de Subrasante según el porcentaje CBR*

Categorías de Subrasante	CBR
S <sub>0</sub> : Subrasante Inadecuada	CBR < 3%
S <sub>1</sub> : Subrasante Pobre	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S <sub>2</sub> : Subrasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S <sub>3</sub> : Subrasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S <sub>4</sub> : Subrasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S <sub>5</sub> : Subrasante Excelente	CBR ≥ 30%

Nota: En la tabla visualizamos las diferentes categorías que existen por cada porcentaje de CBR, lo obtuvimos en el Manual de Carreteras.

#### 4.1.4. Diseño del Pavimento Rígido

Para diseñar el pavimento rígido utilizaremos el método AASHTO 93, es una metodología el cual emplea una ecuación por el cual se calculará el numero estructural, este es necesario para determinar los espesores de las capas que integran el pavimento.

#### 4.1.4.1. Periodo de Diseño

El periodo de diseño para el pavimento rígido será de 20 años.

#### 4.1.4.2. Cálculo de equivalent single axle load ESAL

Sabiendo que el valor del ESAL es equivalente a la carga acumulada de 8.2 toneladas de ejes simples, que sucederá durante la fase de pavimento flexible. Determinaremos el valor del ESAL para el diseño de la vía en investigación según la siguiente tabla.

Tabla 13

*Cálculo de los valores de ESAL para el diseño de Pavimento Rígido.*

Factor dañado	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	3.529	0.015	3.529	0.047		
Año	Moto Lineal	Moto Taxi	Auto	Camioneta Pickup	Camioneta Rural	B2 Pesados (Carga)	C2 Liviano	C2 Pesados (Carga)	C3 Liviano	ESSAL por año	ESSAL acumulado
2021	4.62E+00	4.62E+00	2.07E+00	1.11E+00	1.59E+00	1.29E+03	5.53E+00	1.93E+03	3.41E+01	3.27E+03	3.27E+03
2022	4.62E+00	4.62E+00	2.07E+00	1.11E+00	1.59E+00	1.29E+03	5.53E+00	1.93E+03	3.41E+01	3.27E+03	6.55E+03
2023	4.62E+00	4.62E+00	2.07E+00	1.11E+00	1.59E+00	1.29E+03	5.53E+00	1.93E+03	3.41E+01	3.27E+03	9.82E+03
2024	4.78E+00	4.78E+00	2.07E+00	1.11E+00	1.59E+00	1.29E+03	5.53E+00	1.93E+03	3.41E+01	3.27E+03	1.31E+04
2025	4.78E+00	4.78E+00	2.23E+00	1.11E+00	1.59E+00	1.29E+03	5.53E+00	1.93E+03	3.41E+01	3.27E+03	1.64E+04
2026	4.94E+00	4.94E+00	2.23E+00	1.11E+00	1.75E+00	1.29E+03	5.53E+00	1.93E+03	4.26E+01	3.28E+03	1.96E+04
2027	4.94E+00	4.94E+00	2.23E+00	1.11E+00	1.75E+00	1.29E+03	5.53E+00	2.58E+03	4.26E+01	3.93E+03	2.36E+04
2028	4.94E+00	4.94E+00	2.23E+00	1.27E+00	1.75E+00	1.93E+03	8.30E+00	2.58E+03	4.26E+01	4.57E+03	2.82E+04

2029	5.10E +00	5.10E +00	2.23E +00	1.27E+ 00	1.75E+ 00	1.93E +03	8.30E +00	2.58E +03	4.26E +01	4.57E +03	3.27E+ 04
2030	5.10E +00	5.10E +00	2.23E +00	1.27E+ 00	1.75E+ 00	1.93E +03	8.30E +00	2.58E +03	4.26E +01	4.57E +03	3.73E+ 04
2031	5.26E +00	5.26E +00	2.39E +00	1.27E+ 00	1.75E+ 00	1.93E +03	8.30E +00	2.58E +03	5.11E +01	4.58E +03	4.19E+ 04
2032	5.26E +00	5.26E +00	2.39E +00	1.27E+ 00	1.75E+ 00	1.93E +03	8.30E +00	2.58E +03	5.11E +01	4.58E +03	4.65E+ 04
2033	5.26E +00	5.26E +00	2.39E +00	1.27E+ 00	1.91E+ 00	1.93E +03	8.30E +00	3.22E +03	5.11E +01	5.23E +03	5.17E+ 04
2034	5.42E +00	5.42E +00	2.39E +00	1.27E+ 00	1.91E+ 00	1.93E +03	8.30E +00	3.22E +03	5.11E +01	5.23E +03	5.69E+ 04
2035	5.42E +00	5.42E +00	2.39E +00	1.27E+ 00	1.91E+ 00	1.93E +03	8.30E +00	3.22E +03	5.11E +01	5.23E +03	6.22E+ 04
2036	5.57E +00	5.57E +00	2.55E +00	1.27E+ 00	1.91E+ 00	1.93E +03	8.30E +00	3.22E +03	5.97E +01	5.24E +03	6.74E+ 04
2037	5.57E +00	5.57E +00	2.55E +00	1.27E+ 00	1.91E+ 00	1.93E +03	8.30E +00	3.22E +03	5.97E +01	5.24E +03	7.27E+ 04
2038	5.73E +00	5.73E +00	2.55E +00	1.43E+ 00	1.91E+ 00	2.58E +03	1.11E +01	3.22E +03	5.97E +01	5.88E +03	7.85E+ 04
2039	5.73E +00	5.73E +00	2.55E +00	1.43E+ 00	1.91E+ 00	2.58E +03	1.11E +01	3.86E +03	6.82E +01	6.54E +03	8.51E+ 04
2040	5.89E +00	5.89E +00	2.55E +00	1.43E+ 00	2.07E+ 00	2.58E +03	1.11E +01	3.86E +03	6.82E +01	6.54E +03	9.16E+ 04
2041	5.89E +00	5.89E +00	2.71E +00	1.43E+ 00	2.07E+ 00	2.58E +03	1.11E +01	3.86E +03	6.82E +01	6.54E +03	9.81E+ 04

Nota: En la tabla visualizamos el cálculo para determinar los valores de ESAL para el pavimento rígido en un periodo de diseño de 20 años.

#### 4.1.4.3. Confiabilidad y Desviación Estándar Normal (%R y Zr)

La confiabilidad es la probabilidad de que se puede desempeñar de una manera perfecta la estructura del pavimento, consideramos en nuestra investigación tomar como valor de confiabilidad el porcentaje mínimo. **En tal sentido utilizaremos el porcentaje de confiabilidad de R=65% y desviación estándar normal de Zr=-0.385**

Figura 15

Relación de valores de Confiabilidad y Desviación estándar

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (ZR)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T <sub>P0</sub>	100,000	150,000	65%	-0.385
	T <sub>P1</sub>	150,001	300,000	70%	-0.524
	T <sub>P2</sub>	300,001	500,000	75%	-0.674
	T <sub>P3</sub>	500,001	750,000	80%	-0.842
	T <sub>P4</sub>	750 001	1,000,000	80%	-0.842
Resto de Caminos	T <sub>P5</sub>	1,000,001	1,500,000	85%	-1.036
	T <sub>P6</sub>	1,500,001	3,000,000	85%	-1.036
	T <sub>P7</sub>	3,000,001	5,000,000	85%	-1.036
	T <sub>P8</sub>	5,000,001	7,500,000	90%	-1.282
	T <sub>P9</sub>	7,500,001	10'000,000	90%	-1.282
	T <sub>P10</sub>	10'000,001	12'500,000	90%	-1.282
	T <sub>P11</sub>	12'500,001	15'000,000	90%	-1.282
	T <sub>P12</sub>	15'000,001	20'000,000	90%	-1.282
	T <sub>P13</sub>	20'000,001	25'000,000	90%	-1.282
	T <sub>P14</sub>	25'000,001	30'000,000	90%	-1.282
	T <sub>P15</sub>	>30'000,000		95%	-1.645

Nota: En la figura visualizamos la relación de valores de confiabilidad y desviación estándar normal según el rango de tráfico.

#### 4.1.4.4. Desviación estándar combinada “So”

Este valor considera la variabilidad esperada de la predicción del tránsito y de otros factores que afectan al comportamiento del pavimento. Según recomendación de la guía AASHTO se debe considerar como valor para la desviación estándar, un valor que se encuentre entre 0.30 y 0.40; por lo que decidimos trabajar con el valor promedio que es **So=0.35**

#### 4.1.4.5. Índice de Servicialidad “ $\Delta$ PSI”

El Índice de Servicialidad es importante para calificar la superficie de dicho pavimento. Según el Manual de Carreteras nos sugiere tomar un valor para el Índice de Servicialidad, indicando la servicialidad inicial  $P_i$  y la servicialidad final  $P_t$  según el rango de tráfico y esto lo podemos observar en la siguiente figura.

Figura 16

Índice de Servicialidad Inicial e Índice de servicialidad final según el rango de tráfico.

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		INDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL ( $P_i$ )	INDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL O TERMINAL ( $P_t$ )	DIFERENCIAL DE SERVICIABILIDAD ( $\Delta$ PSI)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	$T_{P1}$	150,001	300,000	4.10	2.00	2.10
	$T_{P2}$	300,001	500,000	4.10	2.00	2.10
	$T_{P3}$	500,001	750,000	4.10	2.00	2.10
	$T_{P4}$	750 001	1,000,000	4.10	2.00	2.10
Resto de Caminos	$T_{P5}$	1,000,001	1,500,000	4.30	2.50	1.80
	$T_{P6}$	1,500,001	3,000,000	4.30	2.50	1.80
	$T_{P7}$	3,000,001	5,000,000	4.30	2.50	1.80
	$T_{P8}$	5,000,001	7,500,000	4.30	2.50	1.80
	$T_{P9}$	7,500,001	10'000,000	4.30	2.50	1.80
	$T_{P10}$	10'000,001	12'500,000	4.30	2.50	1.80
	$T_{P11}$	12'500,001	15'000,000	4.30	2.50	1.80
	$T_{P12}$	15'000,001	20'000,000	4.50	3.00	1.50
	$T_{P13}$	20'000,001	25'000,000	4.50	3.00	1.50
	$T_{P14}$	25'000,001	30'000,000	4.50	3.00	1.50
	$T_{P15}$		>30'000,000	4.50	3.00	1.50

Nota: En la figura visualizamos la relación de valores del Índice de servicialidad inicial e índice de servicialidad final según el rango de tráfico.

En nuestra investigación, el rango de tráfico es Tp0, pero al momento de identificar en la tabla no lo encontramos, **por lo que consideramos tomar los valores del rango tráfico Tp1; siendo el índice de servicialidad inicial  $P_i=4.10$ ; el índice de servicialidad final  $P_t=2.00$  y la diferencia de servicialidad  $\Delta PSI$  es 2.10**

#### 4.1.4.6. Coeficiente de transferencia de carga “J”

Este valor es un parámetro para el diseño de pavimentos de concreto que expresa la capacidad de la estructura como la transmisora de dichas cargas entre las juntas y fisuras. Asimismo, este valor es proporcional al valor final del espesor de losa de concreto; eso nos da a entender que mientras menor sea el valor del coeficiente de transferencia de carga menor será el espesor de concreto. Este valor lo podemos identificar en la siguiente tabla.

Tabla 14

Valores del coeficiente de transferencia de carga "J"

Tipo de Berma	Coeficiente de transferencia de carga “J”			
	Granular Asfáltica		Concreto Hidráulico	
Valores de coeficiente de transferencia de carga “J”	Si (con pasadores)	No (con pasadores)	Si (con pasadores)	No (con pasadores)
		3.2	3.8-4.4	2.8

Nota: En la tabla visualizamos los valores del coeficiente de transferencia de carga según el tipo de berma.

Luego de visualizar la tabla, identificamos que nuestro valor de coeficiente de transferencia de carga es **J=2.8**

#### 4.1.4.7. Coeficiente de Drenaje

La estructura muchas veces se puede ver dañada por la presencia de humedad por más mínima que sea. En ese sentido recurrimos al método AASHTO 93, en la que consideran para el tipo de nuestra vía en estudio de acuerdo a la siguiente tabla, un **coeficiente de drenaje Cd=1 considerándose Bueno.**

Tabla 15

Coeficientes de drenaje

Calidad de Drenaje	% del tiempo en que el pavimento esta expuesto a niveles de humedad próximos a la saturacion			
	< 1%	1 a 5%	5 a 25%	> 25%
Excelente	1.25 - 1.20	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10
Bueno	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00
Regular	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90
Pobre	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80
Muy Pobre	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80 - 0.70	0.70

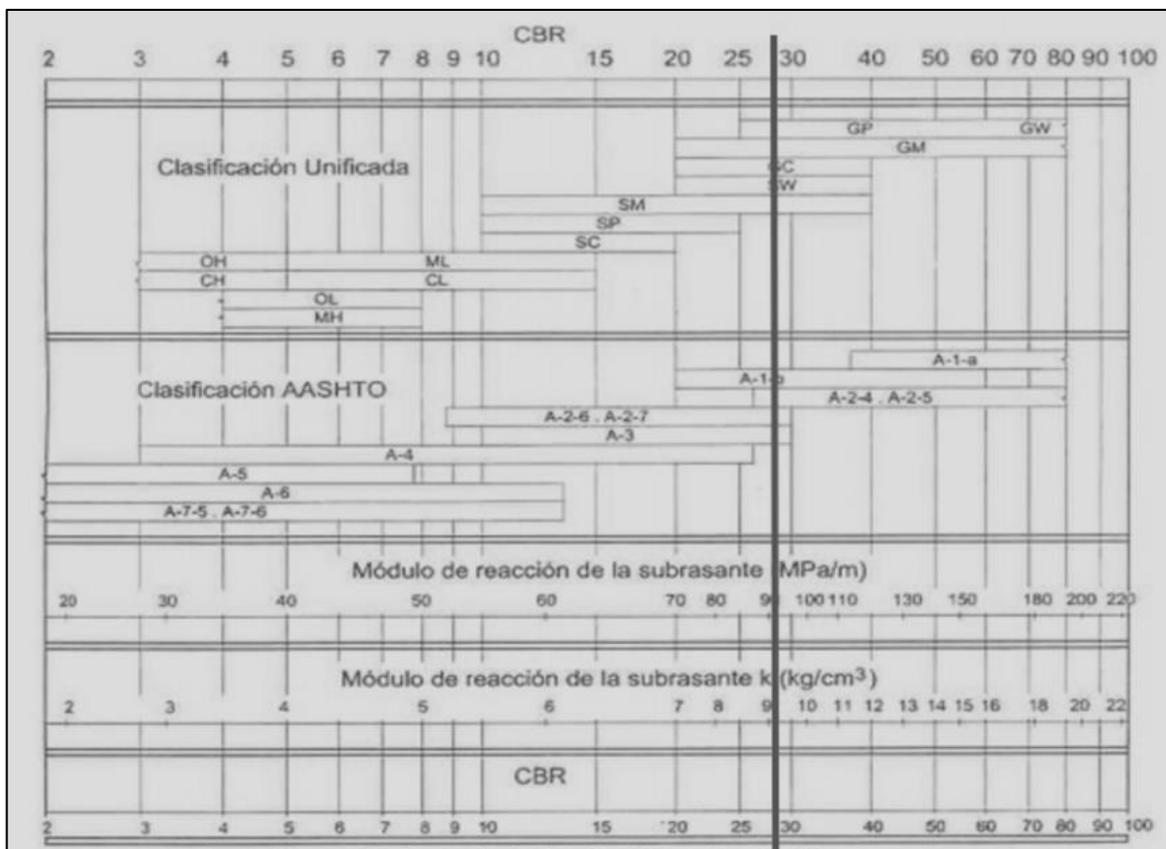
Nota: En la tabla visualizamos los coeficientes de drenaje según el Manual de Carreteras.

#### 4.1.4.8. Módulo de reacción de la subrasante “K”

Este valor nos permite identificar el tipo de la subrasante. Esta vez utilizaremos el uso de correlación directa, es decir el método alternativo que nos brinda AASHTO. Este método nos permite obtener el módulo de reacción de la subrasante en función de la clasificación de suelos y el CBR.

Figura 17

Correlación Modulo Reacción de Subrasante y CBR



Nota: En la figura se identifica el valor del módulo de reacción de la subrasante en función del CBR.

Luego de analizar la figura antes citada, y teniendo como valor CBR=28.17%, pudimos identificar que nuestro módulo de reacción de la subrasante es **K=91 Mpa/m**.

#### 4.1.4.9. Módulo elástico del concreto

El módulo elástico del concreto es un valor importante para poder dimensionar las estructuras de concreto armado. Según AASHTO indica que existe la posibilidad de estimar el módulo elástico utilizando una correlación y especificando la correlación recomendada por ACI.

*Figura 18*

*Fórmula para calcular el módulo elástico del concreto*

$$E_c = 57000 \times (f'_c)^{0.5}; (f'_c \text{ en PSI})$$

Nota: En la figura observamos una fórmula por la cual encontraremos el valor del módulo elástico del concreto.

En donde:

$E_c$  : Módulo elásticos del concreto.

$f'_c$  : Consideramos que sea 280 kg/cm<sup>2</sup>; pero como debe estar en PSI sería 3876 PSI.

Entonces, reemplazando:

$$E_c = 57000 \times (3876)^{0.5}$$

$$E_c = 24467.18 \text{ MPa} = 3548679 \text{ PSI}$$

#### 4.1.4.10. Módulo de rotura del concreto “Mr”

Para determinar el valor del módulo de rotura del concreto, recurriremos al Manual de Carreteras, el cual nos muestra distintos factores en la siguiente tabla.

Tabla 16

Valores de Resistencia del concreto según rango de tráfico

RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RESISTENCIA MÍNIMA A LA FLEXOTRACCIÓN DEL CONCRETO (MR)	RESISTENCIA MÍNIMA EQUIVALENTE A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (F'c)
≤ 5'000,000 EE	40 kg/cm <sup>2</sup>	280 kg/cm <sup>2</sup>
> 5'000,000 EE ≤ 15'000,000 EE	42 kg/cm <sup>2</sup>	300 kg/cm <sup>2</sup>
> 15'000,000 EE	45 kg/cm <sup>2</sup>	350 kg/cm <sup>2</sup>

Nota: En la tabla se observa los valores de la resistencia del concreto según rango de tráfico.

En este caso, nuestro módulo de rotura del concreto es de **Mr = 40 kg/cm<sup>2</sup> = 4Mpa = 568.93 PSI**

#### 4.1.4.11. Cálculo de espesor de losa de concreto

Para el cálculo del espesor de la losa de concreto, utilizaremos la siguiente fórmula.

Figura 19

Fórmula para calcular el espesor de la losa de concreto

$$\text{Log}_{10} W_{82} = Z_r S_o + 7.35 \text{Log}_{10}(D + 25.4) - 10.39 + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5}\right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D + 25.4)^{3.46}}} + (4.22 - 0.32 P_r) \times \text{Log}_{10} \left( \frac{M_r C_{\Delta} (0.09 D^{0.75} - 1.132)}{1.51 \times f \left( 0.09 D^{0.75} - \frac{7.38}{(E_c / k)^{0.25}} \right)} \right)$$

Nota: En la siguiente figura observamos la fórmula que utilizaremos para calcular el valor del espesor de la losa de concreto.

En donde:

W82	:	Número de ejes equivalentes	:	98100
Zr	:	Coficiente desviación estándar	:	-0.385
Mr	:	Modulo de rotura	:	4 Mpa
So	:	Desviación estándar	:	0.35
R	:	Confiabilidad	:	65%
Cd	:	Coficiente de drenaje	:	1
Pi	:	Índice de servicialidad inicial	:	4.10
Pt	:	Índice de servicialidad final	:	2
K	:	Módulo de Reacción de la Subrasante	:	91 Mpa/m
ΔPSI	:	Índice de servicialidad	:	2.10

J : Coeficiente de transferencia de carga : 2.8  
 Ec : Modulo elástico del concreto : 24467.18 MPa

Reemplazamos en la fórmula, despejamos y obtenemos como resultado que el espesor de la losa del pavimento rígido del tramo de la vía en investigación es de 15 centímetros. **D=15 cm.**

*Figura 20*

*Espesores para el Pavimento Rígido*

Losa de concreto	15 centímetros
Base de material afirmado	15 centímetros

Nota: En la figura observamos el esquema de los espesores de las capas que conforman el pavimento rígido.

#### **4.1.4.12. Juntas**

Existen diferentes tipos de juntas, según el Manual de Carreteras estos tipos de juntas se agrupan en Juntas longitudinales y Juntas transversales. Las juntas longitudinales suelen delimitar carriles por donde circulan los vehículos y las juntas transversales son realizadas perpendicularmente a las longitudinales.

Un dato importante en las juntas, es que la longitud de la losa no debe ser mayor a 1.25 veces el ancho, ni tampoco mayor a 4.50 metros. Identificaremos la el valor de la juntar en la siguiente tabla según el ancho de carril.

*Tabla 17*

*Longitudes de la losa según el ancho de carril*

ANCHO DE CARRIL (M) = ANCHO DE LOSA (M)	LONGITUD DE LOSA (M)
2.70	3.30
3.00	3.70
3.30	4.10
3.60	4.50

Nota: En la tabla visualizamos las longitudes de la losa según el ancho de carril o ancho de losa.

#### **4.1.5. Diseño de Pavimento Flexible**

##### **4.1.5.1. Periodo de diseño**

El periodo de diseño para el pavimento rígido será de 20 años.

##### **4.1.5.2. Cálculo de equivalent single axle load ESAL**

Sabiendo que el valor del ESAL es equivalente a la carga acumulada de un solo eje simple de 18000 lb (80 kn), que sucederá durante la fase de pavimento flexible. Determinaremos el valor del ESAL para el diseño de la vía en investigación según la siguiente tabla.

*Tabla 18*

*Cálculo de los valores de ESAL para el diseño de Pavimento Flexible*

Factor daño	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	3.477	0.017	0.422	0.048		
Año	Moto Lineal	Moto Taxi	Auto	Camioneta Pickup	Camioneta Rural	B2 Pesados (Carga)	C2 Liviano	C2 Pesados (Carga)	C3 Liviano	ESSAL por año	ESSAL acumulado
2021	6.87E+00	6.87E+00	3.08E+00	1.66E+00	2.37E+00	1.27E+03	6.23E+00	2.31E+02	3.48E+01	1.56E+03	1.56E+03
2022	6.87E+00	6.87E+00	3.08E+00	1.66E+00	2.37E+00	1.27E+03	6.23E+00	2.31E+02	3.48E+01	1.56E+03	3.13E+03
2023	7.11E+00	7.11E+00	3.08E+00	1.66E+00	2.37E+00	1.27E+03	6.23E+00	2.31E+02	3.48E+01	1.56E+03	4.69E+03
2024	7.11E+00	7.11E+00	3.32E+00	1.66E+00	2.37E+00	1.27E+03	6.23E+00	2.31E+02	3.48E+01	1.56E+03	6.25E+03
2025	7.11E+00	7.35E+00	3.32E+00	1.90E+00	2.61E+00	1.27E+03	6.23E+00	2.31E+02	4.34E+01	1.57E+03	7.83E+03
2026	7.11E+00	7.58E+00	3.32E+00	1.90E+00	2.61E+00	1.27E+03	6.23E+00	3.08E+02	4.34E+01	1.65E+03	9.48E+03
2027	7.11E+00	7.82E+00	3.55E+00	1.90E+00	2.61E+00	1.27E+03	6.23E+00	3.08E+02	4.34E+01	1.65E+03	1.11E+04
2028	7.11E+00	7.82E+00	3.55E+00	1.90E+00	2.84E+00	1.90E+03	9.35E+00	3.08E+02	4.34E+01	2.29E+03	1.34E+04
2029	8.06E+00	8.06E+00	3.55E+00	1.90E+00	2.84E+00	1.90E+03	9.35E+00	3.08E+02	4.34E+01	2.29E+03	1.57E+04
2030	8.29E+00	8.29E+00	3.79E+00	1.90E+00	2.84E+00	1.90E+03	9.35E+00	3.08E+02	5.21E+01	2.30E+03	1.80E+04
2031	8.53E+00	8.53E+00	3.79E+00	2.13E+00	2.84E+00	1.90E+03	9.35E+00	3.08E+02	5.21E+01	2.30E+03	2.03E+04
2032	8.77E+00	8.77E+00	3.79E+00	2.13E+00	3.08E+00	1.90E+03	9.35E+00	3.85E+02	5.21E+01	2.38E+03	2.27E+04
2033	9.01E+00	9.01E+00	4.03E+00	2.13E+00	3.08E+00	1.90E+03	9.35E+00	3.85E+02	5.21E+01	2.38E+03	2.51E+04
2034	9.24E+00	9.24E+00	4.03E+00	2.13E+00	3.08E+00	1.90E+03	9.35E+00	3.85E+02	6.08E+01	2.39E+03	2.75E+04
2035	9.24E+00	9.24E+00	4.27E+00	2.37E+00	3.32E+00	1.90E+03	9.35E+00	3.85E+02	6.08E+01	2.39E+03	2.99E+04
2036	9.48E+00	9.48E+00	4.27E+00	2.37E+00	3.32E+00	2.54E+03	1.25E+01	3.85E+02	6.08E+01	3.03E+03	3.29E+04
2037	9.72E+00	9.72E+00	4.50E+00	2.37E+00	3.32E+00	2.54E+03	1.25E+01	4.62E+02	6.08E+01	3.10E+03	3.60E+04
2038	9.95E+00	9.95E+00	4.50E+00	2.37E+00	3.55E+00	2.54E+03	1.25E+01	4.62E+02	6.95E+01	3.11E+03	3.91E+04
2039	1.02E+00	1.02E+00	4.50E+00	2.37E+00	3.55E+00	2.54E+03	1.25E+01	4.62E+02	6.95E+01	3.11E+03	4.22E+04
2040	1.04E+00	1.04E+00	4.74E+00	2.61E+00	3.55E+00	2.54E+03	1.25E+01	4.62E+02	6.95E+01	3.11E+03	4.54E+04

2041	1.09E +00	1.09E +00	4.74E +00	2.61E+ 00	3.79E+ 00	2.54E +03	1.25E +01	5.39E +02	7.82E +01	3.20E +03	4.85E+ 04
------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

Nota: En la tabla visualizamos el cálculo para determinar los valores de ESAL para el pavimento flexible en un periodo de diseño de 20 años.

#### 4.1.5.3. Módulo de resiliencia “Mr”

La fórmula para calcular el módulo de resiliencia está relacionada con el valor CBR, ya que es una medición de la rigidez de la subrasante.

*Figura 21*

*Fórmula para calcular el módulo de resiliencia*

$$Mr(psi) = 2555 \times CBR^{0.64}$$

Nota: En la figura observamos la fórmula que utilizaremos para calcular el módulo de resiliencia “Mr”, obtenida del Manual de Carreteras.

En donde:

Mr : Módulo de resiliencia

CBR : 28.17

Reemplazamos los datos en la formula y el resultado del módulo de resiliencia es **Mr(psi)=21639.86=21640**

#### 4.1.5.4. Confiabilidad “%R”

La confiabilidad es la probabilidad de que se puede desempeñar de una manera perfecta la estructura del pavimento, consideramos en nuestra investigación tomar como valor de confiabilidad el porcentaje mínimo.

Un dato importante de la confiabilidad es que, si este valor aumenta, también aumenta el espesor de la estructura.

Tabla 19

Relación de valores de Confiabilidad

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP0	100,000	150,000	65%
	TP1	150,001	300,000	70%
	TP2	300,001	500,000	75%
	TP3	500,001	750,000	80%
	TP4	750 001	1,000,000	80%
Resto de Caminos	TP5	1,000,001	1,500,000	85%
	TP6	1,500,001	3,000,000	85%
	TP7	3,000,001	5,000,000	85%
	TP8	5,000,001	7,500,000	90%
	TP9	7,500,001	10'000,000	90%
	TP10	10'000,001	12'500,000	90%
	TP11	12'500,001	15'000,000	90%
	TP12	15'000,001	20'000,000	95%
	TP13	20'000,001	25'000,000	95%
	TP14	25'000,001	30'000,000	95%
	TP15		>30'000,000	95%

Nota: En la figura visualizamos la relación de valores de confiabilidad según el rango de tráfico.

#### 4.1.5.5. Coeficiente de la desviación estándar normal “Zr”

Este valor representa la confiabilidad para un conjunto de datos en una distribución normal.

Tabla 20

*Coefficientes de Desviación estándar normal "Zr" según rango de tráfico*

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr)
<b>Caminos de Bajo Volumen de Tránsito</b>	T <sub>P0</sub>	100,001	150,000	-0.385
	T <sub>P1</sub>	150,001	300,000	-0.524
	T <sub>P2</sub>	300,001	500,000	-0.674
	T <sub>P3</sub>	500,001	750,000	-0.842
	T <sub>P4</sub>	750,001	1,000,000	-0.842
<b>Resto de Caminos</b>	T <sub>P5</sub>	1,000,001	1,500,000	-1.036
	T <sub>P6</sub>	1,500,001	3,000,000	-1.036
	T <sub>P7</sub>	3,000,001	5,000,000	-1.036
	T <sub>P8</sub>	5,000,001	7,500,000	-1.282
	T <sub>P9</sub>	7,500,001	10'000,000	-1.282
	T <sub>P10</sub>	10'000,001	12'500,000	-1.282
	T <sub>P11</sub>	12'500,001	15'000,000	-1.282
	T <sub>P12</sub>	15'000,001	20'000,000	-1.645
	T <sub>P13</sub>	20'000,001	25'000,000	-1.645
	T <sub>P14</sub>	25'000,001	30'000,000	-1.645
	T <sub>P15</sub>		>30'000,000	-1.645

Nota: En la tabla visualizamos los distintos coeficientes de desviación estándar normal “Zr” según el rango de tráfico.

Luego de visualizar la tabla, identificamos nuestro rango de tráfico Tp0 e identificamos que el coeficiente es **Zr=-0.385**

#### **4.1.5.6. Desviación estándar combinada “So”**

Este valor considera la variabilidad esperada de la predicción del tránsito y de otros factores que afectan al comportamiento del pavimento. Según recomendación de la guía AASHTO se debe considerar como valor para la desviación estándar, un valor que se encuentre entre 0.40 y 0.50; por lo que decidimos trabajar con el valor promedio que es **So=0.45**

#### **4.1.5.7. Índice de servicialidad presente “PSI”**

El Índice de Servicialidad es importante para calificar la superficie de dicho pavimento.

##### **4.1.5.7.1. Servicialidad inicial “Pi”**

Estamos utilizando el rango de tráfico Tp0, pero en la siguiente tabla no identificamos este rango, por lo que consideramos trabajar con el rango mínimo que es Tp1.

*Tabla 21*

### Índice de servicialidad según rango de tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		INDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (Pi)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T <sub>P1</sub>	150,001	300,000	3.80
	T <sub>P2</sub>	300,001	500,000	3.80
	T <sub>P3</sub>	500,001	750,000	3.80
	T <sub>P4</sub>	750,001	1,000,000	3.80
Resto de Caminos	T <sub>P5</sub>	1,000,001	1,500,000	4.00
	T <sub>P6</sub>	1,500,001	3,000,000	4.00
	T <sub>P7</sub>	3,000,001	5,000,000	4.00
	T <sub>P8</sub>	5,000,001	7,500,000	4.00
	T <sub>P9</sub>	7,500,001	10'000,000	4.00
	T <sub>P10</sub>	10'000,001	12'500,000	4.00
	T <sub>P11</sub>	12'500,001	15'000,000	4.00
	T <sub>P12</sub>	15'000,001	20'000,000	4.20
	T <sub>P13</sub>	20'000,001	25'000,000	4.20
	T <sub>P14</sub>	25'000,001	30'000,000	4.20
	T <sub>P15</sub>		>30'000,000	4.20

Nota: En la tabla observamos los índices de servicialidad inicial según el rango de tráfico.

Después de visualizar la tabla, identificamos el rango de tráfico T<sub>p1</sub> y encontramos como resultado que el índice de servicialidad inicial es **Pi=3.80**

#### 4.1.5.7.2. Servicialidad final "Pt"

Tabla 22

*Índice de servicialidad final según el rango de trafico*

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL (Pt)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T <sub>P1</sub>	150,001	300,000	2.00
	T <sub>P2</sub>	300,001	500,000	2.00
	T <sub>P3</sub>	500,001	750,000	2.00
	T <sub>P4</sub>	750,001	1,000,000	2.00
Resto de Caminos	T <sub>P5</sub>	1,000,001	1,500,000	2.50
	T <sub>P6</sub>	1,500,001	3,000,000	2.50
	T <sub>P7</sub>	3,000,001	5,000,000	2.50
	T <sub>P8</sub>	5,000,001	7,500,000	2.50
	T <sub>P9</sub>	7,500,001	10'000,000	2.50
	T <sub>P10</sub>	10'000,001	12'500,000	2.50
	T <sub>P11</sub>	12'500,001	15'000,000	2.50
	T <sub>P12</sub>	15'000,001	20'000,000	3.00
	T <sub>P13</sub>	20'000,001	25'000,000	3.00
	T <sub>P14</sub>	25'000,001	30'000,000	3.00
	T <sub>P15</sub>	>30'000,000		3.00

Nota: En la tabla observamos los distintos índices de servicialidad final según el rango de tráfico.

Después de visualizar la tabla, identificamos el rango de tráfico T<sub>p1</sub> y encontramos como resultado que el índice de servicialidad final es **Pt=2**

**4.1.5.7.3. Variación de servicialidad “ΔPSI”**

Para calcular el valor de la variación de servicialidad se debe restar el valor del índice de servicialidad inicial con el índice de servicialidad final.

$$\Delta\text{PSI} = P_i - P_t$$

$$\Delta\text{PSI} = 3.80 - 2$$

$$\Delta\text{PSI} = 1.80$$

Para comprobar este resultado, que se realizó manualmente, tenemos una tabla en la cual encontramos los valores diferenciales de servicialidad según el rango de tráfico.

*Tabla 23*

*Diferencial de servicialidad según el rango de tráfico*

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DIFERENCIAL DE SERVICIABILIDAD ( $\Delta$ PSI)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T <sub>P1</sub>	150,001	300,000	1.80
	T <sub>P2</sub>	300,001	500,000	1.80
	T <sub>P3</sub>	500,001	750,000	1.80
	T <sub>P4</sub>	750 001	1,000,000	1.80
Resto de Caminos	T <sub>P5</sub>	1,000,001	1,500,000	1.50
	T <sub>P6</sub>	1,500,001	3,000,000	1.50
	T <sub>P7</sub>	3,000,001	5,000,000	1.50
	T <sub>P8</sub>	5,000,001	7,500,000	1.50
	T <sub>P9</sub>	7,500,001	10'000,000	1.50
	T <sub>P10</sub>	10'000,001	12'500,000	1.50
	T <sub>P11</sub>	12'500,001	15'000,000	1.50
	T <sub>P12</sub>	15'000,001	20'000,000	1.20
	T <sub>P13</sub>	20'000,001	25'000,000	1.20
	T <sub>P14</sub>	25'000,001	30'000,000	1.20
	T <sub>P15</sub>	>30'000,000		1.20

Nota: En la tabla observamos los valores diferenciales de servicialidad según el rango de tráfico.

Después de visualizar la tabla, identificamos el rango de tráfico Tp1 y encontramos como resultado que la variación de servicialidad es  $\Delta$ PSI = 1.80

#### 4.1.5.8. Cálculo del número estructural “SN”

Para hallar el número estructural “SN” utilizaremos la siguiente fórmula, en el cual despejaremos la variable que requerimos.

Figura 22

Fórmula para calcular el número estructural “SN”

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R S_o + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07$$

Nota: En la figura visualizamos la fórmula en el cual calcularemos el número estructural.

En donde:

W18	:	Número acumulado de ejes equivalentes	:	48500
Zr	:	Desviación estándar normal	:	-0.385
R	:	Confiabilidad	:	65%
SN	:	Numero estructural		
ΔPSI	:	Variación de servicialidad	:	1.80
Mr	:	Módulo de resiliencia	:	24640
So	:	Desviación estándar combinada	:	0.45

Despejando, reemplazando los datos antes mencionados, pudimos tener como resultado un numero estructural **SN=1.13**

#### **4.1.5.9. Numero estructural requerido “SNR”**

Este valor nos da a conocer el espesor del pavimento que se debe utilizar y ser transformado al espesor efectivo de cada uno de las capas, como la capa de rodadura, base y sub base. En la siguiente tabla encontraremos los valores de estos coeficientes estructurales.

##### *Tabla 24*

*Valores de los coeficientes estructurales de las capas que conforman el pavimento.*

COMPONENTE DEL PAVIMENTO	COEFICIENTE	VALOR COEFICIENTE ESTRUCTURAL $a_i$ (cm)	OBSERVACIÓN
<b>CAPA SUPERFICIAL</b>			
Carpeta Asfáltica en Caliente, módulo 2.965 MPa (430,000 PSI) a 20 oC (68 oF)	$a_1$	0.170 / cm	Capa Superficial recomendada para todos los tipos de Tráfico
Carpeta Asfáltica en Frio, mezcla asfáltica con emulsión.	$a_1$	0.125 / cm	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq$ 1'000,000 EE
Micropavimento 25mm	$a_1$	0.130 / cm	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq$ 1'000,000 EE
Tratamiento Superficial Bicapa.	$a_1$	0.250 (*)	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq$ 500,000EE. No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8%; y, en vías con curvas pronunciadas, curvas de volteo, curvas y contracurvas, y en tramos que obliguen al frenado de vehículos
Lechada asfáltica (slurry seal) de 12mm.	$a_1$	0.150 (*)	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq$ 500,000EE No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8% y en tramos que obliguen al frenado de vehículos
(*) Valor Global (no se considera el espesor)			
<b>BASE</b>			
Base Granular CBR 80%, compactada al 100% de la MDS	$a_2$	0.052 / cm	Capa de Base recomendada para Tráfico $\leq$ 5'000,000 EE
Base Granular CBR 100%, compactada al 100% de la MDS	$a_2$	0.054 / cm	Capa de Base recomendada para Tráfico $>$ 5'000,000 EE
Base Granular Tratada con Asfalto (Estabilidad Marshall = 1500 lb)	$a_{2a}$	0.115 / cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
Base Granular Tratada con Cemento (resistencia a la compresión 7 días = 35 kg/cm <sup>2</sup> )	$a_{2b}$	0.070 cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
Base Granular Tratada con Cal (resistencia a la compresión 7 días = 12 kg/cm <sup>2</sup> )	$a_{2c}$	0.080 cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
<b>SUBBASE</b>			
Sub Base Granular CBR 40%, compactada al 100% de la MDS	$a_3$	0.047 / cm	Capa de Sub Base recomendada para Tráfico $\leq$ 15'000,000 EE
Sub Base Granular CBR 60%, compactada al 100% de la MDS	$a_3$	0.050 / cm	Capa de Sub Base recomendada para Tráfico $>$ 15'000,000 EE

Nota: En la tabla visualizamos los valores de los coeficientes estructurales de cada uno de las capas que conforman el pavimento.

Luego de visualizar la tabla, identificamos los valores con los que estamos trabajando y tenemos como resultado los siguientes coeficientes: **a1=0.170 cm;** **a2=0.052 cm;** **a3=0.047 cm.**

#### 4.1.5.10. Coeficiente de drenaje

La estructura muchas veces se puede ver dañada por la presencia de humedad por más mínima que sea. En ese sentido recurrimos al método AASHTO 93, en la que consideran para el tipo de nuestra vía en estudio de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla 25

Calidad de drenaje

CALIDAD DEL DRENAJE	TIEMPO EN QUE TARDA EL AGUA EN SER EVACUADA
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Mediano	1 semana
Malo	1 mes
Muy malo	El agua no evacua

Nota: En la tabla visualizamos la calidad del drenaje según el tiempo que tarda el agua en ser evacuada.

Tabla 26

*Coeficiente de drenaje "mi" para base y sub base granular no tratada en el pavimento flexible*

CALIDAD DEL DRENAJE	P=% DEL TIEMPO EN QUE EL PAVIMENTO ESTA EXPUESTO A NIVELES DE HUMEDAD CERCANO A LA SATURACIÓN.			
	MENOR QUE 1%	1% - 5%	5% - 25%	MAYOR QUE 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 - 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy pobre	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

Nota: En la tabla visualizamos los coeficientes de drenaje para base y sub base granular no tratada en el pavimento flexible.

Luego de visualizar la tabla identificamos que nuestro resultado es que **m2 = m3 = 1.15**

#### **4.1.5.11. Cálculo de espesores**

Para el cálculo de los espesores de las distintas capas que conforman el pavimento flexible, utilizaremos la siguiente fórmula:

*Figura 23*

*Fórmula para calcular espesor de capa*

$$SN = a_1 \times d_1 + a_2 \times d_2 \times m_2 + a_3 \times d_3 \times m_3$$

Nota: En la figura visualizamos la fórmula por el cual calcularemos los espesores de las distintas capas que conforman el pavimento flexible.

En donde:

$$SN = 1.13$$

$$d1 = 5 \text{ cm (propuesto)}$$

$$d2 = 15 \text{ cm (propuesto)}$$

Despejamos, reemplazamos y tenemos como resultados **SN=1.45**. Entonces concluimos que los espesores propuestos son correctos, ya que el número estructural "SN" es mayor al número estructural requerido "SNR"

*Figura 24*  
*Espesores para el Pavimento Flexible*

Capa de rodadura	05 centímetros
Base granular	15 centímetros

Nota: En la figura observamos el esquema de los espesores de las capas que conforman el pavimento flexible.

**4.1.6. Presupuesto según el diseño del pavimento rígido**

Tabla 27

Presupuesto según el diseño de pavimento rígido

PRESUPUESTO PAVIMENTO RÍGIDO					
<b>PRESUPUESTO:</b>	COMPARACIÓN DE COSTOS ENTRE LOS DISEÑOS ESTRUCTURALES DE PAVIMENTO FLEXIBLE Y PAVIMENTO RÍGIDO EN EL CAMINO VECINAL TRAMO SAN FERNANDO-QUYQUIN-TOGOPON-SAN IGNACIO-BUENA VENTURA				
<b>LUGAR:</b>	CARAMBAMBA-JULCAN-LA LIBERTAD				
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	METRADO	PRECIO	PARCIAL
<b>1</b>	<b>OBRAS PROVISIONALES</b>				<b>S/88,440.00</b>
1.1	ALQUILER DE BAÑOS QUIMICOS	mes	6.00	S/2,072.00	S/12,432.00
1.2	CASETA PARA ALMACÉN DE OBRA	m2	120.00	S/112.31	S/13,477.20
1.3	HABILITACIÓN Y CERCADO PARA PATIO DE MAQUINAS	m2	120.00	S/383.59	S/46,030.80
1.4	DEPOSITO PARA ALMACENAMIENTO DE AGUA	und	3.00	S/500.00	S/1,500.00
1.5	AGUA PARA ABASTECER EN OBRA	glb	1.00	S/15,000.00	S/15,000.00
<b>2</b>	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>S/175,296.00</b>
2.1	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	35400.00	S/3.14	S/111,156.00
2.2	TRAZO, NIVEL Y REPLANTEO PRELIMINAR	m2	35400.00	S/1.60	S/56,640.00
2.3	MOVILIZACIÓN Y DEMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS Y MAQUINAS	glb	1.00	S/7,500.00	S/7,500.00
<b>3</b>	<b>SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO</b>				<b>S/25,773.04</b>
3.1	SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD EN PROCESO DE REHABILITACIÓN DE VÍA	glb	1.00	S/10,000.00	S/10,000.00
3.2	EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL	glb	1.00	S/15,000.00	S/15,000.00
3.3	EQUIPOS DE PROTECCIÓN COLECTIVA	glb	1.00	S/773.04	S/773.04
<b>4</b>	<b>PAVIMENTACIÓN</b>				<b>S/2,624,503.23</b>
<b>4.1</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>S/963,912.03</b>
4.1.1	CORTE DE TERRENO A NIVEL DE SUBRASANTE CON EQUIPO PESADO	m3	14359.45	S/4.97	S/71,366.47
4.1.2	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE PARA BASE GRANULAR	m2	35400.00	S/9.38	S/332,052.00
4.1.3	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	18667.28	S/11.39	S/212,620.32
4.1.4	RELLENO CON MATERIAL PROPIO CON EQUIPO	m3	17869.29	S/11.98	S/214,074.09
4.1.5	RELLENO CON MATERIAL DE PRÉSTAMO CON EQUIPO	m3	3966.77	S/33.73	S/133,799.15
<b>4.2</b>	<b>PAVIMENTO RÍGIDO</b>				<b>S/1,537,879.20</b>
4.2.1	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE PAVIMENTO DE CONCRETO	m2	1800.00	S/14.87	S/26,766.00
4.2.2	LOSA PARA PAVIMENTO DE CONCRETO f'c=280 kg/cm2	m3	3600.00	S/309.40	S/1,113,840.00
4.2.3	JUNTA LONGITUDINAL DE CONTRACCIÓN CON ACERO CORRUGADO 5/8"	kg	5880.00	S/32.39	S/190,453.20
4.2.4	JUNTA TRANSVERSAL CON DOWEL ACERO LISO DE 1"	m	9000.00	S/22.98	S/206,820.00
<b>4.3</b>	<b>JUNTAS DE DILATACIÓN</b>				<b>S/100,800.00</b>
4.3.1	JUNTAS DE DILATACIÓN O AISLAMIENTO DE LOSA DE CONCRETO	m	9000.00	S/11.20	S/100,800.00
<b>4.4</b>	<b>SEÑALIZACION</b>				<b>S/21,912.00</b>
4.4.1	SEÑALIZACION HORIZONTAL-PINTADO DE PAVIMENTO	m2	1800.00	S/11.24	S/20,232.00
4.4.2	SUMINISTRO E INSTALACION DE TACHAS REFLECTIVAS	und	100.00	S/16.80	S/1,680.00
<b>5</b>	<b>MITIGACIÓN AMBIENTAL</b>				<b>S/18,000.00</b>
5.1	MITIGACIÓN AMBIENTAL	mes	6.00	S/3,000.00	S/18,000.00
<b>6</b>	<b>VARIOS</b>				<b>S/62,693.66</b>
6.1	LIMPIEZA FINAL DE OBRA	m2	3966.77	S/3.20	S/12,693.66
6.2	FLETE TERRESTRE	glb	1.00	S/50,000.00	S/50,000.00
	<b>Costo Directo</b>				<b>S/2,994,705.94</b>
	<b>Gastos Generales (10%)</b>				<b>S/299,470.59</b>
	<b>Utilidad (5%)</b>				<b>S/149,735.30</b>
	<b>Sub Total</b>				<b>S/3,443,911.83</b>
	<b>I.G.V. (18%)</b>				<b>S/619,904.13</b>
	<b>Total de Presupuesto</b>				<b>S/4,063,815.96</b>

Nota: En la tabla visualizamos el presupuesto de nuestro diseño para el pavimento rígido, el presupuesto total es del **S/4,063,815.96**

#### 4.1.6.1. Análisis de Costos Unitarios de la partida Pavimentación en el diseño del pavimento Rígido

Figura 25

#### Análisis de Costos Unitarios de la partida Pavimentación en el diseño del pavimento Rígido

Partida	4.1.1	CORTE DE TERRENO A NIVEL DE SUBRASANTE CON EQUIPO PESADO				
Rendimiento	m3/DIA	MO. 450.0000		EQ. 450.0000	Costo unitario directo por : m3	4.97
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
	<b>Mano de Obra</b>					
0101010002	OPERARIO	hh	1.0000	0.0178	23.83	0.42
0101010005	PEON	hh	2.0000	0.0356	16.88	0.60
						<b>1.02</b>
	<b>Equipos</b>					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.02	0.03
3.011800020E+13	TRACTOR DE ORUGAS DE 140-160 HP	hm	1.0000	0.0178	220.00	3.92
						<b>3.95</b>
Partida	4.1.2.	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE PARA BASE GRANULAR				
Rendimiento	m2/DIA	MO. 240.0000		EQ. 240.0000	Costo unitario directo por : m2	9.38
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
	<b>Mano de Obra</b>					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.5000	0.0167	26.23	0.44
0101010005	PEON	hh	2.0000	0.0667	15.82	1.06
						<b>1.50</b>
	<b>Equipos</b>					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.50	0.05
03011800020001	TRACTOR DE ORUGAS DE 190-240 HP	hm	1.0000	0.0333	235.00	7.83
						<b>7.88</b>
Partida	4.1.3	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE				
Rendimiento	m3/DIA	MO. 660.0000		EQ. 660.0000	Costo unitario directo por : m3	11.39
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
	<b>Mano de Obra</b>					
01010300080001	CONTROLADOR OFICIAL	hh	0.2500	0.0030	16.73	0.05
						<b>0.05</b>
	<b>Equipos</b>					
03011600010003	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 125-135 HP 3 yd3	hm	1.0000	0.0121	190.00	2.30
03012200040001	CAMION VOLQUETE DE 15 m3	hm	4.0000	0.0485	186.44	9.04
						<b>11.34</b>
Partida	4.1.4	RELLENO CON MATERIAL PROPIO CON EQUIPO				
Rendimiento	m3/DIA	MO. 350.0000		EQ. 350.0000	Costo unitario directo por : m3	11.98
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
	<b>Mano de Obra</b>					
101010003	CONTROLADOR OFICIAL	hh	2.0000	0.0457	23.83	1.09
101010005	PEON	hh	2.0000	0.0457	16.88	0.77
						<b>1.86</b>
	<b>Materiales</b>					
290130022	AGUA	m3		0.0500	5.00	0.25
						<b>0.25</b>
	<b>Equipos</b>					
301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.86	0.06
3.01E+11	RODILLO NEUMATICO AUTOPREPULSADO	hm	1.0000	0.0229	218.30	5.00
301200003	MOTONIVELADORA	hm	1.0000	0.0229	210.00	4.81
						<b>9.87</b>

Partida	4.1.5	RELLENO CON MATERIAL DE PRÉSTAMO CON EQUIPO					
Rendimiento	m3/DIA	MO. 350.0000		EQ. 350.0000	Costo unitario directo por : m3	33.73	
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>	
	<b>Mano de Obra</b>						
101010003	CONTROLADOR OFICIAL	hh	2.0000	0.0457	23.83	1.09	
101010005	PEON	hh	2.0000	0.0457	16.88	0.77	
						<b>1.86</b>	
	<b>Materiales</b>						
290130022	MATERIAL DE CANTERO PUESTO EN OBRA	m3		1.0000	22.00	22.00	
						<b>22.00</b>	
	<b>Equipos</b>						
301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.86	0.06	
3.011E+11	RODILLO NEUMATICO AUTOPREPULSADO	hm	1.0000	0.0229	218.30	5.00	
301200003	MOTONIVELADORA	hm	1.0000	0.0229	210.00	4.81	
						<b>9.87</b>	
Partida	4.2.1	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE PAVIMENTO DE CONCRETO					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 20.0000		EQ. 20.0000	Costo unitario directo por : m2	14.87	
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>	
	<b>Mano de Obra</b>						
147010002	OPERARIO	hh	1.0000	0.4000	5.38	2.15	
147010003	OFICIAL	hh	2.0000	0.8000	4.57	3.66	
147010004	PEON	hh	1.0000	0.4000	3.28	1.31	
						<b>7.12</b>	
	<b>Materiales</b>						
290130022	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO	kg		0.0100	4.50	0.05	
290130025	CLAVOS PARA MADERA CABEZA 3"	kg		0.0300	4.50	0.14	
290130024	MADERA NACIONAL PARA ENCOFRADO	p2		2.4000	3.00	7.20	
						<b>7.39</b>	
	<b>Equipos</b>						
301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	7.12	0.36	
						<b>0.36</b>	
Partida	4.2.2	LOSA PARA PAVIMENTO DE CONCRETO f'c=280 kg/cm2					
Rendimiento	m3/DIA	MO. 14.0000		EQ. 14.0000	Costo unitario directo por : m3	309.40	
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>	
	<b>Mano de Obra</b>						
147010002	OPERARIO	hh	2.0000	1.1429	5.38	6.15	
147010003	OFICIAL	hh	2.0000	1.1429	4.57	5.22	
147010004	PEON	hh	8.0000	4.5714	3.28	14.99	
						<b>26.36</b>	
	<b>Materiales</b>						
205000039	PIEDRA CHANCADA DE 3/4" y 12"	m3		0.7000	70.00	49.00	
205000034	ARENA GRUESA	m3		0.5000	60.00	30.00	
205000031	CEMENTO PORTLAND TIPO I 42.5 KG	bls		9.1000	19.50	177.00	
205000030	AGUA	m3		0.2000	0.50	0.01	
						<b>256.01</b>	
	<b>Equipos</b>						
301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	26.36	1.32	
301010011	MEZCLADORA DE CONCRETO	hm	1.0000	0.5714	35.00	20.00	
301010011	VIBRADO DE CONCRETO	hm	1.0000	0.5714	10.00	5.71	
						<b>27.03</b>	
Partida	4.2.6	SEÑALIZACION HORIZONTAL-PINTADO DE PAVIMENTO					
Rendimiento	m/DIA	MO. 50.0000		EQ. 50.0000	ario directo por : m	11.24	
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>	
	<b>Mano de Obra</b>						
101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0800	23.83	1.91	
101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0800	18.73	1.50	
101010005	PEON	hh	1.0000	0.0800	16.88	1.35	
						<b>4.76</b>	
	<b>Materiales</b>						
0240060011	PINTURA ALTO TRAFICO	gal		0.0400	65.00	2.60	
0240080022	DISOLVENTE THINER	gal		0.0450	28.00	1.26	
						<b>3.86</b>	
	<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	4.76	0.24	
03012700010003	MAQUINA PARA PINTAR LINEAS EN PAVIMENTO	hm	1.0000	0.0800	29.80	2.38	
						<b>2.62</b>	

Nota: En la figura visualizamos el análisis de los costos unitarios de la partida Pavimentación en el diseño del pavimento Rígido.

#### 4.1.7. Presupuesto según el diseño del pavimento flexible

Tabla 28

Presupuesto según el diseño del Pavimento Flexible

PRESUPUESTO PAVIMENTO FLEXIBLE					
PRESUPUESTO:	COMPARACIÓN DE COSTOS ENTRE LOS DISEÑOS ESTRUCTURALES DE PAVIMENTO FLEXIBLE Y PAVIMENTO RÍGIDO EN EL CAMINO VECINAL TRAMO SAN FERNANDO-QUYQUIN-TOGOPON-SAN IGNACIO-BUENA VENTURA				
LUGAR:	CARAMBAMBA-JULCAN-LA LIBERTAD				
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	METRADO	PRECIO	PARCIAL
1	<b>OBRAS PROVISIONALES</b>				<b>S/88,440.00</b>
1.1	ALQUILER DE BAÑOS QUIMICOS	mes	6.00	S/2,072.00	S/12,432.00
1.2	CASETA PARA ALMACÉN DE OBRA	m2	120.00	S/112.31	S/13,477.20
1.3	HABILITACIÓN Y CERCADO PARA PATIO DE MAQUINAS	m2	120.00	S/383.59	S/46,030.80
1.4	DEPOSITO PARA ALMACENAMIENTO DE AGUA	und	3.00	S/500.00	S/1,500.00
1.5	AGUA PARA ABASTECER EN OBRA	glb	1.00	S/15,000.00	S/15,000.00
2	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>S/175,296.00</b>
2.1	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	35400.00	S/3.14	S/111,156.00
2.2	TRAZO, NIVEL Y REPLANTEO PRELIMINAR	m2	35400.00	S/1.60	S/56,640.00
2.3	MOVILIZACIÓN Y DEMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS Y MAQUINAS	glb	1.00	S/7,500.00	S/7,500.00
3	<b>SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO</b>				<b>S/25,773.04</b>
3.1	SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD EN PROCESO DE REHABILITACIÓN DE VÍA	glb	1.00	S/10,000.00	S/10,000.00
3.2	EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL	glb	1.00	S/15,000.00	S/15,000.00
3.3	EQUIPOS DE PROTECCIÓN COLECTIVA	glb	1.00	S/773.04	S/773.04
4	<b>PAVIMENTACIÓN</b>				<b>S/2,443,062.26</b>
4.1	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>S/931,164.26</b>
4.1.1	CORTE DE TERRENO A NIVEL DE SUBRASANTE CON EQUIPO PESADO	m3	14009.93	S/4.97	S/69,629.35
4.1.2	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE PARA BASE GRANULAR E=15CM	m2	35400.00	S/9.38	S/332,052.00
4.1.3	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	16811.92	S/11.39	S/191,487.77
4.1.4	RELLENO CON MATERIAL PROPIO CON EQUIPO	m3	17044.74	S/11.98	S/204,195.99
4.1.5	RELLENO CON MATERIAL DE PRÉSTAMO CON EQUIPO	m3	3966.77	S/33.73	S/133,799.15
4.2	<b>PAVIMENTO FLEXIBLE</b>				<b>S/1,489,986.00</b>
4.2.1	BARRIDO DE BASE PARA REALIZAR IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA	m2	35400.00	S/0.78	S/27,612.00
4.2.2	IMPRIMACIÓN ASFALTICA	m2	35400.00	S/5.31	S/187,974.00
4.2.3	PREPARACION DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE	m3	35400.00	S/30.25	S/1,070,850.00
4.2.4	TRANSPORTE DE MEZCLA ASFALTICA A LA OBRA e=5cm.	m3	35400.00	S/4.00	S/141,600.00
4.2.5	ESPARCIDO Y COMPACTADO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE e=5cm.	m3	35400.00	S/1.75	S/61,950.00
4.3	<b>SEÑALIZACION</b>				<b>S/21,912.00</b>
4.3.1	SEÑALIZACION HORIZONTAL-PINTADO DE PAVIMENTO	m2	1800.00	S/11.24	S/20,232.00
4.3.2	SUMINISTRO E INSTALACION DE TACHAS REFLECTIVAS	und	100.00	S/16.80	S/1,680.00
5	<b>MITIGACIÓN AMBIENTAL</b>				<b>S/18,000.00</b>
5.1	MITIGACIÓN AMBIENTAL	mes	6.00	S/3,000.00	S/18,000.00
6	<b>VARIOS</b>				<b>S/62,693.66</b>
6.1	LIMPIEZA FINAL DE OBRA	m2	3966.77	S/3.20	S/12,693.66
6.2	FLETE TERRESTRE	glb	1.00	S/50,000.00	S/50,000.00
<b>Costo Directo</b>					<b>S/2,813,264.96</b>
<b>Gastos Generales (10%)</b>					<b>S/281,326.50</b>
<b>Utilidad (5%)</b>					<b>S/140,663.25</b>
<b>Sub Total</b>					<b>S/3,235,254.71</b>
<b>I.G.V. (18%)</b>					<b>S/582,345.85</b>
<b>Total de Presupuesto</b>					<b>S/3,817,600.55</b>

Nota: En la tabla visualizamos el presupuesto de nuestro diseño para el pavimento rígido, el presupuesto total es del **S/3,817,600.55**

#### 4.1.7.1. Análisis de Costos Unitarios de la partida Pavimentación en el diseño del pavimento Flexible

Figura 26

Análisis de Costos Unitarios de la partida Pavimentación en el diseño del pavimento Flexible

Partida	4.1.1	CORTE DE TERRENO A NIVEL DE SUBRASANTE CON EQUIPO PESADO					
Rendimiento	m3/DIA	MO. 450.0000		EQ. 450.0000	Costo unitario directo por : m3	4.97	
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>	
	<b>Mano de Obra</b>						
0101010002	OPERARIO	hh	1.0000	0.0178	23.83	0.42	
0101010005	PEON	hh	2.0000	0.0356	16.88	0.60	
						<b>1.02</b>	
	<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.02	0.03	
3.011800020E+13	TRACTOR DE ORUGAS DE 140-1	hm	1.0000	0.0178	220.00	3.92	
						<b>3.95</b>	
Partida	4.1.2.	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE PARA BASE GRANULAR E=15CM					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 240.0000		EQ. 240.0000	Costo unitario directo por : m2	9.38	
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>	
	<b>Mano de Obra</b>						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.5000	0.0167	26.23	0.44	
0101010005	PEON	hh	2.0000	0.0667	15.82	1.06	
						<b>1.50</b>	
	<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.50	0.05	
03011800020001	TRACTOR DE ORUGAS DE 190-2	hm	1.0000	0.0333	235.00	7.83	
						<b>7.88</b>	
Partida	4.1.3	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE					
Rendimiento	m3/DIA	MO. 660.0000		EQ. 660.0000	Costo unitario directo por : m3	11.39	
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>	
	<b>Mano de Obra</b>						
01010300080001	CONTROLADOR OFICIAL	hh	0.2500	0.0030	16.73	0.05	
						<b>0.05</b>	
	<b>Equipos</b>						
03011600010003	CARGADOR SOBRE LLANTAS	hm	1.0000	0.0121	190.00	2.30	
03012200040001	CAMION VOLQUETE DE 15 m3	hm	4.0000	0.0485	186.44	9.04	
						<b>11.34</b>	

Partida	4.1.4	RELLENO CON MATERIAL PROPIO CON EQUIPO						
Rendimiento	m3/DIA	MO. 350.0000		EQ. 350.0000	Costo unitario directo por : m3		11.98	
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>		
	<b>Mano de Obra</b>							
101010003	CONTROLADOR OFICIAL	hh	2.0000	0.0457	23.83	1.09		
101010005	PEON	hh	2.0000	0.0457	16.88	0.77		
						<b>1.86</b>		
	<b>Materiales</b>							
290130022	AGUA	m3		0.0500	5.00	0.25		
						<b>0.25</b>		
	<b>Equipos</b>							
301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.86	0.06		
3.011E+11	RODILLO NEUMATICO AUTOPR	hm	1.0000	0.0229	218.30	5.00		
301200003	MOTONIVELADORA	hm	1.0000	0.0229	210.00	4.81		
						<b>9.87</b>		
Partida	4.1.5	RELLENO CON MATERIAL DE PRÉSTAMO CON EQUIPO						
Rendimiento	m3/DIA	MO. 350.0000		EQ. 350.0000	Costo unitario directo por : m3		33.73	
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>		
	<b>Mano de Obra</b>							
101010003	CONTROLADOR OFICIAL	hh	2.0000	0.0457	23.83	1.09		
101010005	PEON	hh	2.0000	0.0457	16.88	0.77		
						<b>1.86</b>		
	<b>Materiales</b>							
290130022	MATERIAL DE CANTERO PUES	m3		1.0000	22.00	22.00		
						<b>22.00</b>		
	<b>Equipos</b>							
301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.86	0.06		
3.011E+11	RODILLO NEUMATICO AUTOPR	hm	1.0000	0.0229	218.30	5.00		
301200003	MOTONIVELADORA	hm	1.0000	0.0229	210.00	4.81		
						<b>9.87</b>		
Partida	4.2.1	BARRIDO DE BASE PARA REALIZAR IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA						
Rendimiento	m2/DIA	MO. 600.0000		EQ. 600.0000	directo por : m2		0.78	
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>		
	<b>Mano de Obra</b>							
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0013	26.23	0.03		
0101010005	PEON	hh	3.0000	0.0400	15.82	0.63		
						<b>0.66</b>		
	<b>Materiales</b>							
02901300050002	ESCOBAS DE PAJA	und		0.0100	10.00	0.10		
						<b>0.10</b>		
	<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.66	0.02		
						<b>0.02</b>		

Partida	4.2.2	IMPRIMACIÓN ASFALTICA					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 2,800.0000		EQ. 2,800.0000	directo por : m2	5.31	
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>	
	<b>Mano de Obra</b>						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.5000	0.0014	26.23	0.04	
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0029	21.91	0.06	
0101010005	PEON	hh	3.0000	0.0086	15.82	0.14	
						<b>0.24</b>	
	<b>Materiales</b>						
0201040002	KEROSENE INDUSTRIAL	gal		0.0810	12.00	0.97	
02010500010003	ASFALTO LIQUIDO MC-30	gal		0.2610	14.00	3.65	
						<b>4.62</b>	
	<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.24	0.01	
03012200080002	CAMION IMPRIMADOR 6X2 178-2	hm	1.0000	0.0029	150.00	0.44	
						<b>0.45</b>	
Partida	4.2.3	PREPARACION DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE					
Rendimiento	m3/DIA	MO. 2,900.0000		EQ. 2,900.0000	directo por : m3	30.25	
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>	
	<b>Mano de Obra</b>						
0101010002	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0028	26.23	0.07	
0101010003	OPERARIO	hh	3.0000	0.0083	21.91	0.18	
0101010004	OFICIAL	hh	3.0000	0.0083	17.55	0.15	
0101010005	PEON	hh	12.0000	0.0331	15.82	0.52	
						<b>0.92</b>	
	<b>Materiales</b>						
02070100010002	PIEDRA CHANCADA 12"	m3		0.0455	38.98	1.77	
02070200010002	ARENA GRUESA	m3		0.0260	21.19	0.55	
0207020002	FILLER	kg		1.2000	2.60	3.12	
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (4	bol		0.0400	16.30	0.65	
02130100060003	CEMENTO ASFALTICO PEN 60/	gal		1.6600	13.00	21.58	
						<b>27.67</b>	
	<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.92	0.03	
03011600010003	CARGADOR SOBRE LLANTAS C	hm	1.0000	0.0028	190.00	0.53	
03013900030001	PLANTA DE ASFALTO EN CALI	hm	1.0000	0.0028	347.21	0.97	
0301400005	SECADOR DE ARIDOS 2-M.E 70	hm	1.0000	0.0028	47.00	0.13	
						<b>1.66</b>	
Partida	4.2.4	TRANSPORTE DE MEZCLA ASFALTICA A LA OBRA e=5cm.					
Rendimiento	m3/DIA	MO. 780.0000		EQ. 780.0000	directo por : m3	4.00	
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>	
	<b>Mano de Obra</b>						
01010300080001	CONTROLADOR OFICIAL	hh	1.0000	0.0103	16.73	0.17	
						<b>0.17</b>	
	<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.17	0.01	
03012200040001	CAMION VOLQUETE DE 15 m3	hm	2.0000	0.0205	186.44	3.82	
						<b>3.83</b>	

Partida	4.2.5	ESPARCIDO Y COMPACTADO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE e=5cm.				
Rendimiento	m3/DIA	MO. 2,500.0000	EQ. 2,500.0000	directo por : m3	1.75	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.5000	0.0016	26.23	0.04
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0032	21.91	0.07
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	0.0064	17.55	0.11
0101010005	PEON	hh	6.0000	0.0192	15.82	0.30
						<b>0.52</b>
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.52	0.02
03011000040001	RODILLO NEUMATICO AUTOPR	hm	1.0000	0.0032	118.64	0.38
03011000050002	RODILLO TANDEM ESTATICO	hm	1.0000	0.0032	118.64	0.38
03013900020002	PAVIMENTADORA SOBRE ORU	hm	1.0000	0.0032	140.00	0.45
						<b>1.23</b>
Partida	4.2.6	SEÑALIZACION HORIZONTAL-PINTADO DE PAVIMENTO				
Rendimiento	m/DIA	MO. 50.0000	EQ. 50.0000	directo por : m	11.24	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>						
101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0800	23.83	1.91
101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0800	18.73	1.50
101010005	PEON	hh	1.0000	0.0800	16.88	1.35
						<b>4.76</b>
<b>Materiales</b>						
0240060011	PINTURA ALTO TRAFICO	gal		0.0400	65.00	2.60
0240080022	DISOLVENTE THINER	gal		0.0450	28.00	1.26
						<b>3.86</b>
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	4.76	0.24
03012700010003	MAQUINA PARA PINTAR LINEA	hm	1.0000	0.0800	29.80	2.38
						<b>2.62</b>

Nota: En la figura visualizamos el análisis de costos unitarios de la partida Pavimentación en el diseño del pavimento Flexible.

## 4.2. Docimasia de hipótesis

La presente tesis al ser formulada por un proyecto según el nivel de investigación de tipo descriptiva, no cuenta con una formulación de hipótesis; en ese sentido no se pueda realizar una evaluación y desarrollo de la docimasia de hipótesis.

## V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Luego de haber desarrollado un estudio de tráfico en la zona, podemos inferir que la demanda de vehículos aumentará con el transcurrir de los años, por lo que es recomendable se considere una vía pavimentada para beneficios de los pobladores que viven en estos caseríos.

Según las proyecciones de demanda de vehículos, visualizamos un aumento de tipo de vehículos que circulan por la vía. Por lo que consideramos usar la tasa de crecimiento de la provincia de Julcan para calcular la proyección de vehículos ligeros, cuya tasa es de 2.40%. En el caso de los vehículos pesados, se consideró tomar datos de la tasa de aumento de la actividad económica, producto bruto interno de la región La Libertad y así poder proyectar el tráfico futuro hasta 20 años, cuya tasa a trabajar fue de 4.19%.

Luego de concluir con el estudio de mecánica de suelos, concluimos que el suelo que predomina en la vía es una arena limosa con finos. Este suelo tiene un CBR que predomina en las calicatas de 28.17% en la vía estudiada.

Para poder calcular el número estructural de la carpeta de rodadura consideramos trabajar con la guía AASHTO93, esta guía es la más semejante a la norma que actualmente se encuentra vigente para poder determinar variables y los parámetros de diseño. Los resultados obtenidos para el pavimento rígido son de un espesor de losa de concreto de 15 cm o 6" y un espesor de base de 15 cm o 6". Para el pavimento flexible, la base granular de un espesor de 15 cm o 6" y el paquete estructural de 5 cm o 2" de espesor de carpeta asfáltica.

## CONCLUSIONES

Luego de realizar el diseño de ambos pavimentos y el presupuesto de los mismos con los resultados obtenidos, concluimos que el ejecutar la construcción del pavimento flexible en la vía es más económico que ejecutar la construcción del pavimento rígido. Esta diferencia económica es de **S/246,215.40**

Detalles de cada uno de los Pavimentos:

- Pavimento Rígido

Costo Total	:	<b>S/4,063,815.96</b>
Espesor de losa de concreto	:	15 cm
Espesor de base granular	:	15 cm

- Pavimento Flexible

Costo Total	:	<b>S/3,817,600.55</b>
Espesor de carpeta asfáltica	:	5 cm
Espesor de base granular	:	15 cm

Concluimos que luego de realizar el estudio de mecánica de suelos y siguiendo las instrucciones del manual “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimento” consideramos elegir trabajar con el CBR promedio que según tabla N°10 es de 28.17% en la vía en estudio, ya que se puede observar que el suelo que predomina es una arena limosa con finos.

Al realizar el desarrollo del IMDA podemos concluir que en la zona de estudio el 31.15% de vehículos que transitan por la vía son de tipo moto lineal.

Luego de calcular los ejes equivalentes “EE” podemos concluir que para el pavimento rígido es 98,100 y para el pavimento flexible es de 48,500.

## RECOMENDACIONES

Luego de culminar nuestra investigación podemos recomendar que para el cálculo del IMDA, se podría realizar un conteo más específico de los tipos de vehículos que circulan por la vía, para así poder calcular “EE” más óptimos, ya que en nuestra zona de estudio tuvimos complicaciones en la semana de conteo con las fuertes lluvias y problemas con la señal.

Asimismo, luego de analizar el tipo de vehículos que circulan por la zona, el diseño de cada uno de los pavimentos y el presupuesto para la ejecución de los mismos; recomendamos la futura construcción de un pavimento flexible en la zona, ya que comparándolo con el pavimento rígido es más beneficioso en la zona de estudio y más económico.

En un sector de la zona se presencia un canal de regadío justo al costado de la vía en donde se presencia tierra de cultivo, se recomienda descolmatar este canal a fin de evitar futuras infiltraciones en la vía proyectada.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Correa, P. (30 de octubre de 2017). Carreteras, un problema global. *El Espectador*.
- Espinoza Correa, L. (2018). Análisis de alternativas en el diseño de pavimentos flexibles y rígidos por el método AASHTO 93. Cuenca, Colombia: Universidad de Cuenca.
- Gallardo Figueroa, M. d., & Pescoran Campos, M. D. (2019). Análisis comparativo del diseño estructural del pavimento flexible y pavimento rígido para la avenida Larco tramo avenida Huamán y avenida Fátima de la ciudad de Trujillo. Trujillo, Perú: Universidad Privada Antenor Orrego - UPAO.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). *Manual de Carreteras: suelos, geología, geotécnica y pavimentos. Sección de suelos y pavimentos*.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). *Glosario de Términos de Uso Frecuente en Proyectos de Infraestructura Vial*. Lima.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). *Manual de Carreteras: suelos, geología, geotécnica y pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos*. Lima.
- Paredes Vela, F., & Delgado Mego, J. J. (2019). Análisis comparativo del diseño estructural del pavimento flexible y rígido para la reparación de las calles del centro del Distrito de Tarapoto. San Martín, Perú: Universidad Nacional de San Martín.
- Ruíz Urrutia, M. N., & Rodríguez Peralta, J. C. (2016). Comparación técnico-económica del uso de pavimento rígido y pavimento flexible en Nicaragua. Estudio de caso: Unikwas-Mulukuku. Nicaragua: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua UNAN-MANAGUA.
- Sotil Chávez, A. (2014). Propuesta de sistema de gestión de pavimentos para municipalidades y gobiernos locales. *Infraestructura Vial*, 13-14.
- Velasco Inga, J. D. (2018). Propuesta de mejoramiento del camino vecinal Pacaipampa - Santa Rosa, progresiva 0+000 al 5+000, distrito de

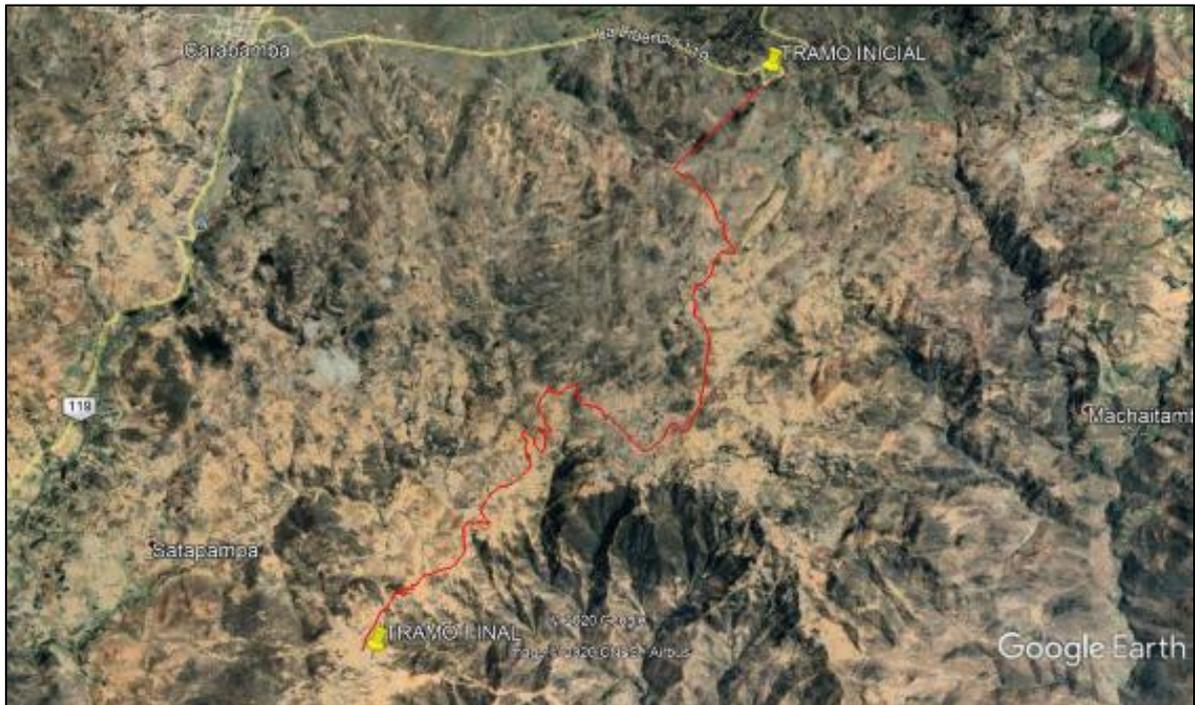
Pacaipampa, provincia de Ayabaca, departamento de Piura. Piura, Perú:  
Universidad Nacional de Piura - UNP.

Yovera Adanaqué, C. A. (2018). Análisis comparativo de los pavimentos flexible, rígido y articulado para la Av. Ignacia Schaeffer-distrito de Tambogrande-departamento de Piura. Piura, Perú: Universidad Nacional de Piura - UNP .

## ANEXOS

*Figura 27*

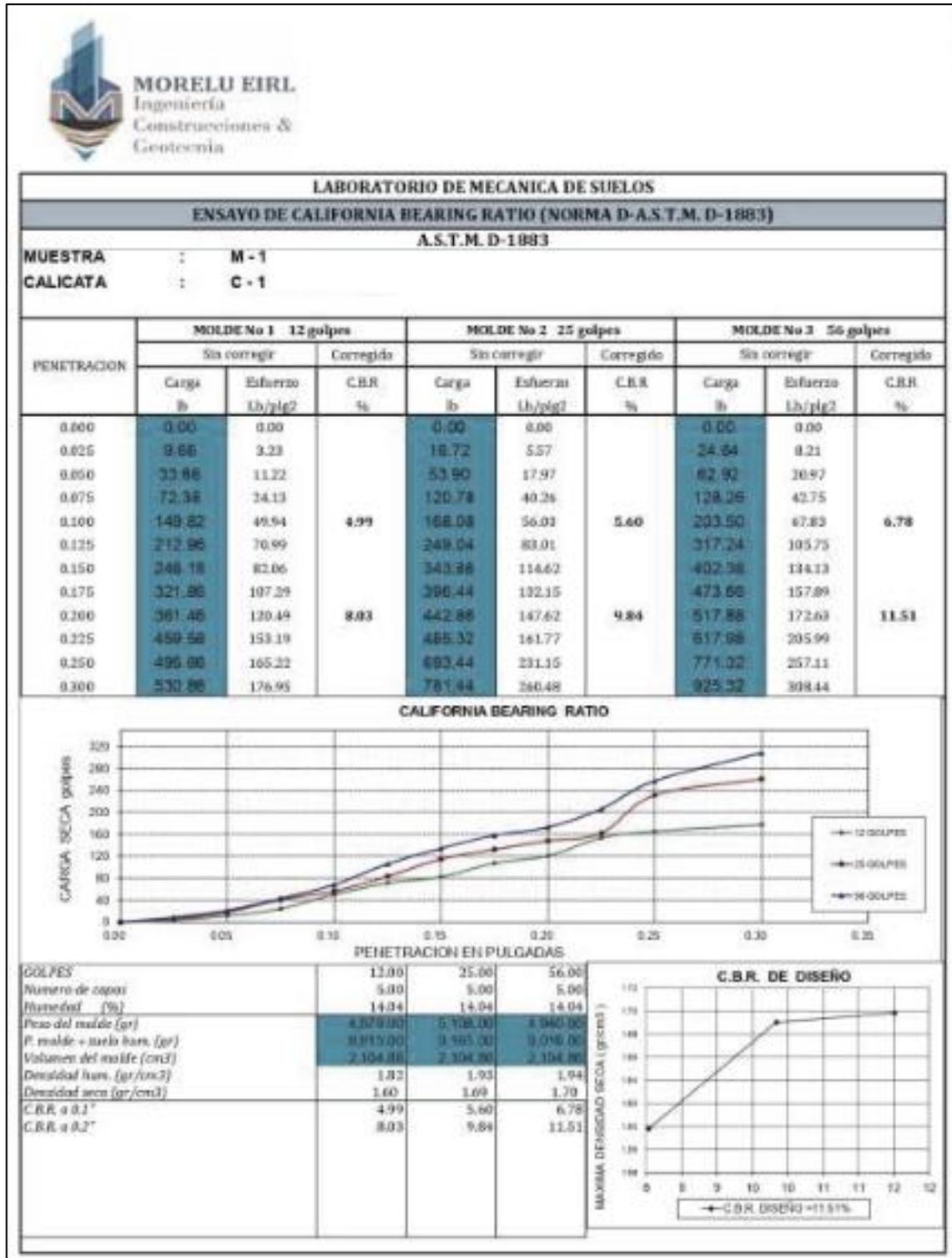
*Ubicación del tramo de la presente Investigación*



Nota: En la figura visualizamos el tramo del mejoramiento de inicio a fin identificado en una captura de Google Earth.

Figura 28

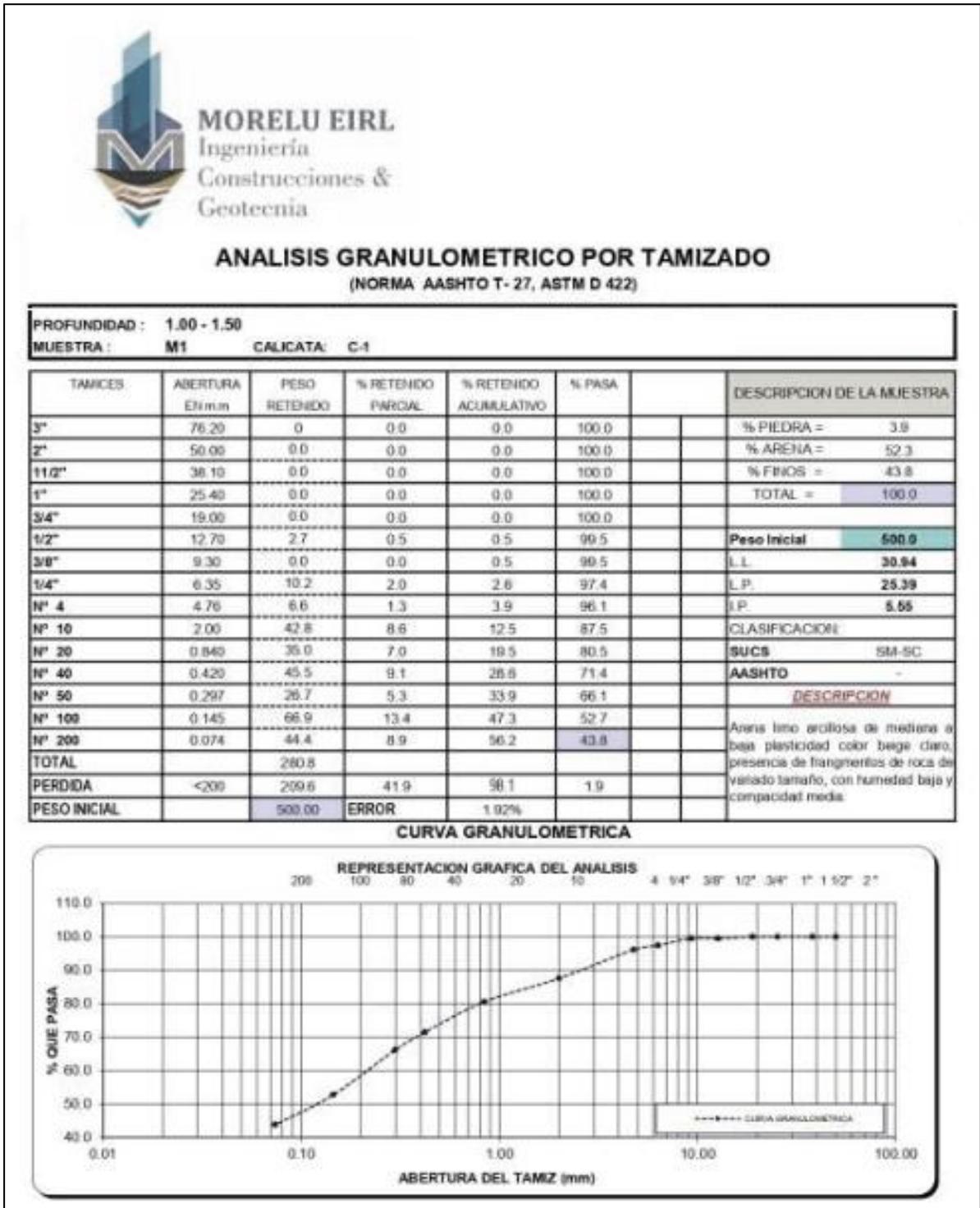
Ensayo CBR Muestra M- 1 C-1



Nota: En la figura visualizamos los resultados del ensayo realizado en laboratorio según las muestras analizadas.

Figura 29

Análisis granulométrico por tamizado



Nota: En la figura visualizamos los resultados del ensayo realizado en laboratorio según las muestras analizadas.

Figura 30

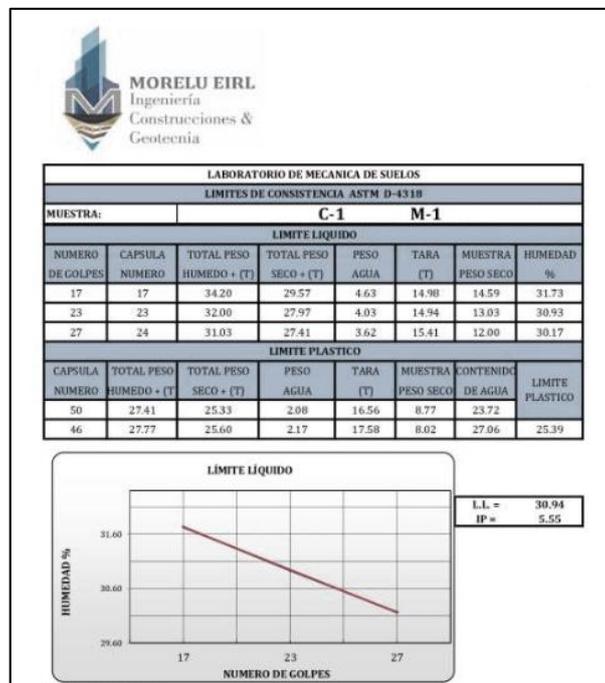
Humedad natural

 <b>MORELU EIRL</b> Ingeniería Construcciones & Geotecnia							
<b>HUMEDAD NATURAL</b>							
NORMA: ASTM D-2216							
MUESTRA	PROFUNDIDAD m.	PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)			PESO (Gr.)		HUMEDAD %
		+SUELO HUMEDO	+SUELO SECO	TARA	AGUA	SUELO SECO	
C - 1	0.10 - 1.50	63.00	53.50	14.98	9.50	38.52	<b>24.66</b>
C - 2	0.40 - 1.50	69.30	58.10	15.43	11.20	42.67	<b>26.25</b>
C - 3	0.00 - 1.50	67.40	56.60	14.99	10.80	41.61	<b>25.96</b>
C - 4 / M - 1	0.10 - 1.00	68.30	59.50	17.20	8.80	42.30	<b>20.80</b>
C - 4 / M - 2	1.00 - 1.50	72.70	64.80	17.13	7.90	47.67	<b>16.57</b>
C - 5	0.20 - 1.50	68.30	60.90	15.77	7.40	45.13	<b>16.40</b>
C - 6	0.15 - 1.50	69.20	59.80	15.60	9.40	44.20	<b>21.27</b>
C - 7	0.10 - 1.50	71.20	61.00	15.11	10.20	45.89	<b>22.23</b>
C - 8	0.00 - 1.50	64.80	58.00	15.07	6.80	42.93	<b>15.84</b>

Nota: En la figura visualizamos los resultados del ensayo realizado en laboratorio según las muestras analizadas.

Figura 31

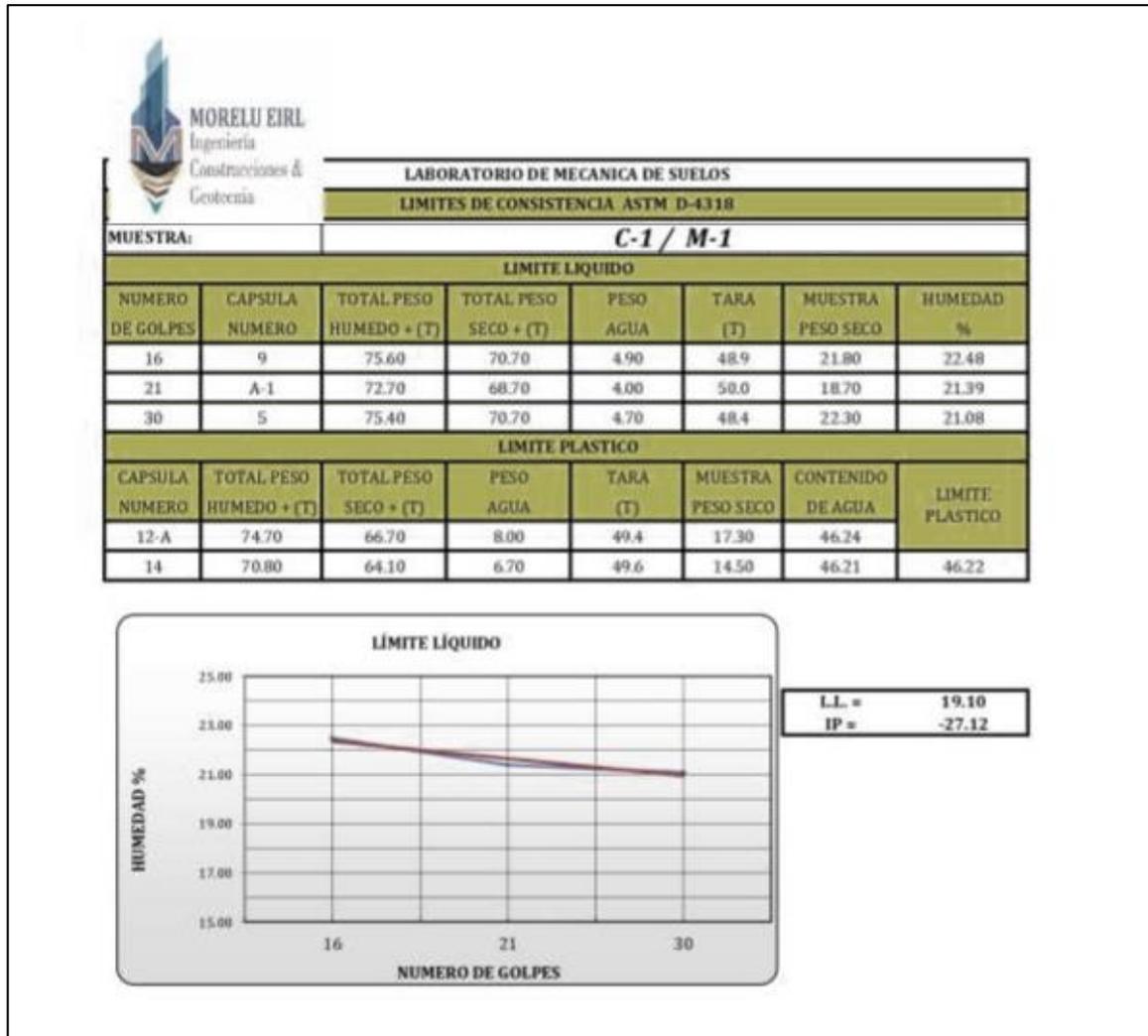
Límites de consistencia C-1 M-1



Nota: En la figura visualizamos los resultados del ensayo realizado en laboratorio según las muestras analizadas.

Figura 32

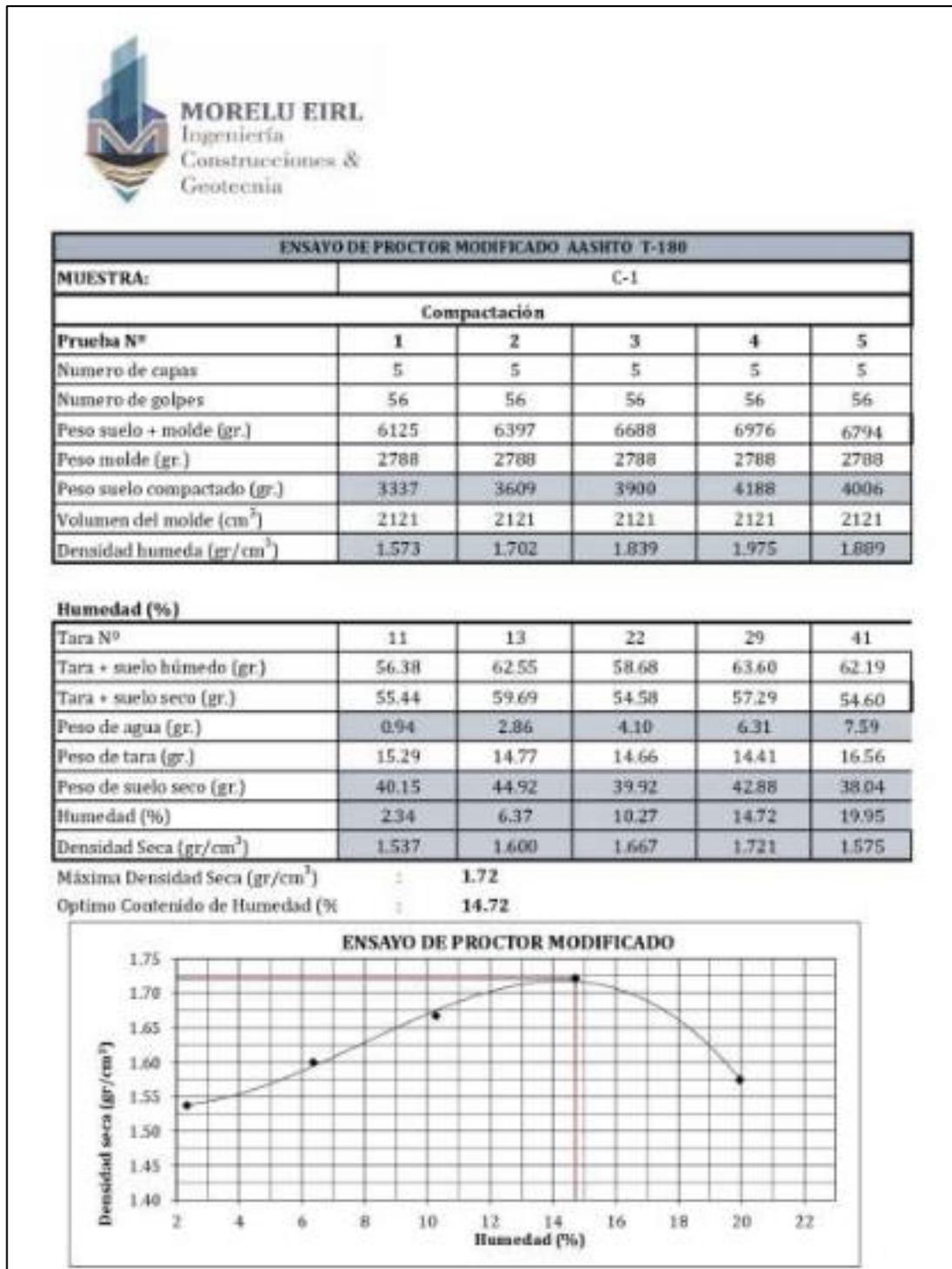
Límites de consistencia de la muestra C-1 M-1



Nota: En la figura visualizamos los resultados del ensayo realizado en laboratorio según las muestras analizadas.

Figura 33

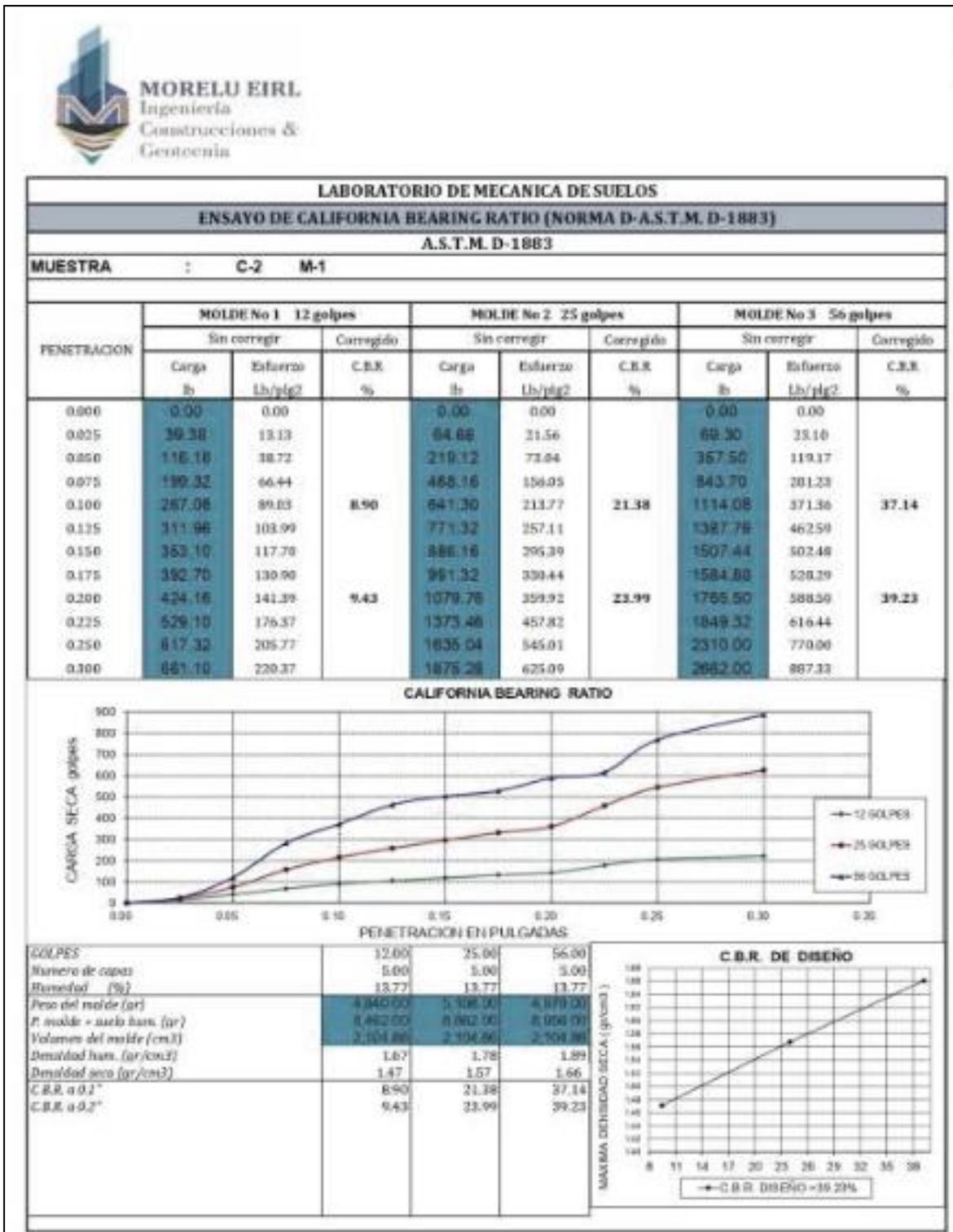
Ensayo de Proctor modificado muestra C-1



Nota: En la figura visualizamos los resultados del ensayo realizado en laboratorio según las muestras analizadas.

Figura 34

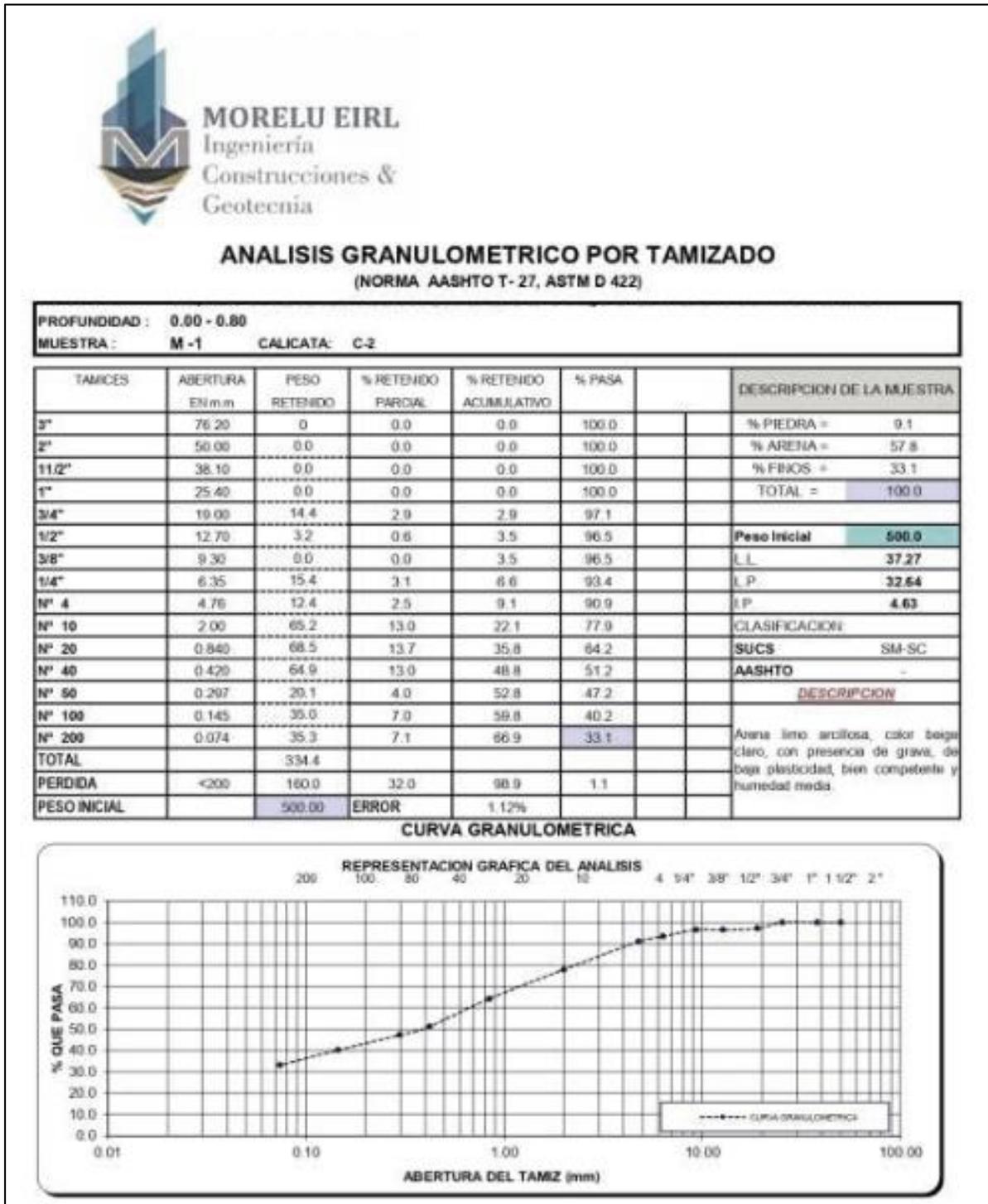
Ensayo CBR de la muestra C-2 M-1



Nota: En la figura visualizamos los resultados del ensayo realizado en laboratorio según las muestras analizadas.

Figura 35

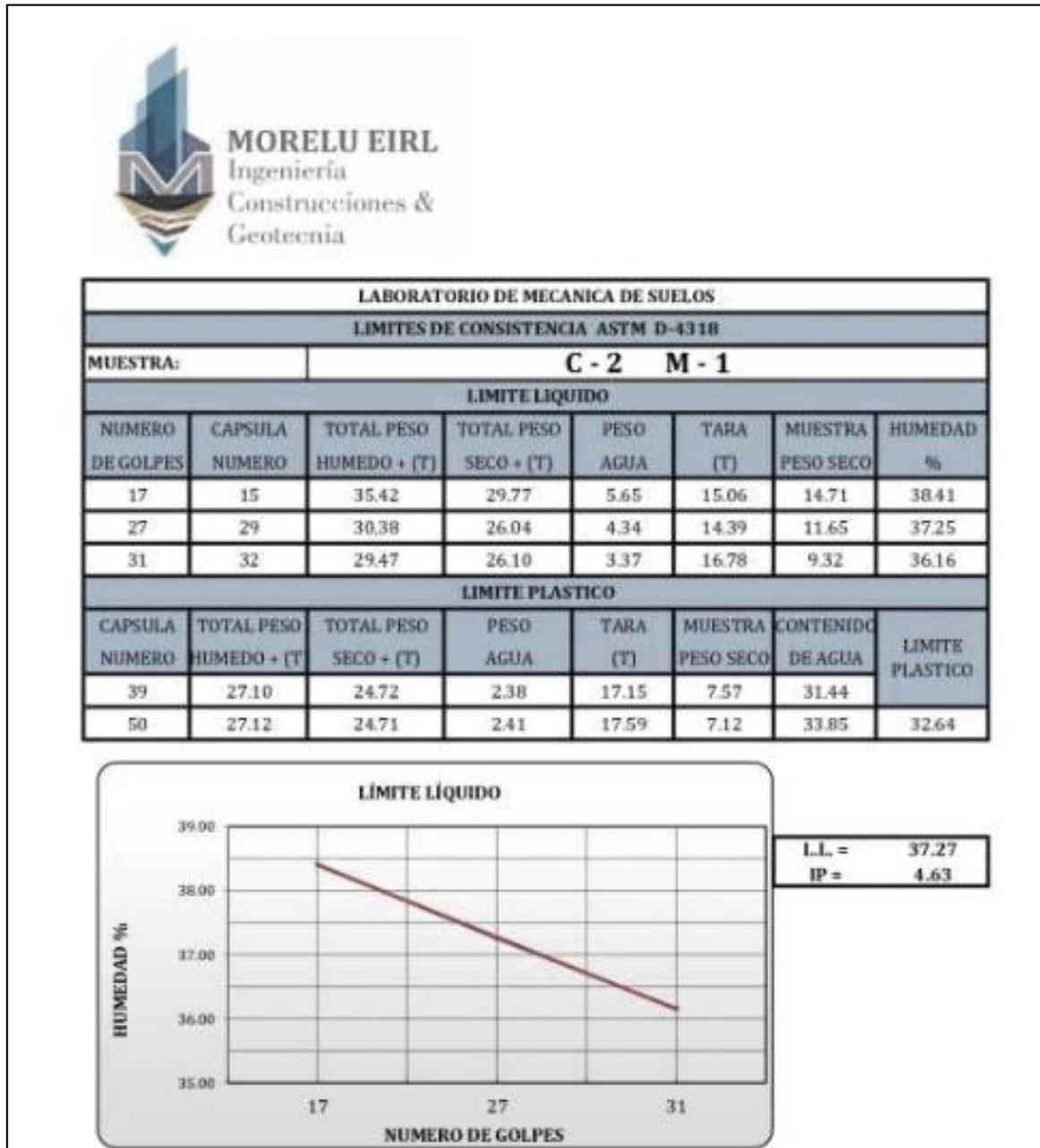
Análisis granulométrico por tamizado de la muestra M-1 C-2



Nota: En la figura visualizamos los resultados del ensayo realizado en laboratorio según las muestras analizadas.

Figura 36

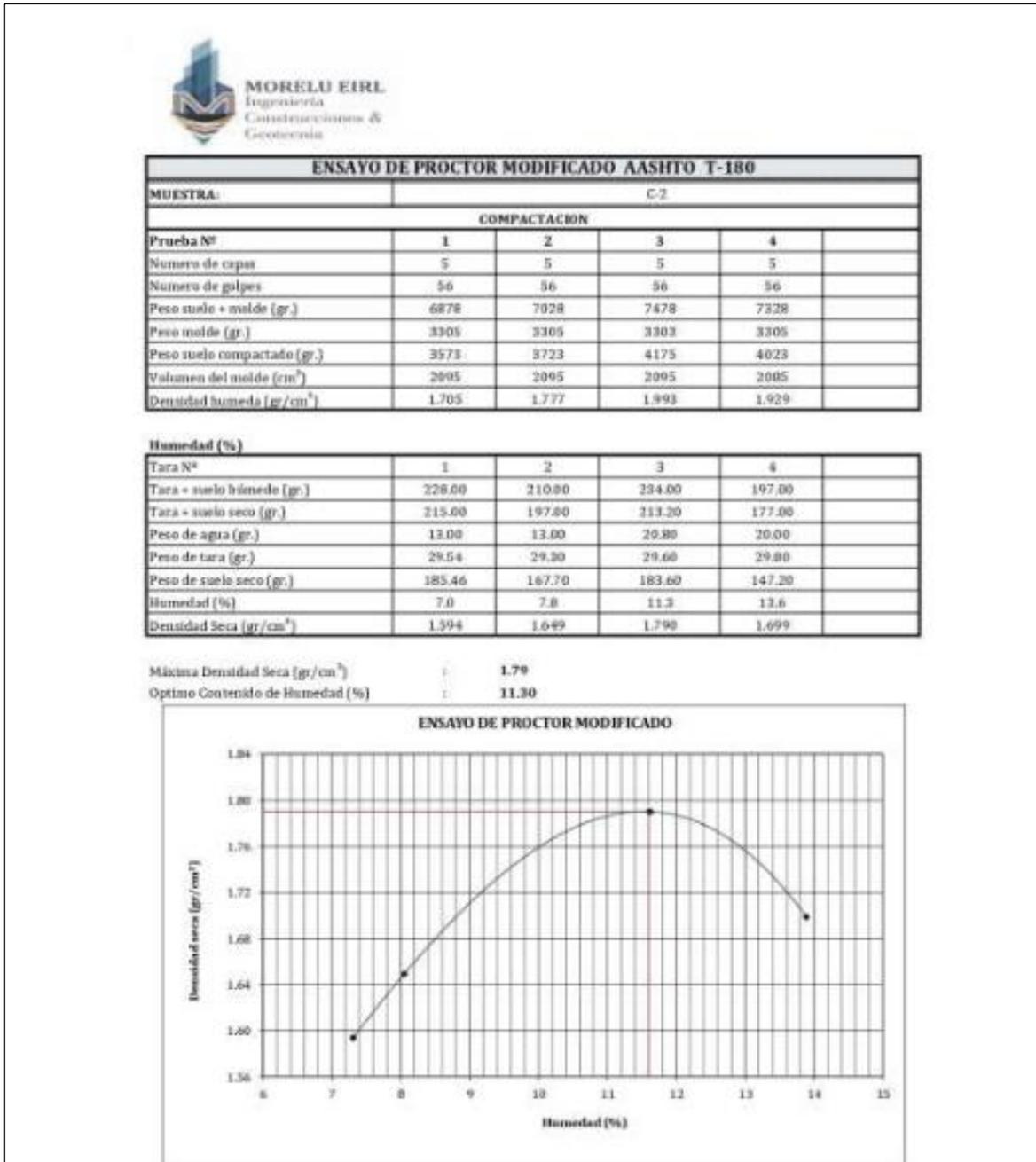
Límites de consistencia de la muestra C-2 M-1



Nota: En la figura visualizamos los resultados del ensayo realizado en laboratorio según las muestras analizadas.

Figura 37

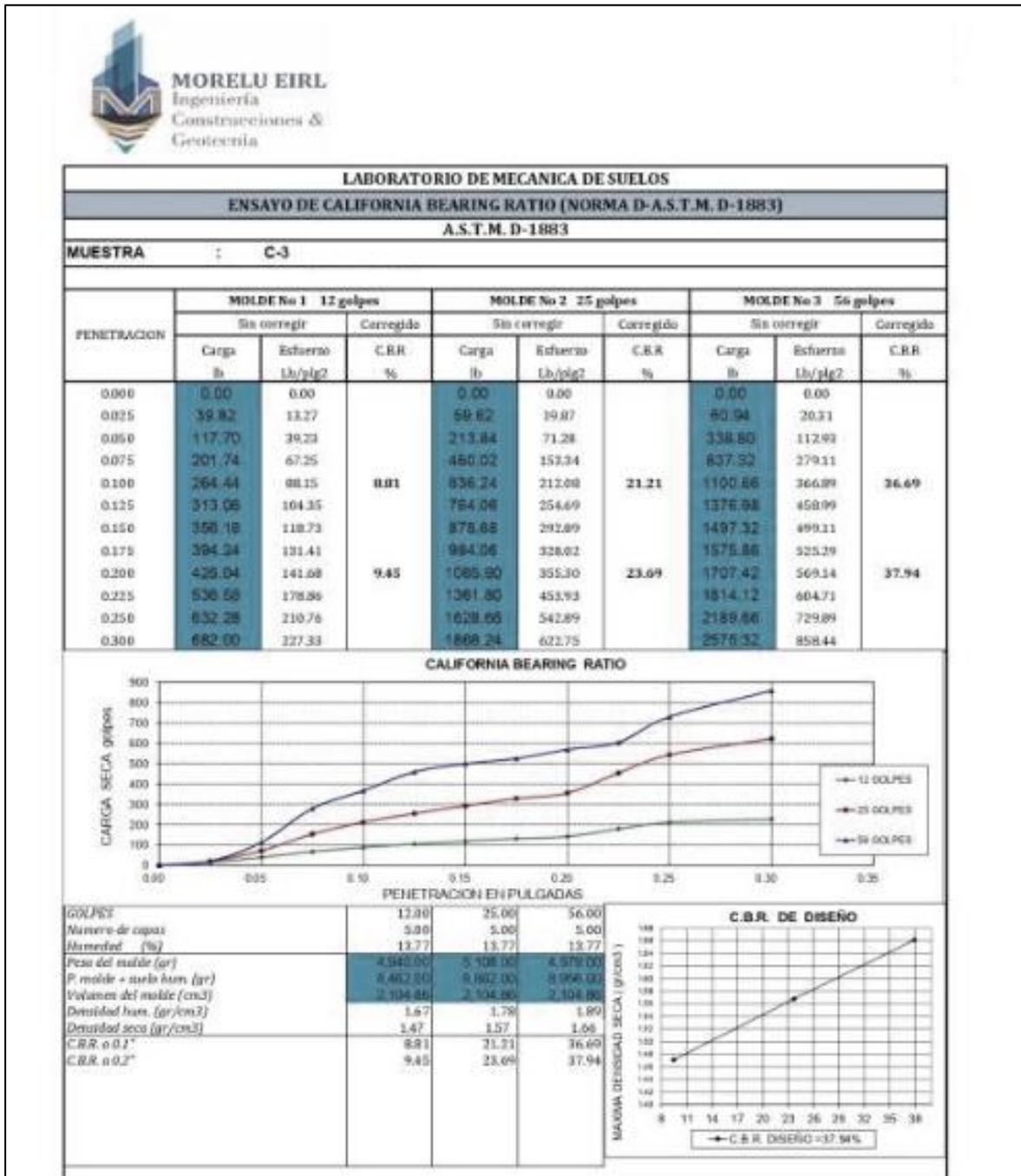
Ensayo Proctor modificado de la muestra C-2



Nota: En la figura visualizamos los resultados del ensayo realizado en laboratorio según las muestras analizadas.

Figura 38

Ensayo CBR de la muestra C-3



Nota: En la figura visualizamos los resultados del ensayo realizado en laboratorio según las muestras analizadas.

Figura 39

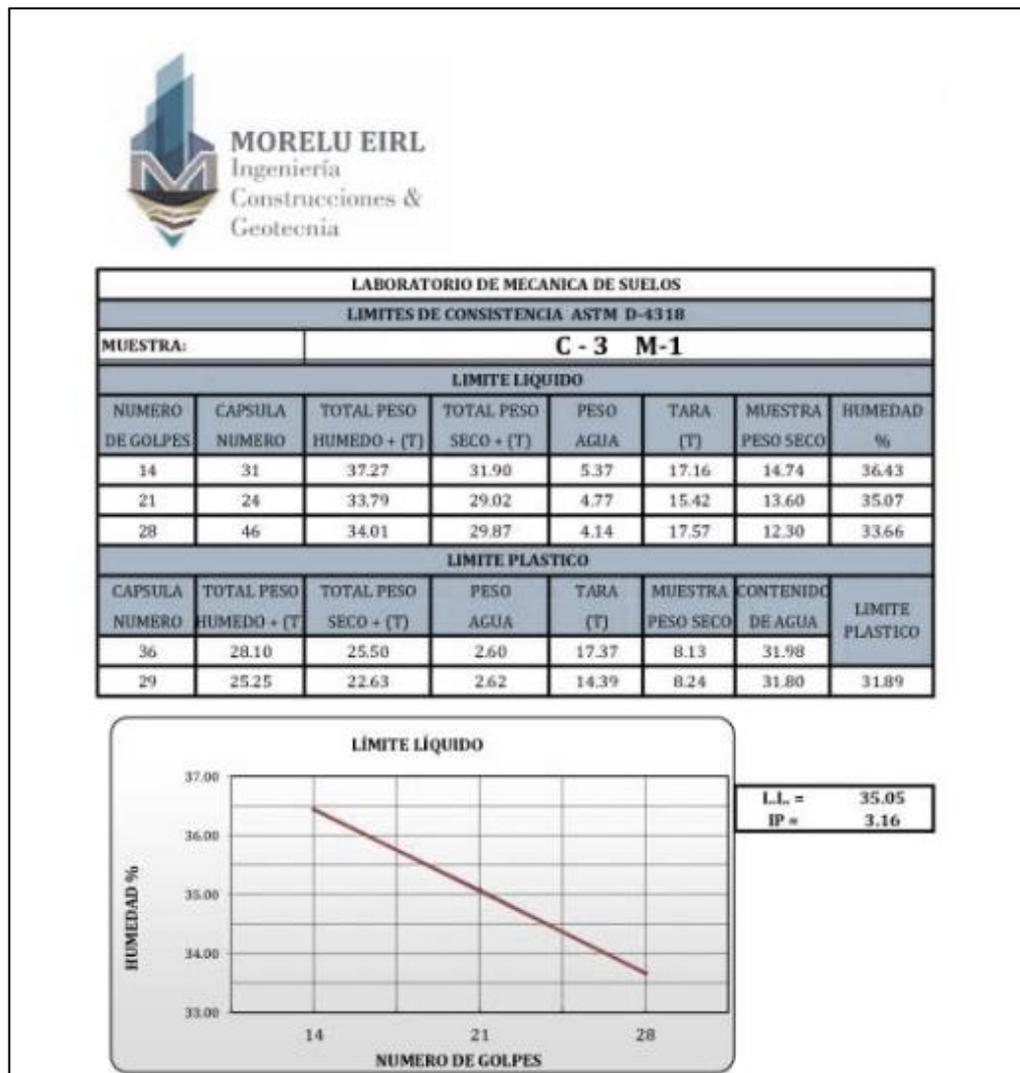
Análisis granulométrico de la muestra M-1 C-3



Nota: En la figura visualizamos los resultados del ensayo realizado en laboratorio según las muestras analizadas.

Figura 40

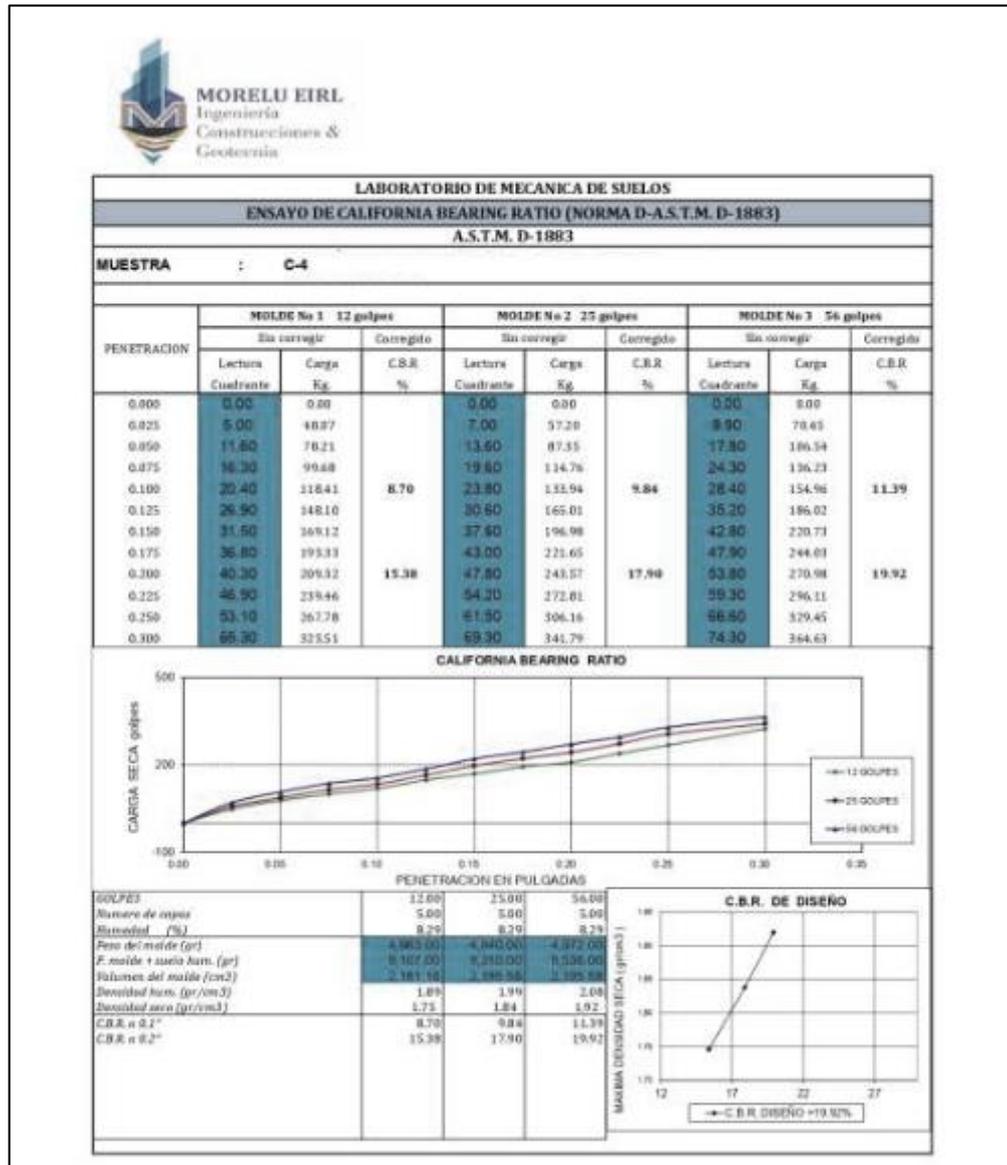
Límites de consistencia de la muestra C-3 M-1



Nota: En la figura visualizamos los resultados del ensayo realizado en laboratorio según las muestras analizadas.

Figura 41

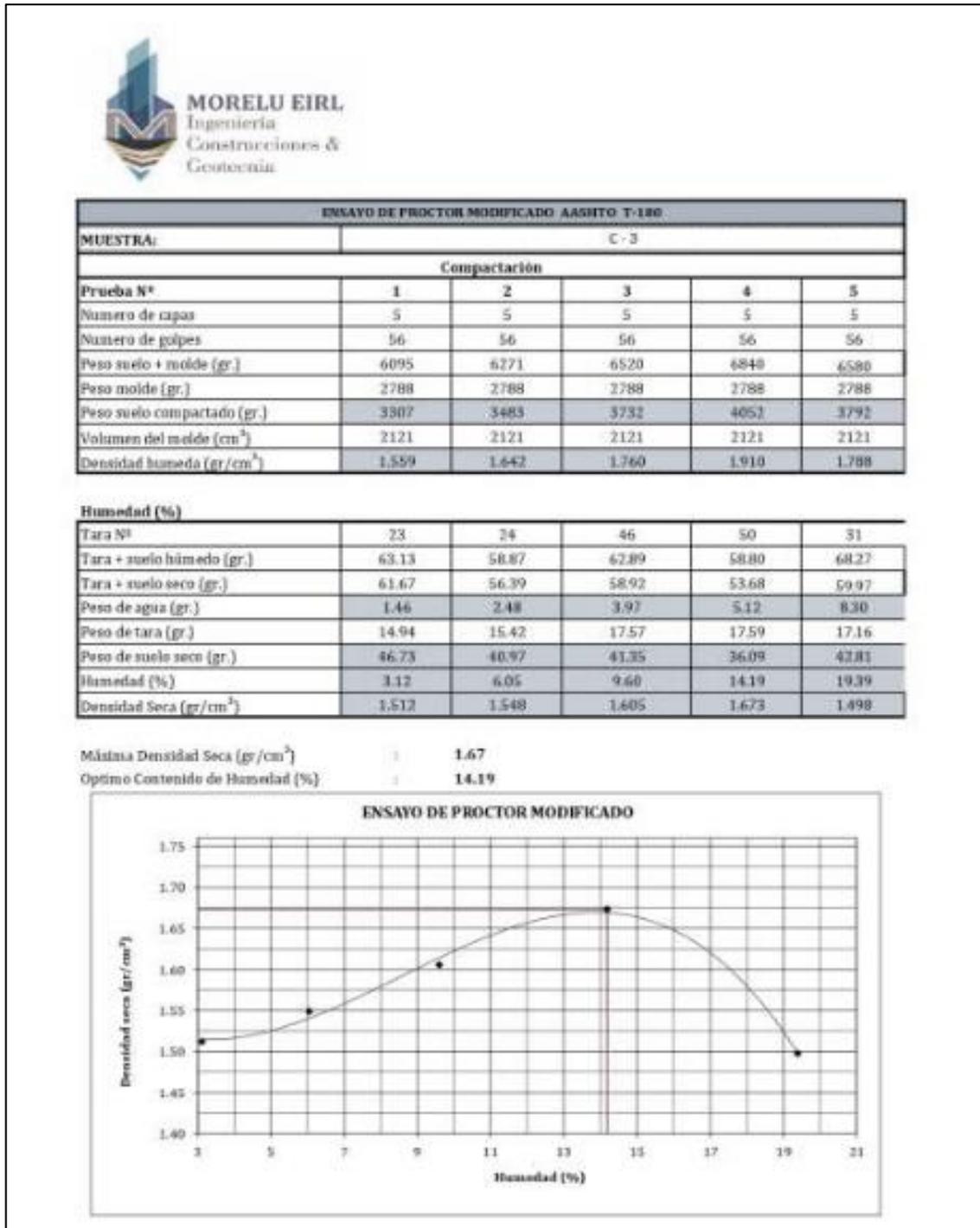
Ensayo CBR de la muestra C-4



Nota: En la figura visualizamos los resultados del ensayo realizado en laboratorio según las muestras analizadas.

Figura 42

Ensayo Proctor modificado C-3



Nota: En la figura visualizamos los resultados del ensayo realizado en laboratorio según las muestras analizadas.

Figura 43

Análisis granulométrico por tamizado de la muestra M-1 C-4



Nota: En la figura visualizamos los resultados del ensayo realizado en laboratorio según las muestras analizadas.

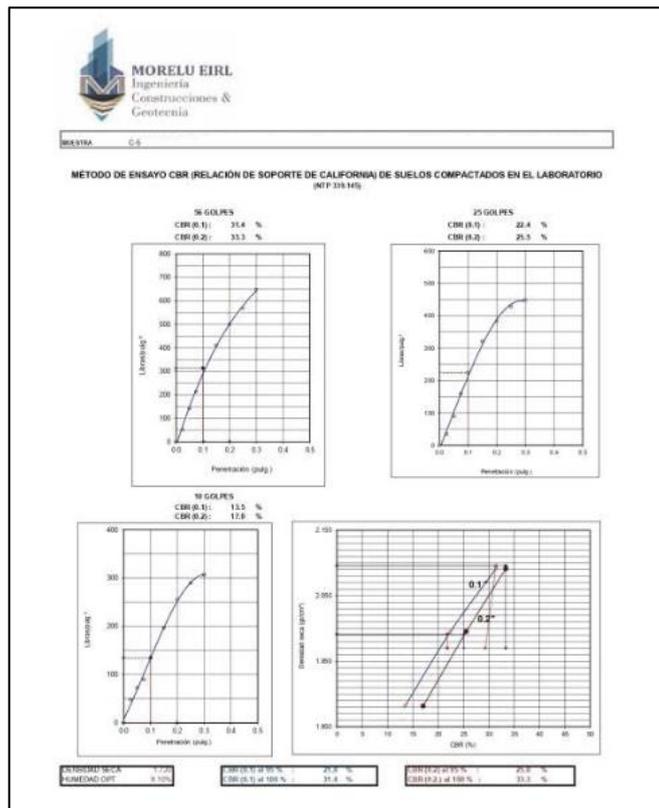
Figura 44

Contenido de humedad natural

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS						
CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL - NORMA: ASTM D-2216						
Calicata N°	C-1	C-1	C-1	C-2	C-3	C-3
Estrato	E-1	E-2	E-3	E-1	E-1	E-2
Profundidad	0.00 - 0.40M	0.40 - 0.80M	0.80 - 1.20M	0.60 - 1.70M	0.30 - 0.50M	0.50 - 1.70M
Tara + Suelo Húmedo (gr.)	37.70	32.6	72.7	45.40	36.90	33.90
Tara + Suelo Seco (gr.)	37.60	32.2	70.7	42.30	36.50	32.80
Peso de Agua (gr.)	2.10	0.50	2.00	3.10	0.40	1.10
Peso de Tara (gr.)	15.00	14.8	50.8	14.70	15.30	14.80
Peso de Suelo Seco (gr.)	22.60	17.30	19.90	27.60	21.20	18.00
Humedad (%)	9.29	2.89	10.05	11.23	1.89	6.11

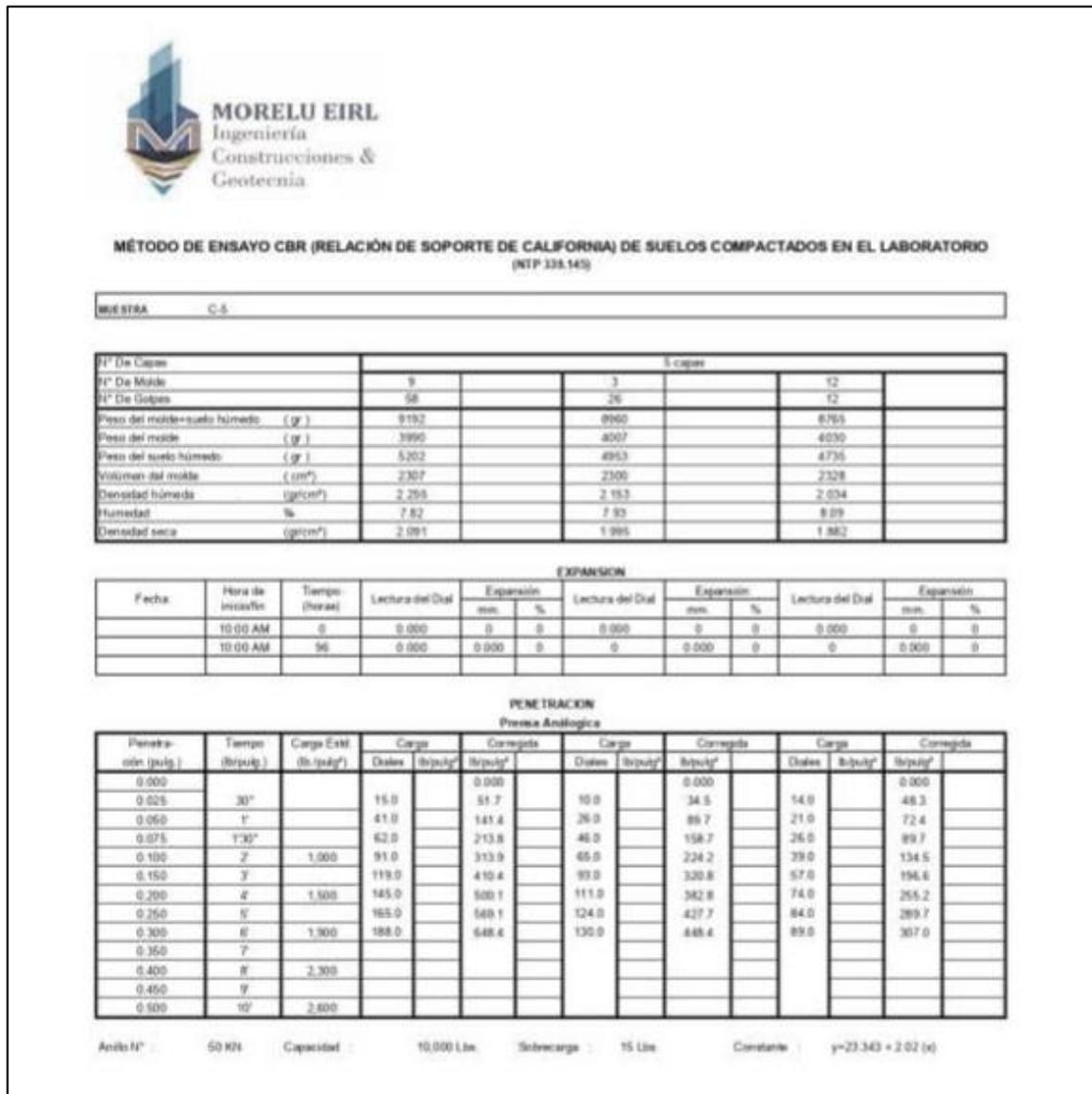
Nota: En la figura visualizamos los resultados del ensayo realizado en laboratorio según las muestras analizadas.

Figura 45 Relación de soporte de California de suelos compactados



Nota: En la figura visualizamos los resultados del ensayo realizado en laboratorio según las muestras analizadas.

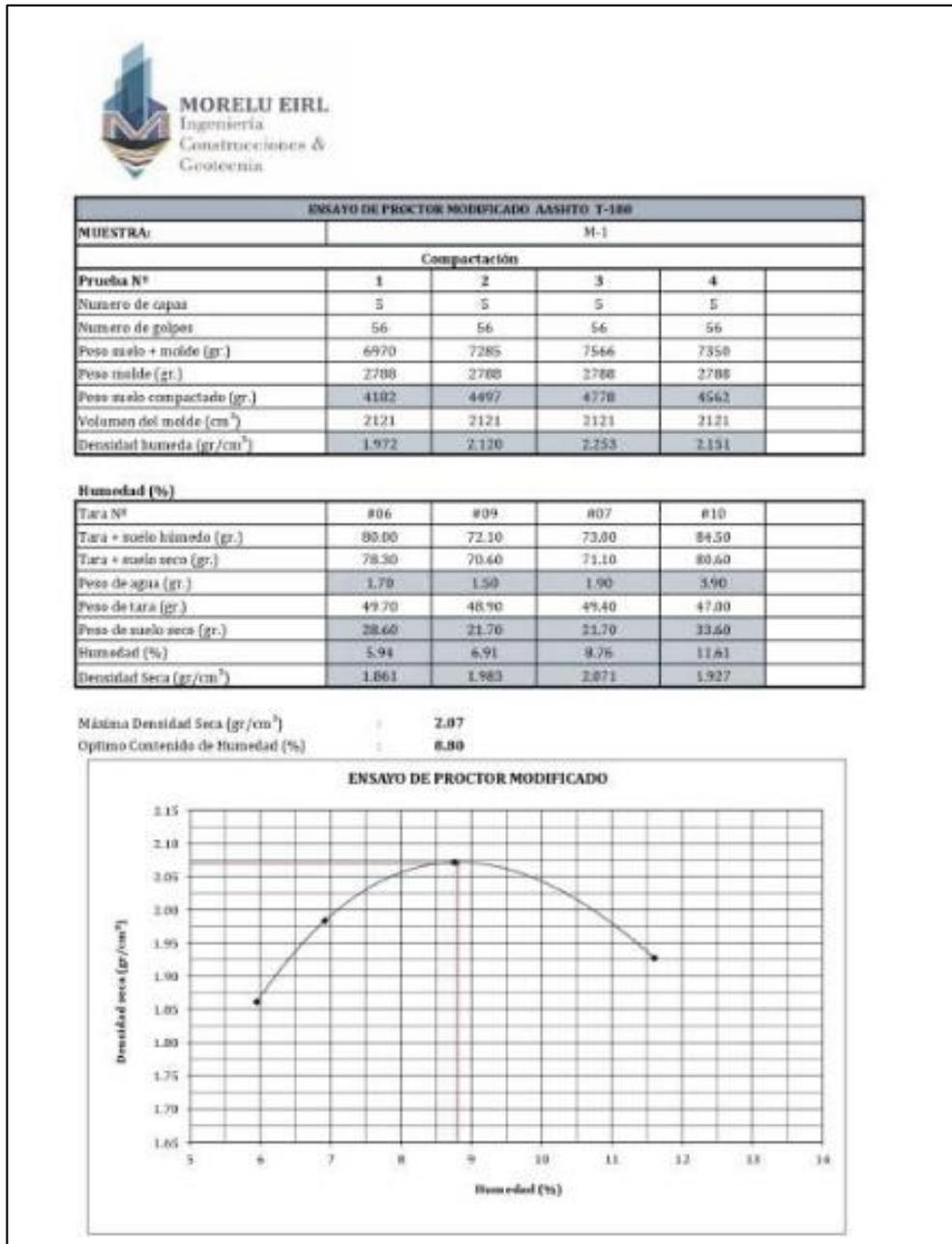
Figura 46 Relación de soporte de California de suelos compactados



Nota: En la figura visualizamos los resultados del ensayo realizado en laboratorio según las muestras analizadas.

Figura 47

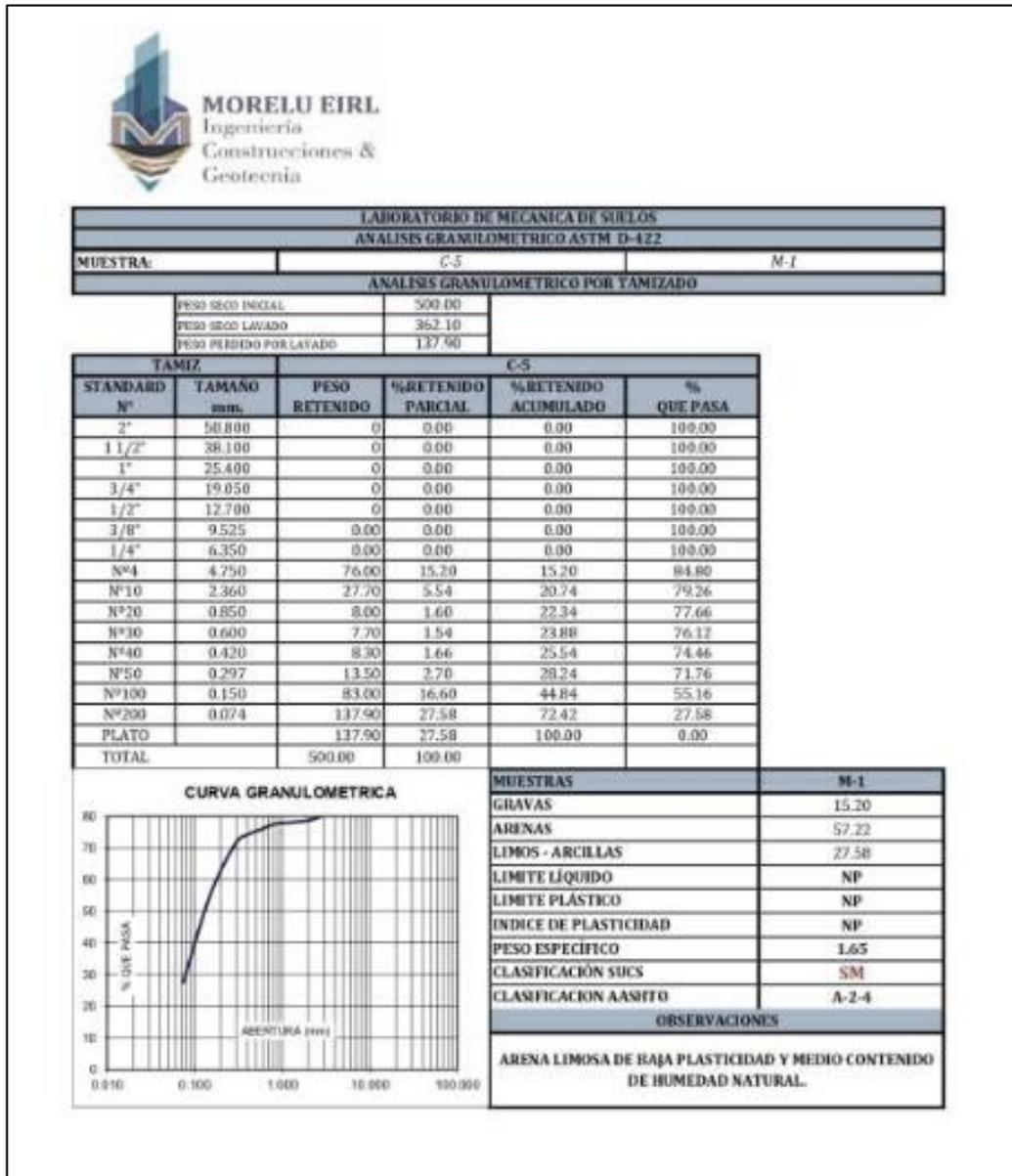
Ensayo de Proctor modificado de la muestra M-1



Nota: En la figura visualizamos los resultados del ensayo realizado en laboratorio según las muestras analizadas.

Figura 48

Análisis granulométrico de la muestra C-5 M-1



Nota: En la figura visualizamos los resultados del ensayo realizado en laboratorio según las muestras analizadas.

Figura 49

Contenido de humedad natural



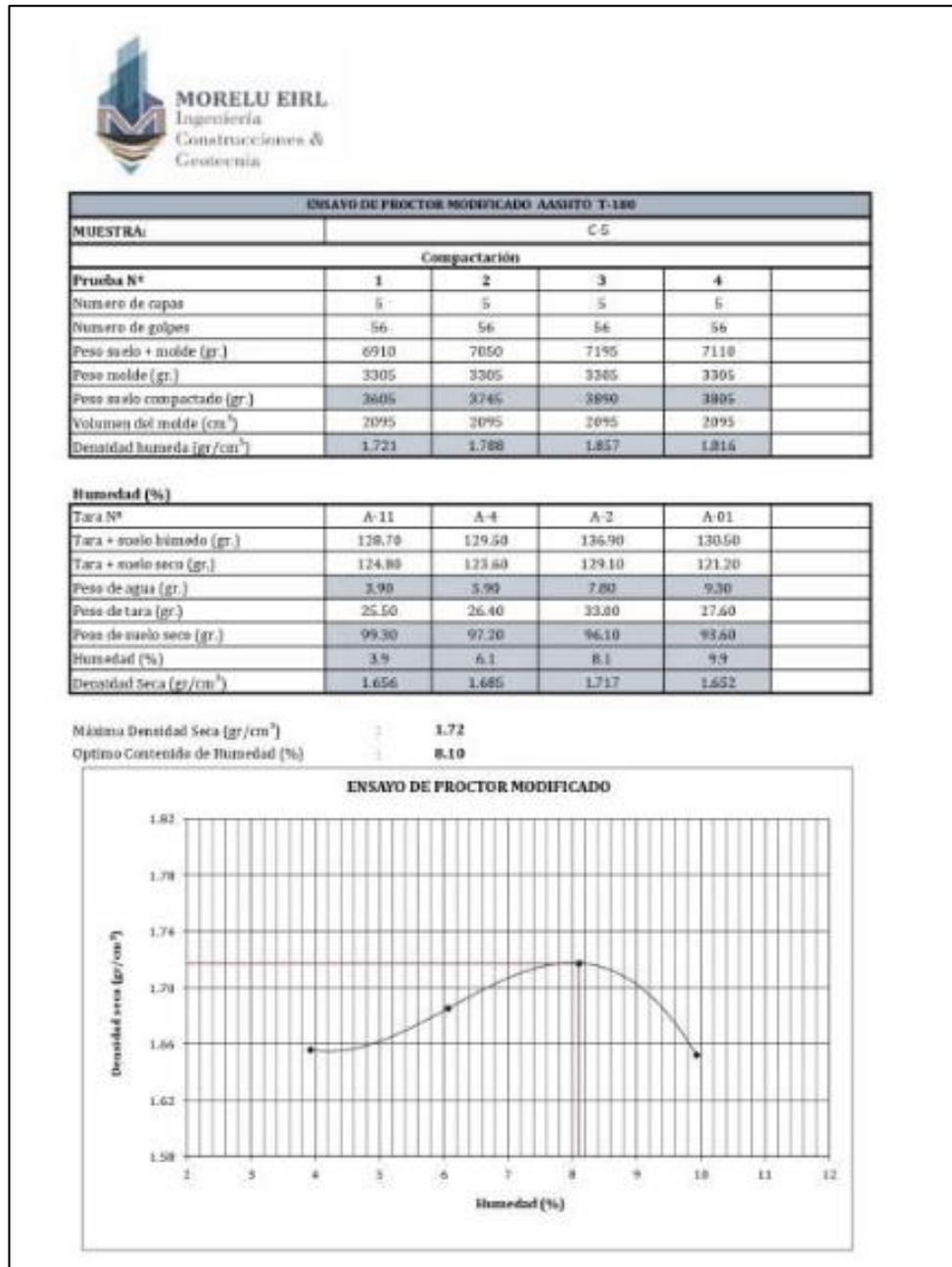
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**  
**CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL - NORMA: ASTM D-2216**

Calicata N°	C-1	C-2	C-3
Estrato	E-1	E-1	E-1
Profundidad	0.35 - 1.50M	0.20 - 1.50M	0.30 - 1.50M
Tara + Suelo Húmedo (gr.)	129.00	112.10	94.50
Tara + Suelo Seco (gr.)	117.30	101.40	92.30
Peso de Agua (gr.)	11.70	10.70	2.20
Peso de Tara (gr.)	50.90	28.60	49.60
Peso de Suelo Seco (gr.)	66.40	72.80	42.70
Humedad (%)	17.62	14.70	5.15

Nota: En la figura visualizamos los resultados del ensayo realizado en laboratorio según las muestras analizadas.

Figura 50

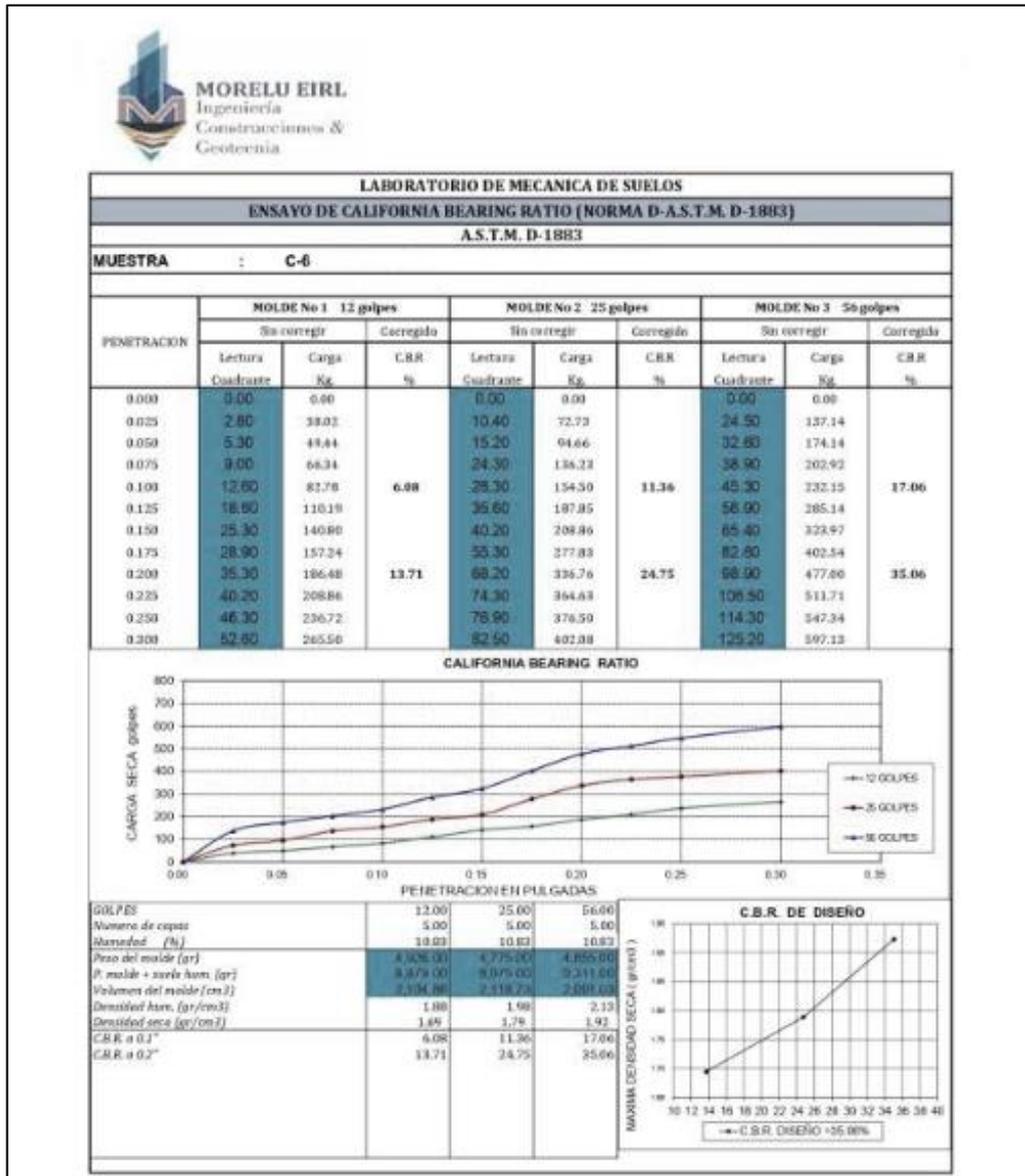
Ensayo de Proctor modificado C-5



Nota: En la figura visualizamos los resultados del ensayo realizado en laboratorio según las muestras analizadas.

Figura 51

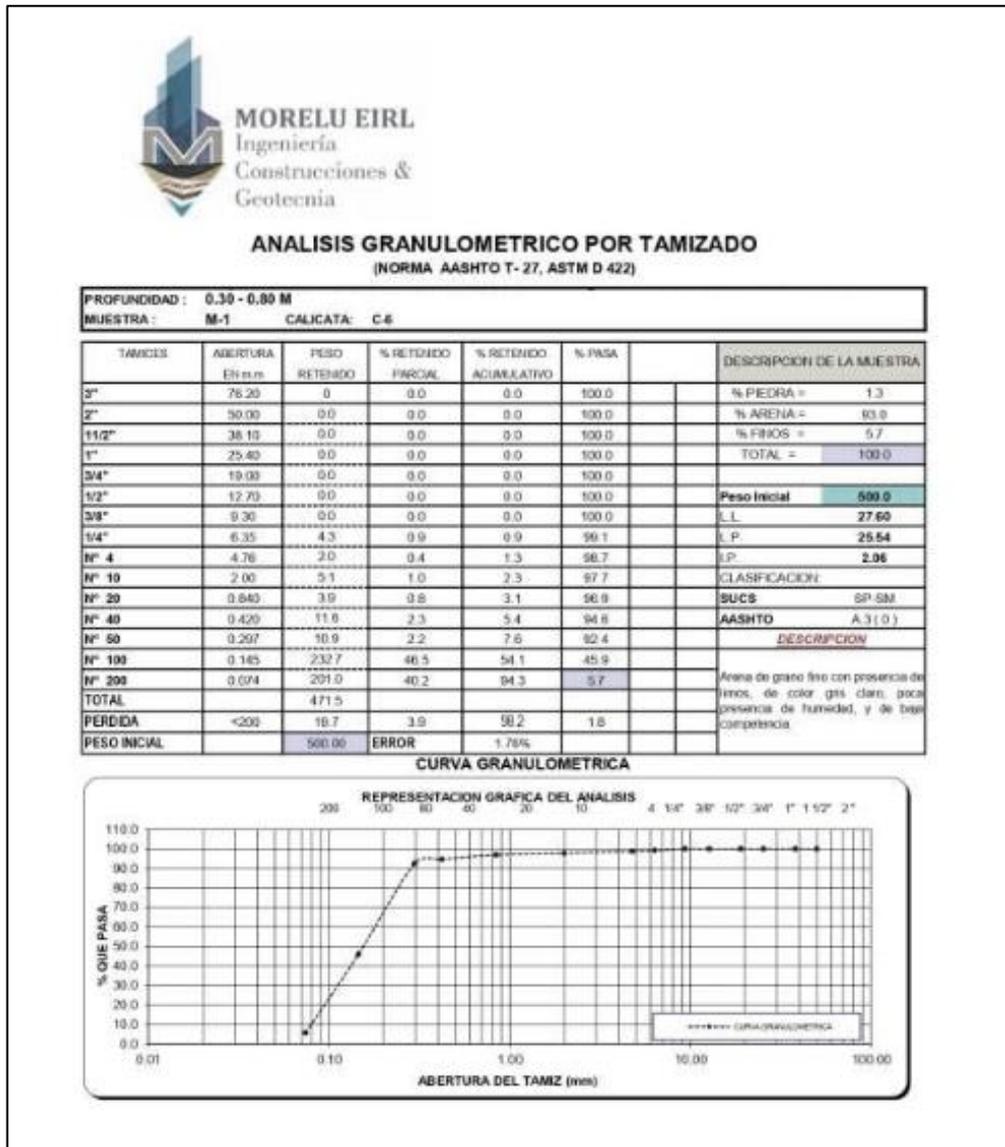
Ensayo CBR de la muestra C-6



Nota: En la figura visualizamos los resultados del ensayo realizado en laboratorio según las muestras analizadas.

Figura 52

Análisis granulométrico por tamizado de la muestra M-1 C-6



Nota: En la figura visualizamos los resultados del ensayo realizado en laboratorio según las muestras analizadas.

Figura 53

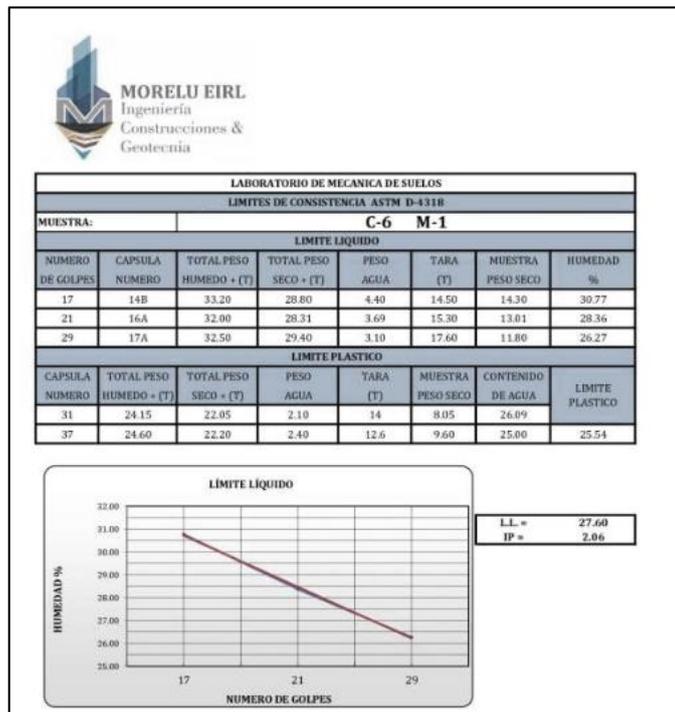
Contenido de Humedad Natural

 **MORELU EIRL**  
Ingeniería  
Construcciones &  
Geotecnia

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS										
CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL - NORMA: ASTM D-2216										
Calicata N°	C-1		C-2		C-3		C-4		C-5	
	E-2	E-2	E-3	E-2	E-1	E-2	E-1	E-2	E-1	E-2
Profundidad	0.65 - 1.50M	0.30 - 0.80M	0.80 - 1.50M	0.20 - 1.50M	0.00 - 0.35M	0.35 - 1.50M	0.00 - 0.40M	0.40 - 1.50M		
Tara + Suelo Húmedo (gr.)	68.60	58.40	54.10	75.20	70.70	67.4	64.3	66.3		
Tara + Suelo Seco (gr.)	68.00	58.00	53.00	71.80	70.10	65.1	61.6	63.9		
Peso de Agua (gr.)	0.60	0.40	1.10	3.40	0.60	2.3	2.7	2.4		
Peso de Tara (gr.)	15.80	14.80	15.30	14.50	14.80	15	14.7	14.8		
Peso de Suelo Seco (gr.)	52.20	43.20	37.70	57.30	55.30	50.1	46.9	49.1		
Humedad (%)	1.15	0.93	2.92	5.93	1.08	4.59	5.76	4.89		

Nota: En la figura visualizamos los resultados del ensayo realizado en laboratorio según las muestras analizadas.

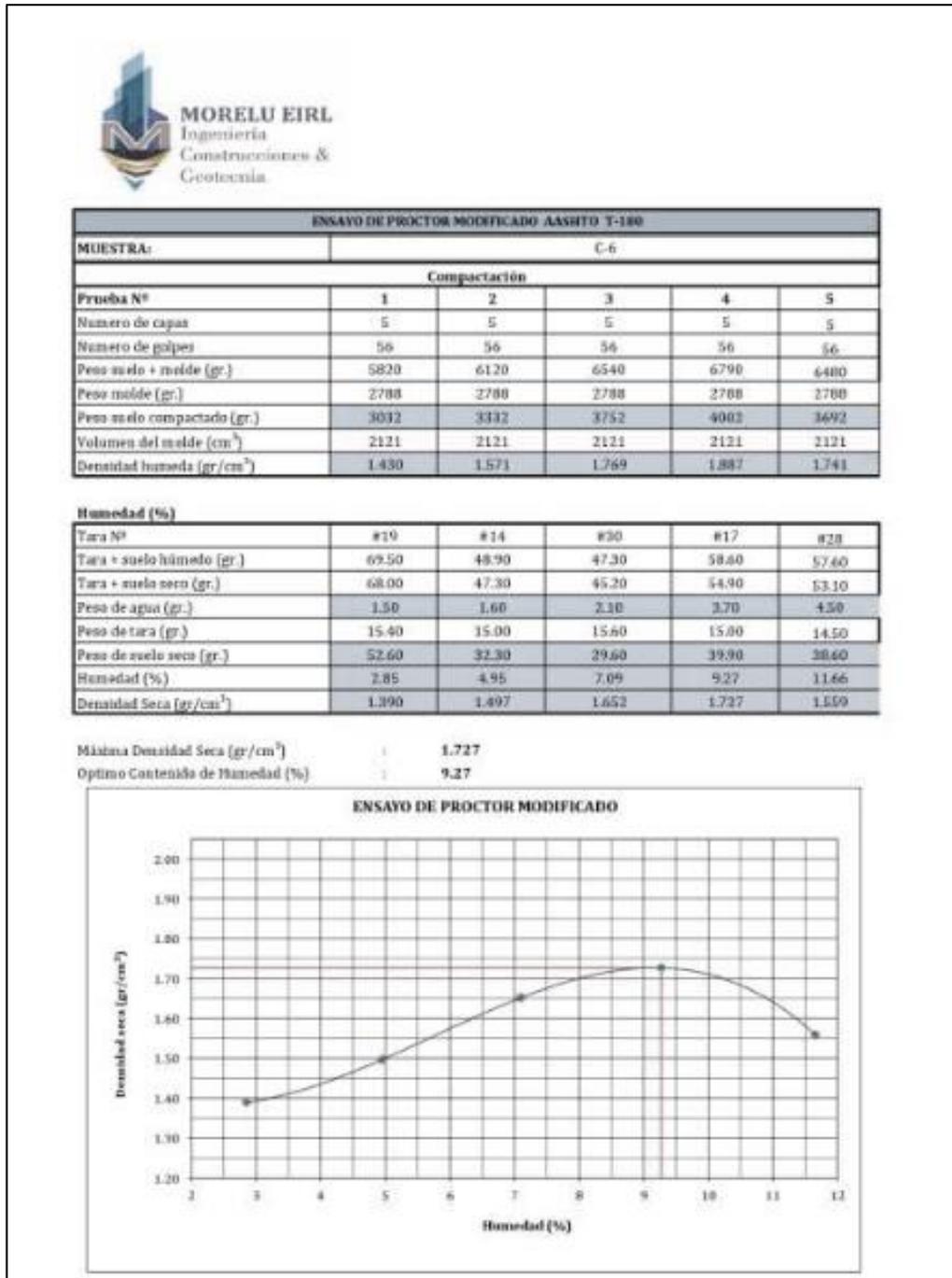
Figura 54 Límites de consistencia de la muestra C-6 M-1



Nota: En la figura visualizamos los resultados del ensayo realizado en laboratorio según las muestras analizadas.

Figura 55

Ensayo de Proctor modificado de la muestra C-6



Nota: En la figura visualizamos los resultados del ensayo realizado en laboratorio según las muestras analizadas.

*Figura 56*

*Visita a campo para el conteo de vehículos en la vía de estudio*



Nota: En la figura visualizamos un sector del tramo de la vía en el cual contabilizamos los vehículos mediante un formato de recolección de datos.

*Figura 57*

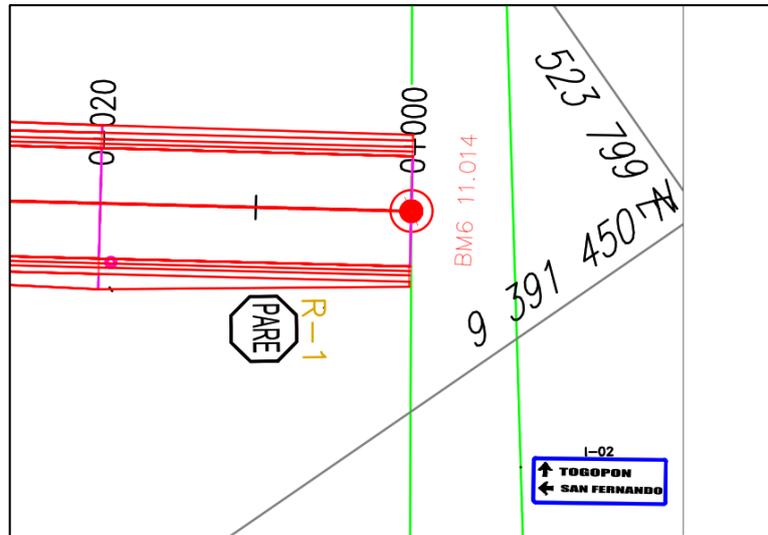
*Identificación y Medición de la vía*



Nota: En la figura visualizamos la visita a campo para realizar las mediciones de la vía en estudio.

Figura 58

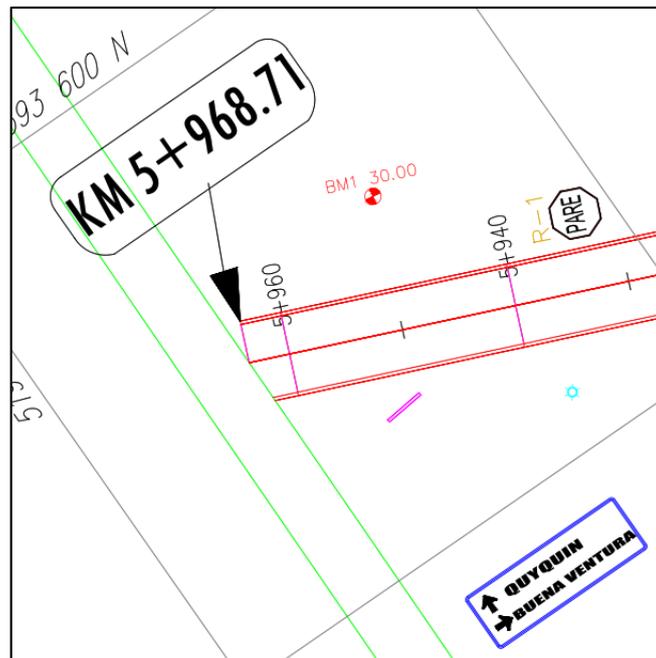
Inicio del Tramo Progresiva 0+000



Nota: En la figura visualizamos el inicio del tramo de la vía en estudio, progresiva 0+000.

Figura 59

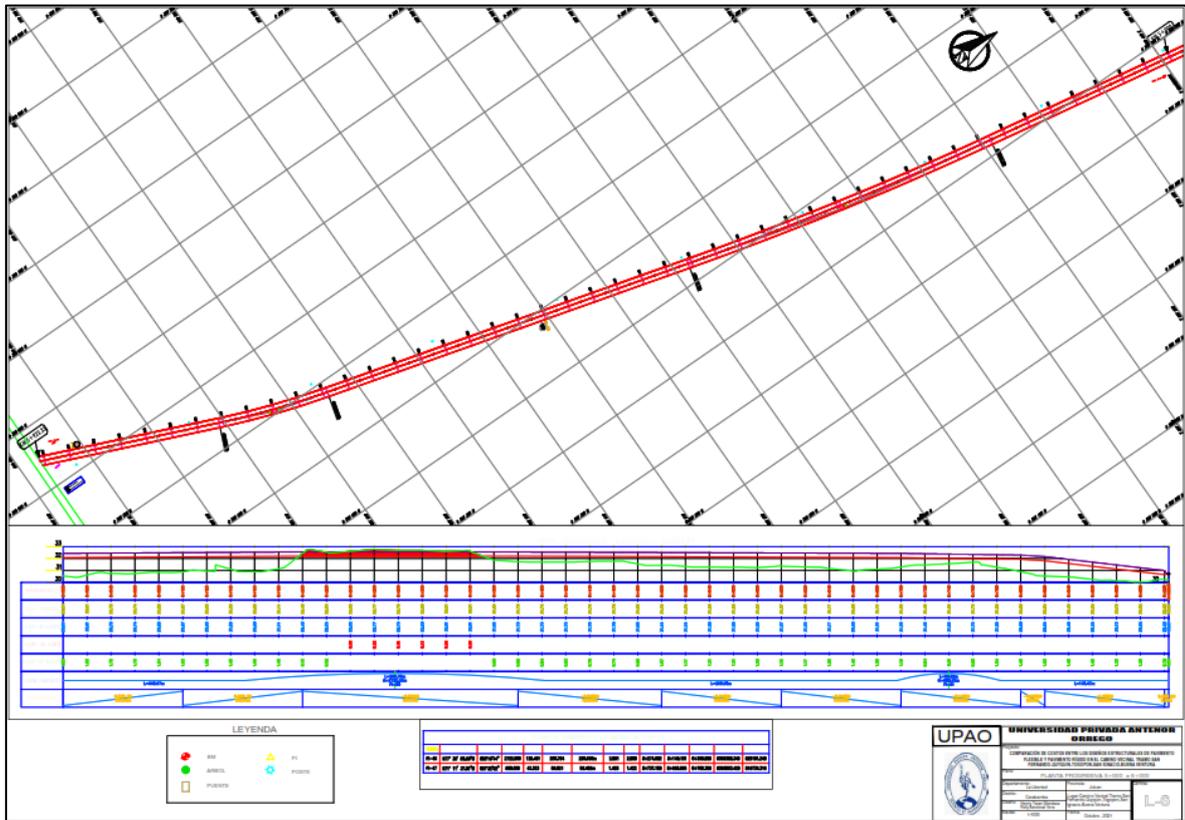
Fin del Tramo Progresiva 5+968.71



Nota: En la figura visualizamos el fin del tramo de la vía en estudio, progresiva 5+968.71.

Figura 60

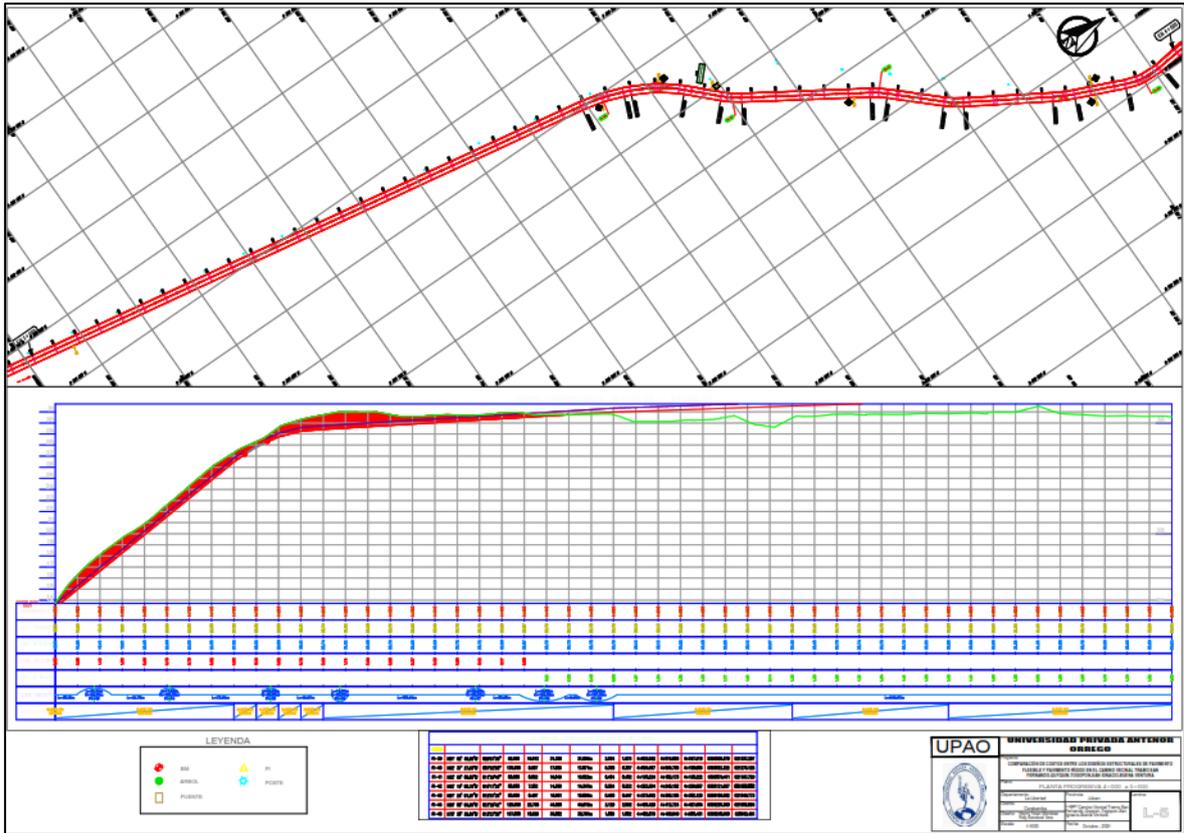
Plano de Planta entre las progresivas 5+000 a 6+000



Nota: En la figura observamos el plano en planta de la vía en estudio entre las progresivas 5+000 a 6+000.

Figura 61

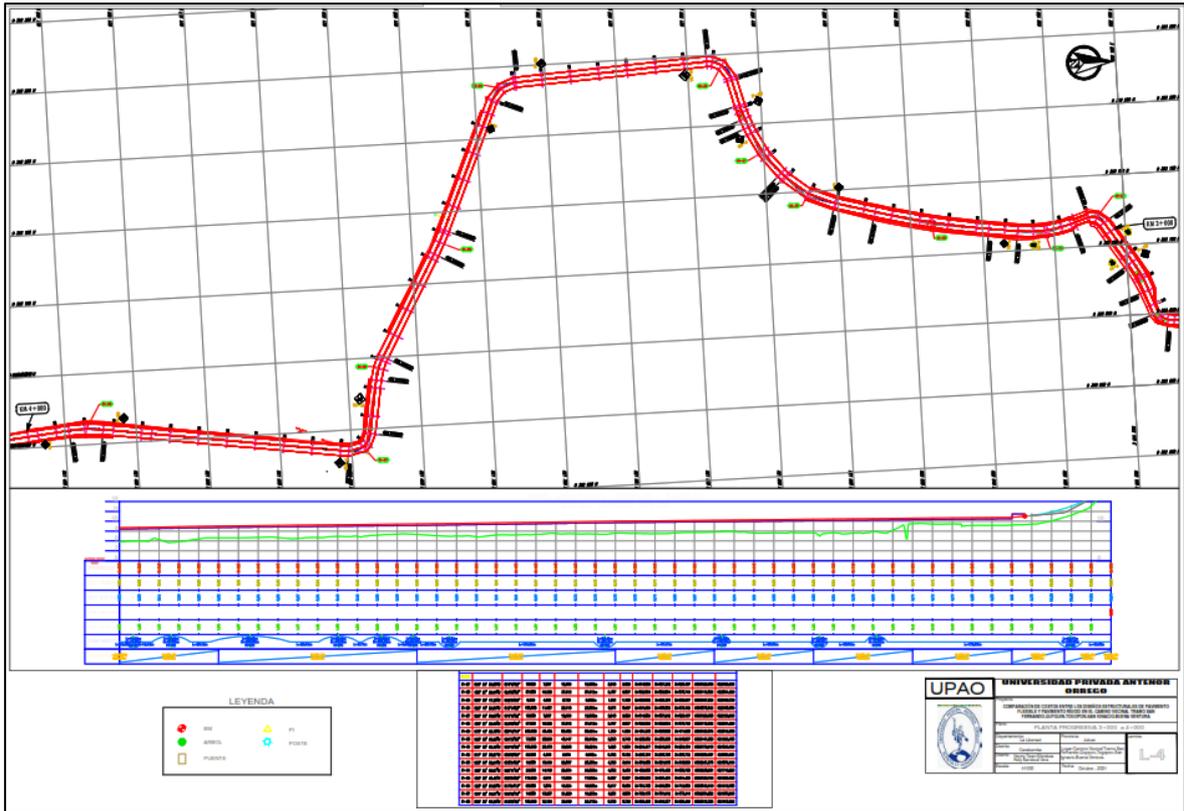
Plano de Planta entre las progresivas 4+000 a 5+000



Nota: En la figura observamos el plano en planta de la vía en estudio entre las progresivas 4+000 a 5+000.

Figura 62

Plano de Planta entre las progresivas 3+000 a 4+000

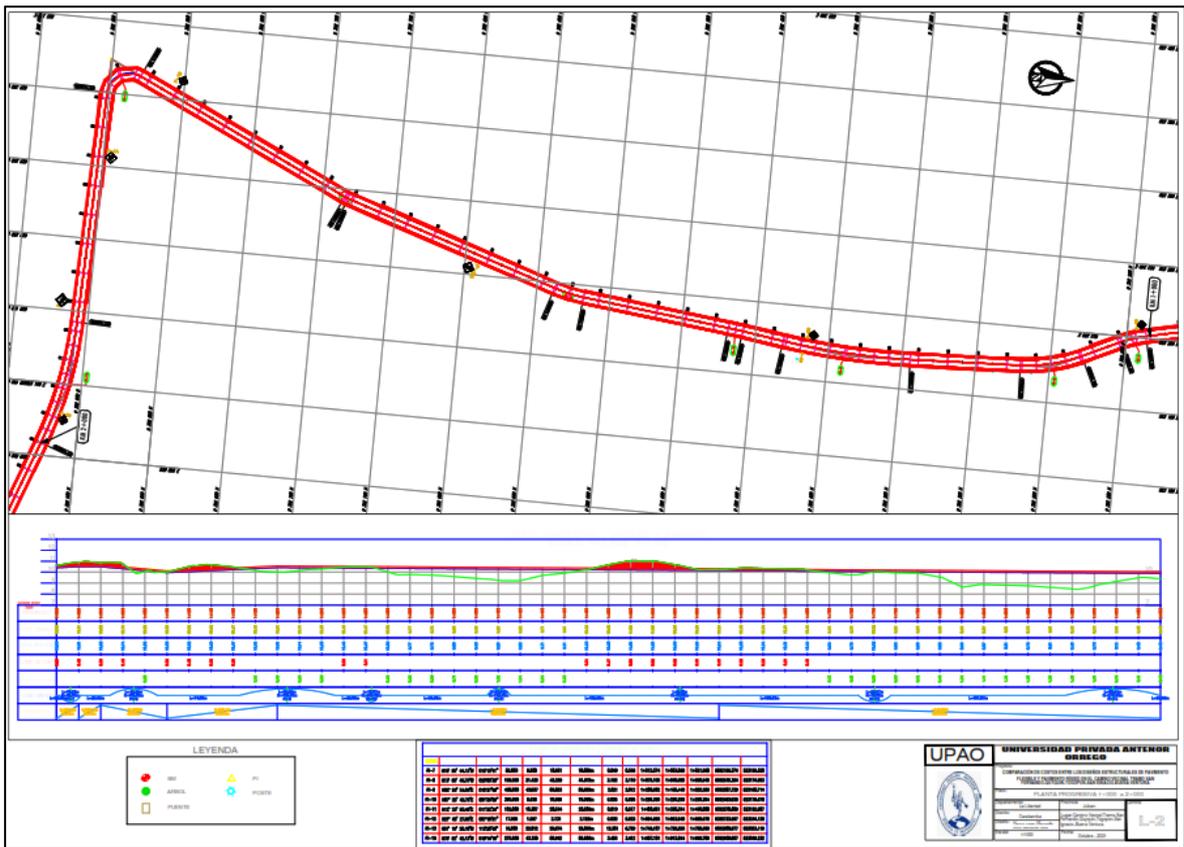


Nota: En la figura observamos el plano en planta de la vía en estudio entre las progresivas 3+000 a 4+000.

Figura 63

Plano de Planta entre las progresivas 2+000 a 3+000

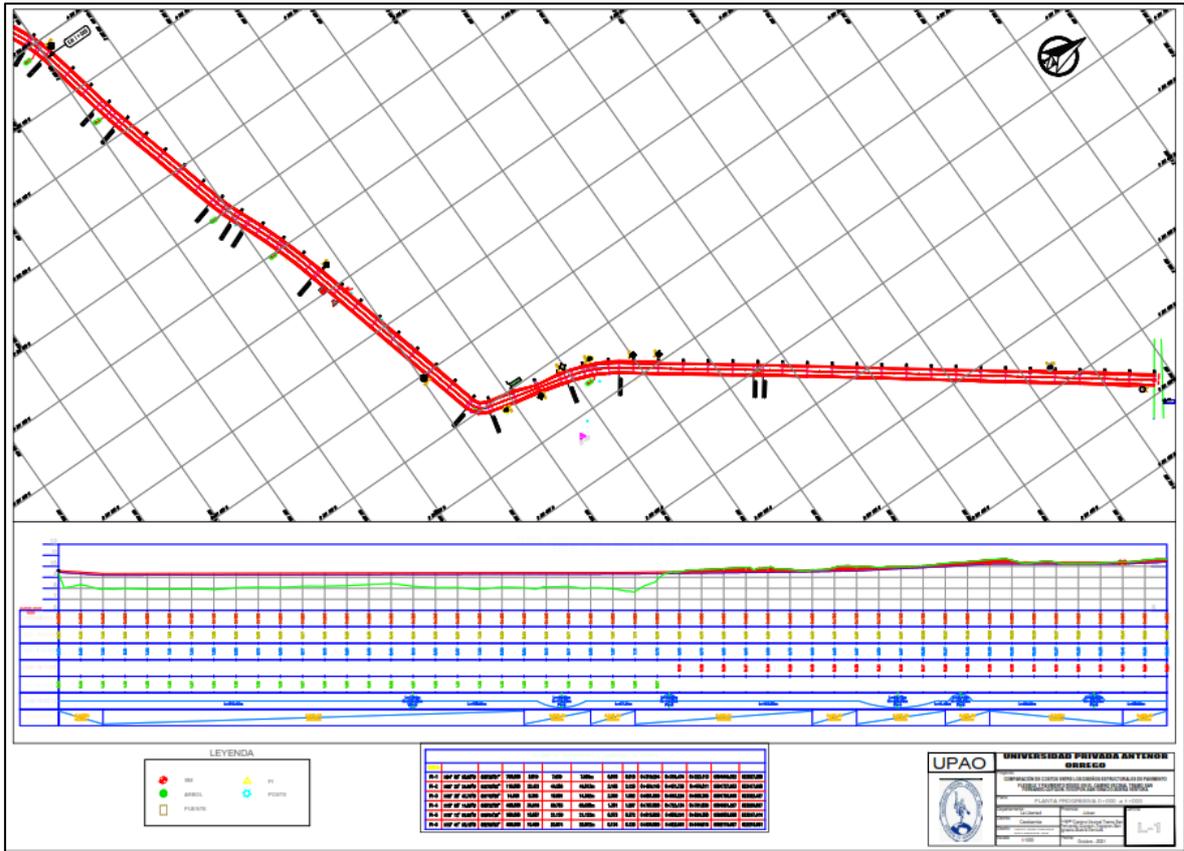




Nota: En la figura observamos el plano en planta de la vía en estudio entre las progresivas 1+000 a 2+000.

Figura 65

Plano de Planta entre las progresivas 0+000 a 1+000



Nota: En la figura observamos el plano en planta de la vía en estudio entre las progresivas 0+000 a 1+000.

Figura 66

Resolución de Aprobación e Inscripción del Proyecto de Tesis

 **UPAO** | Facultad de Ingeniería

Trujillo, 14 de setiembre de 2021

**RESOLUCIÓN N° 1570-2021-FI-UPAO**

**VISTO**, el informe favorable del Jurado Evaluador del Proyecto de Tesis, titulado: “**COMPARACIÓN DE COSTOS ENTRE LOS DISEÑOS ESTRUCTURALES DE PAVIMENTO FLEXIBLE Y PAVIMENTO RÍGIDO EN EL CAMINO VECINAL TRAMO SAN FERNANDO-QUYQUIN-TOGOPON-SAN IGNACIO-BUENA VENTURA**”, de los Bachilleres: **HENRRY LEONEL TERAN MENDOZA y ROLLY JERSON SANDOVAL VERA**, de la Carrera Profesional de Ingeniería Civil, y;

**CONSIDERANDO:**

Que, el Jurado Evaluador conformado por los señores docentes: **Ing. TITO ALFREDO BURGOS SARMIENTO**, Presidente; **Ing. MANUEL ALBERTO VERTIZ MALABRIGO**, Secretario; **Ing. JORGE VEGA BENITES**, Vocal; han revisado el Proyecto de Tesis, encontrándolo conforme;

Que, el Proyecto de Tesis ha sido elaborado conforme a las exigencias prescritas por el Reglamento de Grados y Títulos de Pregrado de la Universidad, el mismo que fue sometido a evaluación por el mencionado jurado evaluador, quien por acuerdo unánime recomendó su aprobación, tal como se desprende del informe elevado a la Facultad de Ingeniería;

Que, de acuerdo al Artículo 28° del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad, el Proyecto de Tesis se inscribe en el libro de proyectos de tesis a cargo de la Secretaría Académica de la Facultad;

Estando al Estatuto de la Universidad, al Reglamento de Grados y Títulos la Universidad y a las atribuciones conferidas a éste Despacho;

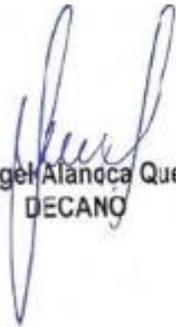
**SE RESUELVE:**

**PRIMERO:** **APROBAR** la modalidad de titulación solicitada por los Bachilleres: **HENRRY LEONEL TERAN MENDOZA y ROLLY JERSON SANDOVAL VERA**, consistente en presentación, ejecución y sustentación de una **TESIS** para optar el título profesional de **INGENIERO CIVIL**.

**SEGUNDO:** **APROBAR y DISPONER** la inscripción del Proyecto de Tesis titulado: titulado “**COMPARACIÓN DE COSTOS ENTRE LOS DISEÑOS ESTRUCTURALES DE PAVIMENTO FLEXIBLE Y PAVIMENTO RÍGIDO EN EL CAMINO VECINAL TRAMO SAN FERNANDO-QUYQUIN-TOGOPON-SAN IGNACIO-BUENA VENTURA**”.

**TERCERO:** **COMUNICAR** a los Bachilleres que tienen un plazo máximo de **UN AÑO** para desarrollar su tesis, a cuyo vencimiento, se produce la caducidad del mismo, perdiendo el derecho exclusivo sobre el tema elegido.

**REGISTRESE, COMUNIQUESE Y ARCHIVESE.**

   
Dr. Ángel Aláncca Quenta  
DECANO

Nota: En la figura observamos la RESOLUCIÓN N° 1570-2021-FI-UPAO en la que se aprueba e inscribe nuestro proyecto de tesis.

Figura 67

Informe final de Asesoramiento de Tesis

**INFORME FINAL DE ASESORAMIENTO DE TESIS**

**Señor :** Decano de la Facultad de Ingeniería

**Asunto:** Informe final de asesoramiento de tesis

**Fecha :** Trujillo, 12 de octubre del 2021

De conformidad con el Artículo 33º del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad, y en cumplimiento de la **Resolución de Facultad N° 1531-2021-FI-UPAO**, el suscrito, docente asesor de la Tesis titulada: **"COMPARACIÓN DE COSTOS ENTRE LOS DISEÑOS ESTRUCTURALES DE PAVIMENTO FLEXIBLE Y PAVIMENTO RÍGIDO EN EL CAMINO VECINAL TRAMO SAN FERNANDO-QUYQUIN-TOGOPON-SAN IGNACIO-BUENA VENTURA"** de los Bachilleres: **TERAN MENDOZA HENRRY LEONEL** y **SANDOVAL VERA ROLLY JERSON**; cumpro con informar sobre el asesoramiento realizado, detallando lo siguiente:

La presente Tesis cumple con las etapas y cronograma establecido en el Programa PADT, asimismo cumple con el proceso de la investigación de acuerdo al Proyecto de Tesis, reuniendo la calidad académica exigida.

Por lo expuesto, agradeceré a usted, tomar en consideración el presente trabajo, para su evaluación y emisión del dictamen que corresponda por parte del jurado.

Atentamente,



Ing. Segundo Alfredo Vargas Lopez  
Asesor

Adjunto:

- Reporte de coincidencias generado con el software Antiplagio Turnitin y firmado por el suscrito, que no supera el 20%.

Nota: En la figura visualizamos el informe final de asesoramiento firmado por nuestro asesor Ing. Segundo Alfredo Vargas Lopez.