

Universidad Nacional
Federico Villarreal

VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

**“DISEÑO DE PAVIMENTOS CON ALTERNATIVAS DE MEZCLA ASFÁLTICA
EN CALIENTE Y TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA EN LA VÍA DE
EVITAMIENTO DE LA CIUDAD DE JAÉN”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR:

MACHARÉ AQUIÑO PIERO ALEXIS

ASESOR:

MG. AYBAR ARRIOLA GUSTAVO ADOLFO

JURADO:

Dr. GERARDO ENRIQUE CANCHO ZUÑIGA

Dr. MIGUEL ANGEL RAMOS FLORES

MS. GUSTAVO AUGUSTO TABORY MALPARTIDA

LIMA – PERÚ

2019

Dedicatoria

A mi familia y amigos, por estar a mi lado siempre.

Agradecimiento

A los catedráticos de la Universidad Nacional Federico Villarreal, gracias por todo el conocimiento transmitido, y por sus consejos.

Índice general

Dedicatoria	2
Agradecimiento	3
Resumen	10
Abstract	11
I. Introducción	12
1.1 Descripción y formulación del problema	13
1.2 Antecedentes	14
1.3 Objetivos	19
1.4 Justificación e importancia.....	20
1.5 Hipótesis.....	21
II. Marco teórico.....	22
2.1 Pavimento flexible.....	22
2.2 Tratamientos superficiales.....	22
2.3 Funciones de los tratamientos superficiales	23
III. Método	25
3.1 Tipo de investigación	25

3.2	Ámbito temporal y espacial.....	25
3.3	Variables.....	31
3.4	Población y muestra	31
3.5	Instrumentos	32
3.6	Procedimientos	32
3.7	Análisis de datos.....	33
IV.	Resultados	73
4.1	Diseño de pavimentos	73
4.2	Cálculo de espesores del pavimento de acuerdo a las alternativas de tratamiento	101
V.	Discusión de resultados	106
VI.	Conclusiones	108
VII.	Recomendaciones	112
VIII.	Referencias	113
IX.	Anexos	115
	Anexo 01: Gráficos de modelación de tránsito	116
	Anexo 02: Planos.....	118

Índice de figuras

Figura 1: Ubicación de la vía evitamiento Jaén	27
Figura 2: Mapa de accesibilidad vía terrestre Lima – Jaén	29
Figura 3: Inicio del Trazo, se observa la presencia de suelos finos	36
Figura 4: Tramo del Km 09+010 al Km 09+160: (Margen derecha del Río Amuju) se observa suelos granulares en la ribera del río.	37
Figura 5: Cantera “La Perla” Río Chamaya.	55
Figura 6: Cantera “La Perla” – Río Chamaya (Vista panorámica)	56
Figura 7: Cantera Yanayacu (río Amojú).....	60
Figura 8: Imágenes de cantera Yanayacu.....	72
Figura 9: Modelación de tránsito – Óvalo Arana-Vidal (Vista en 2D).	117
Figura 10: Modelación de tránsito – Óvalo Arana-Vidal (Vista de la Simulación).....	117
Figura 11: Plano N°1 de Secciones típicas alternativas.	119
Figura 12: Plano N°2 de Secciones típicas alternativas.	119

Índice de tablas

Tabla 1: Excavación manual a cielo abierto (calicatas).....	35
Tabla 2: Características del terreno y la subrasante alternativa de trazo n° 01.....	38
Tabla 3: Características del terreno y la subrasante alternativa de trazo n° 02.....	39
Tabla 4: Condición superficial actual – cuadro1 - alternativa de trazo n° 01.....	41
Tabla 5: Condición superficial actual – cuadro 2 - alternativa de trazo n° 01.....	42
Tabla 6: Condición superficial actual – cuadro 3 - alternativa de trazo n° 01.....	43
Tabla 7: Condición superficial actual –cuadro 1 - alternativa de trazo n° 02.....	44
Tabla 8: Condición superficial actual – cuadro 2 - alternativa de trazo n° 02.....	45
Tabla 9: Condición superficial actual – cuadro 3 - alternativa de trazo n° 02.....	46
Tabla 10: Sectores homogéneos – alternativa de trazo n° 01 – cuadro 1.....	49
Tabla 11: Sectores homogéneos – alternativa de trazo n° 01 – cuadro 2.....	50
Tabla 12: Sectores homogéneos – alternativa de trazo n° 02 – cuadro 1.....	51
Tabla 13: Sectores homogéneos – alternativa de trazo n° 02 – cuadro 2.....	52
Tabla 14: Rendimientos de la Cantera “La Perla – Rio Chamaya”	56
Tabla 15: Comparativo de Resultados de Ensayos con los Requerimientos.....	59

Tabla 16: Rendimientos de la Cantera “Yanayacu”	61
Tabla 17: Comparativo de Resultados de Ensayos con los Requerimientos.....	64
Tabla 18: Volumen requerido de agregados – alternativa n°01/02.....	65
Tabla 19: Simbología de usos y tratamientos de canteras.....	66
Tabla 20: Ficha de caracterización y explotación de cantera Chamaya – Cuadro 1	68
Tabla 21: Ficha de caracterización y explotación de cantera Chamaya – Cuadro 2.....	69
Tabla 22: Ficha de caracterización y explotación de cantera Yanayacu – Cuadro 1.....	71
Tabla 23: Ficha de caracterización y explotación de cantera Yanayacu – Cuadro 2.....	72
Tabla 24: Índice Médio Diário Anual – IMDa - Estación E1 – Grifo Jaén (Veh/día)	78
Tabla 25: Índice Medio Diario Anual – IMDa Estación E3 – Salida de Jaén (Veh/día)	79
Tabla 26: Tráficos de Larga distancia de la Estación E1 y Estación E3	80
Tabla 27: Tráfico Desviado que Usará la Vía de Evitamiento Norte. (Expandido).....	81
Tabla 28: Tráfico desviado que usará la Vía de Evitamiento Sur (Expandido).....	82
Tabla 29: Elasticidades de tráfico	84
Tabla 30: Proyección de Tráfico Vía de Evitamiento Norte.....	85
Tabla 31: Cálculo del EAL según las cargas reales actuantes sobre el pavimento vía de evitamiento norte.....	90

Tabla 32: Análisis de ejes equivalentes acumulados.	91
Tabla 33: Análisis de ejes equivalentes acumulados	95
Tabla 34: Cuadro resumen de ensayos CBR.....	96
Tabla 35: CBR de calicatas	97
Tabla 36: Valores recomendados de Niveles de confiabilidad	98
Tabla 37: Desviación estándar normal (Z_r).....	99
Tabla 38: Índice de serviciabilidad (P_i).	101
Tabla 39: Alternativa de trazo N°1 – Mezcla asfáltica en caliente.	102
Tabla 40: Alternativa de trazo N°1 – Tratamiento superficial bicapa.....	103
Tabla 41: Alternativa de trazo N°2 – Mezcla asfáltica en caliente	104
Tabla 42: Alternativa de trazo N°2 – Tratamiento superficial bicapa.....	105
Tabla 43: Resumen de Espesores del Pavimento Proyectado.	108
Tabla 44: Alternativa N° 1: Sub Base Granular + Base Granular + MAC (Alt. Trazo N° 01)....	109
Tabla 45: Alternativa N° 2: Sub Base Granular + Base Granular + TSB (Alt. Trazo N° 01).	109
Tabla 46: Alternativa N° 3: Sub Base Granular + Base Granular + MAC (Alt. Trazo N° 02)....	110
Tabla 47: Alternativa N° 4: Sub Base Granular + Base Granular + TSB (Alt. Trazo N° 02).	110

Resumen

La presente tesis titulada “DISEÑO DE PAVIMENTOS CON ALTERNATIVAS DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE Y TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA EN LA VÍA DE EVITAMIENTO DE LA CIUDAD DE JAÉN”, tiene por finalidad definir cómo debe estar conformada la estructura del pavimento, así como describir los parámetros de diseño de pavimentos a emplearse, tomando en consideración alternativas de diseño basadas en mezclas asfálticas en caliente y tratamientos superficiales bicapa.

El tema elegido para la presente tesis se justifica debido a que, actualmente, existe deficiencia de infraestructura vial en el distrito de Jaén. El área de estudio se caracteriza principalmente por sus limitaciones en el uso de los recursos naturales, en el aspecto económico y en el grado cultural de los habitantes, lo cual se manifiesta en los sistemas de explotación incipientes, que originan una baja productividad de la tierra y por consiguiente un bajo nivel de ingresos. Tal situación se toma más alarmante si consideramos las vías de comunicación deficientes y el alto costo del transporte a los mercados de consumo. Por ello la construcción de la vía de evitamiento en la ciudad de Jaén será de gran importancia para la población relacionada.

Palabras clave: Diseño de pavimentos, mezcla asfáltica en caliente, tratamiento superficial bicapa.

Abstract

The present thesis entitled "DESIGN OF PAVEMENTS WITH ALTERNATIVES OF ASPHALTIC MIXING IN HOT AND BICAPE SUPERFICIAL TREATMENT IN THE AVOIDANCE ROUTE OF THE CITY OF JAÉN", has as purpose to define how the structure of the pavement must be conformed, as well as to describe the parameters of design of pavements to be used, taking into consideration design alternatives based on hot asphalt mixtures and bilayer surface treatments.

The theme chosen for this thesis is justified because, currently, there is a lack of road infrastructure in the district of Jaén. The study area is mainly characterized by its limitations in the use of natural resources, in the economic aspect and in the cultural degree of the inhabitants, which is manifested in the systems of incipient exploitation, which cause low productivity of the land and therefore a low level of income. This situation is more alarming if we consider the poor communication channels and the high cost of transport to consumer markets. Therefore, the construction of the route of avoidance in the city of Jaén will be of great importance for the related population.

Keywords: Pavement design, hot asphalt mix, bilayer surface treatment.

I. Introducción

La presente tesis surge de la necesidad que presenta la Ciudad de Jaén de poseer una vía de evitamiento que permita a sus habitantes una comunicación fluida con otros pueblos para el transporte y comercio de sus productos agropecuarios; todo ello con el objetivo de elevar la calidad de vida de los pobladores.

Se ha determinado el Diseño de pavimento para las dos alternativas de trazos, y para cada trazo se ha determinado los espesores a nivel de Mezcla Asfáltica en Caliente (para un Periodo de Diseño de 10 años) y Tratamiento Superficial Bicapa (para un periodo de Diseño de 05 años).

Dentro de los logros más importantes alcanzados en la presente tesis se puede mencionar que mediante el diseño de pavimentos con alternativas de mezcla asfáltica en caliente y tratamiento superficial bicapa se podrá optimizar el tránsito vehicular en la vía de evitamiento de la Ciudad de Jaén.

Actualmente el área de influencia de la vía de evitamiento a ejecutarse en la ciudad de Jaén es de importancia socioeconómica para la población relacionada, en términos de actividades comerciales, agropecuarias y forestales, además de que la construcción de esta vía contribuirá a la conexión e integración de los pueblos existentes.

1.1 Descripción y formulación del problema

Actualmente el área de influencia de la vía de evitamiento a ejecutarse en la ciudad de Jaén es de importancia socioeconómica para la población relacionada, en términos de actividades comerciales, agropecuarias y forestales, además de que la construcción de esta vía contribuirá a la conexión e integración de los pueblos existentes.

Por ello la presente tesis propondrá el diseño de pavimento a construirse a través del empleo de alternativas basadas en mezclas asfálticas en caliente y el tratamiento superficial bicapa.

Así, la presente tesis busca responder las siguientes preguntas:

¿Cómo debe estar conformada la estructura del pavimento a construirse en la vía de evitamiento de la ciudad de Jaén?

¿Cuáles son los parámetros de diseño de pavimentos a emplearse?

¿Cuál es la alternativa de diseño más apropiada para el pavimento construirse: la mezcla asfáltica en caliente o el tratamiento superficial bicapa?

1.2 Antecedentes

a) En el ámbito internacional

Ortega & Paternina (2012) señalan en la tesis titulada “Propuesta para la implementación de mezclas asfálticas tibias en la ciudad de Medellín”, tesis para optar el título de Especialista en Vías y Transporte por la Universidad de Medellín – Colombia, tiene por objetivo principal, determinar la viabilidad de la utilización de las mezclas asfálticas tibias en la ciudad de Medellín mediante la implementación de experiencias adquiridas en otros países, con el fin de obtener beneficios ambientales, técnicos y económicos, así mismo, garantizar un comportamiento similar o superior a una mezcla asfáltica convencional.

Teniendo como resultado las siguientes conclusiones:

- Analizando la información recopilada de la bibliografía para realizar este estudio documental, el cual se tienen resultados de laboratorio y pruebas en tramos de vías en otros países, podemos afirmar que la propuesta de la implementación de mezclas asfáltica tibias en la ciudad de Medellín es una gran solución para minimizar el impacto medioambiental que generan la emisión de gases debido a la combustión y calentamiento de los materiales, buscando concientizar a los profesionales de ingeniería, empresas, y entidades de desarrollo.

- Por tanto, es un gran aporte esta nueva tecnología de mitigar el impacto medioambiental, debido a la problemática de contaminación que presenta la ciudad Medellín y el Área Metropolitana de Antioquia, en cuanto a la fabricación de mezclas asfálticas en caliente, y adicional a esto la contaminación que originan las industrias no controladas las emisiones, los vehículos automotores de servicios públicos, particulares, vehículos pesados, entre otros.
- Las experiencias de pruebas de laboratorio realizado en otros países, evidencia que tiene una buena resistencia mecánica y desempeño producidas a menor temperatura, comparándose a una mezcla asfáltica caliente tiene un comportamiento similar o hasta superior que ésta mezcla asfáltica.

Queirolo (2009) señala en el trabajo de graduación titulado “Seguimiento de un doble tratamiento superficial para camino de alto tránsito”, trabajo de graduación para obtener el título de Ingeniero Civil por la Universidad de Chile – Chile, tiene por objetivo principal, evaluar el comportamiento de un pavimento del tipo doble tratamiento superficial, diseñado estructuralmente para un camino de alto tránsito.

Teniendo como resultado las siguientes conclusiones:

- El comportamiento estructural del DTS construido en el 2004 como medida de rehabilitación de la Ruta 5 Norte, Sector Chañaral – Límite Regional, está condicionado a que en teoría su estructuración contempla una carpeta asfáltica bajo la base, no conformando el tipo de estructura tradicional para este tipo de pavimento, que sería una subbase granular, una base granular y un doble tratamiento superficial como capa de protección.
- Por otro lado, el estudio del comportamiento funcional de la superficie de DTS para este trabajo de título, también está condicionado por las aplicaciones de lechada asfáltica según inspección visual y por los trabajos en obra que estaban realizando durante las inspecciones técnicas de septiembre del 2008.
- Según el análisis de mediciones de deflectometría de impacto con el FWD, la estructura de DTS contemplada desde la rehabilitación del sector, se ha mantenido en muy buenas condiciones durante estos cinco años en servicio.
- Según el estudio de tránsito, las solicitaciones que han afectado al pavimento, en el período 2004 - 2008, serían menores a las consideradas en el diseño, lo que ha influido en el buen comportamiento estructural del pavimento luego de la rehabilitación. El diseño a 5, 10 y 20 años es sólo una información referencial, ya que mientras no se disponga del dato sobre la verdadera estructura que hay bajo el DTS, no se puede determinar la vida remante efectiva por el método convencional.

b) En el ámbito nacional

Aguilar & Salas (2012) señalan en la tesis titulada “Comparación entre tratamiento superficial bicapa y asfalto en caliente, en la rehabilitación de la carretera Chacachaca-Yunguyo-Kasani”, tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil por la Universidad Católica de Santa María – Perú, tiene por objetivo principal, presentar una solución que garantice la serviciabilidad de la vía una vez que este ejecutado, colaborando de esta manera con el desarrollo económico de los centros poblados aledaños.

Teniendo como resultado las siguientes conclusiones:

- Para la determinación de los espesores se ha empleado como base el Manual para Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de tránsito (elaborada por el MTC 2008) y la guía de diseño AASHTO versión 1993, para el diseño de Pavimentos Flexibles.
- A fin de obtener buenos resultados para el diseño estructural de pavimentos, las zonas de mejoramiento de base deben de mantenerse con adecuado control técnico.

- Se adoptan los valores de CBR para roca, con pleno conocimiento que no existe dicho ensayo para rocas (por lo menos en la zona), sin embargo, en consulta con expertos en el tema de ensayos para carreteras, se puede adoptar cuantitativamente un valor de CBR de diseño para los materiales presentes en las canteras, lo cual en campo reflejaran valores semejantes a una cantera de piedra chancada.

Cóndor (2016) señala en la tesis titulada “Tratamiento superficial bicapa con emulsión asfáltica de la carretera Valle Yacus provincia de Jauja – Región Junín 2015”, tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil por la Universidad Peruana Los Andes – Perú, tiene por objetivo principal, determinar si la aplicación de emulsión asfáltica como tratamiento superficial bicapa influye en la conservación de carreteras no pavimentadas, Valle Yacus, Provincia de Jauja – Región Junín.

Teniendo como resultado las siguientes conclusiones:

- La aplicación de emulsión asfáltica como tratamiento superficial bicapa, influye significativamente en un 77% se rechaza la H0.

- Se llegó a establecer que la aplicación de una metodología y diseño adecuado de la emulsión asfáltica como tratamiento superficial bicapa, permite en un 42% elevar el nivel de serviciabilidad y se rechaza la H0. (A).
- Se llegó a determinar que un procedimiento de normas aplicables adecuadas para la elaboración de una emulsión asfáltica, es necesario en un 37% se rechaza la H0. (B)
- Se llegó a conocer que las características físico – mecánicas son heterogéneas en un 21% se rechaza la H0. (C).

1.3 Objetivos

a) Objetivo general

Diseñar el pavimento de la vía de evitamiento a construirse en la ciudad de Jaén con las alternativas de mezcla asfáltica en caliente y tratamiento superficial bicapa.

b) Objetivos específicos

- Definir cómo debe estar conformada la estructura del pavimento a construirse en la vía de evitamiento de la ciudad de Jaén.
- Describir los parámetros de diseño de pavimentos a emplearse.

1.4 Justificación e importancia

El tema elegido para la presente tesis se justifica debido a que, actualmente, existe deficiencia de infraestructura vial en el distrito de Jaén. El área de estudio se caracteriza principalmente por sus limitaciones en el uso de los recursos naturales, en el aspecto económico y en el grado cultural de los habitantes, lo cual se manifiesta en los sistemas de explotación incipientes, que originan una baja productividad de la tierra y por consiguiente un bajo nivel de ingresos. Tal situación se toma más alarmante si consideramos las vías de comunicación deficientes y el alto costo del transporte a los mercados de consumo. Por ello la construcción de la vía de evitamiento en la ciudad de Jaén será de gran importancia para la población relacionada.

1.5 Hipótesis

Empleando mezclas asfálticas en caliente o un tratamiento superficial bicapa en el diseño de pavimentos se podrá construir pavimentos eficientes en la vía de evitamiento de la ciudad de Jaén.

II. Marco teórico

2.1 Pavimento flexible

Aguilar & Salas (2012) señalan que:

Desde el punto de vista de diseño, los pavimentos flexibles están conformados por una serie de capas desde la plataforma de la subrasante (algunos incluyen como parte del pavimento la última capa de la subrasante) hasta la superficie de rodadura. La distribución de la carga está determinada por las características propias del sistema de estructuración. Este tipo de pavimento está compuesto por capas dispuestas en orden descendente según la capacidad de carga (p.31)

2.2 Tratamientos superficiales

Aguilar & Salas (2012) señalan que:

Se define un tratamiento superficial como una superficie asfáltica que resulta de una o más aplicaciones sucesivas y alternadas de ligante asfáltico y árido sobre una base granular o sobre un pavimento existente de asfalto o de hormigón, teniendo por finalidad el mejorar o conservar las características físicas y mecánicas de las superficies así tratadas.

Aguilar & Salas (2012) señalan que:

De acuerdo al número de aplicaciones de asfalto y áridos, estos reciben el nombre de tratamiento superficial simple, doble, triple o múltiple. También se consideran tratamientos superficiales a algunos tipos de mezcla asfáltica-agregados. Todos los tratamientos superficiales sellan y prolongan la vida de las carreteras. Tratamiento asfáltico de superficie (asphalt surface treatment) es un término amplio que engloba varios tipos de aplicaciones con asfalto y asfaltoagregado, usualmente de menos de 25mm (1plg) de espeso y aplicado a cualquier tipo de superficie del camino. La superficie del camino puede ser una base granular imprimada, un asfalto existente o un pavimento de hormigón de cemento portland los tratamientos de superficie aplicados a un pavimento existente son a menudo llamados riego de sellado (p.36)

2.3 Funciones de los tratamientos superficiales

Aguilar & Salas (2012) señalan que:

Las principales funciones de los tratamientos superficiales son: Proteger la superficie de la base estabilizada de la acción erosiva y esfuerzos tangenciales producidos por los neumáticos de los vehículos. Proteger la estructura del camino de la acción del clima, principalmente de las infiltraciones de agua que podrían comprometer la estabilidad de las capas granulares.

Aguilar & Salas (2012) señalan que:

Asegurar un nivel de adherencia mínimo entre neumático y superficie de la calzada. Su ejecución en forma eficiente permite la obtención de un tratamiento económico, de construcción simple y durable. Aplicados sobre una base granular, su efecto de impermeabilización permite que esta conserve su capacidad de soporte adecuada. Aplicados sobre pavimentos existentes de asfalto o de hormigón, prolongan la durabilidad de la calzada (p.40)

III. Método

3.1 Tipo de investigación

Aplicada.

3.2 Ámbito temporal y espacial

La presente tesis se basará en el proyecto Construcción de la vía de evitamiento de la Ciudad de Jaén, el cual se encuentra ubicado en el departamento y región de Cajamarca, provincia de Jaén, en la jurisdicción distrital de Jaén. La obra será próximamente ejecutada.

Ubicación

El área de influencia del proyecto en estudio se encuentra ubicado en el departamento de Cajamarca, desde el Km 11+800 (carretera Chamaya – Jaén – San Ignacio) hasta el Km 22+830 (zona de Linderos), en la Ruta Nacional PE-5N o longitudinal de la selva norte.

Accesibilidad

Al área de estudio, se puede acceder saliendo de la ciudad de Lima por la carretera Panamericana Norte (PE-1N), hasta el desvío a Olmos, pasando la ciudad de Lambayeque, por la ruta nacional PE-1NJ por las localidades de Punto Cuatro, Mochimu, Tucume, Illimo, Pocora, Jayanca, Motupe, El Cruce (Olmos), para empalmar con la ruta PE-04B siguiendo por las localidades de Limón y Tambo (Puente Huancabamba), en el departamento de Piura.

Se continua por la ruta PE-3N en el departamento de Cajamarca, por las localidades de Guayabo, Pucará, Playa Azul, Chiple (Puente Cayayuc), continuando por la ruta PE-04C por la localidad de Cuyca y empalmar con la ruta PE-05N en la localidad de Chamaya, continuando por esta hasta el ingreso de la ciudad de Jaén Km 11+800 (Grifo Jaén), inicio de la vía en estudio (Km 00+000).

Desde la ciudad de Lima, también se puede acceder a Jaén vía aérea, por vuelo comercial Lima – Aeropuerto Shumba, que dista 19 Km de la ciudad de Jaén, desde el cual se puede retornar hasta el ingreso de la ciudad de Jaén Km 11+800 de la ruta PE-5N (Grifo Jaén), inicio de la vía en estudio (Km 00+000).

Figura 1: Ubicación de la vía evitamiento Jaén



Fuente: IGN.

Clima

Por su ubicación geográfica (ceja de selva) le corresponde un clima subtropical, donde presenta una temperatura media anual del aire que oscila entre 18°C y 22°, la humedad relativa media anual es de 84.9%, llegándose a calificar como de “eterno verano”.

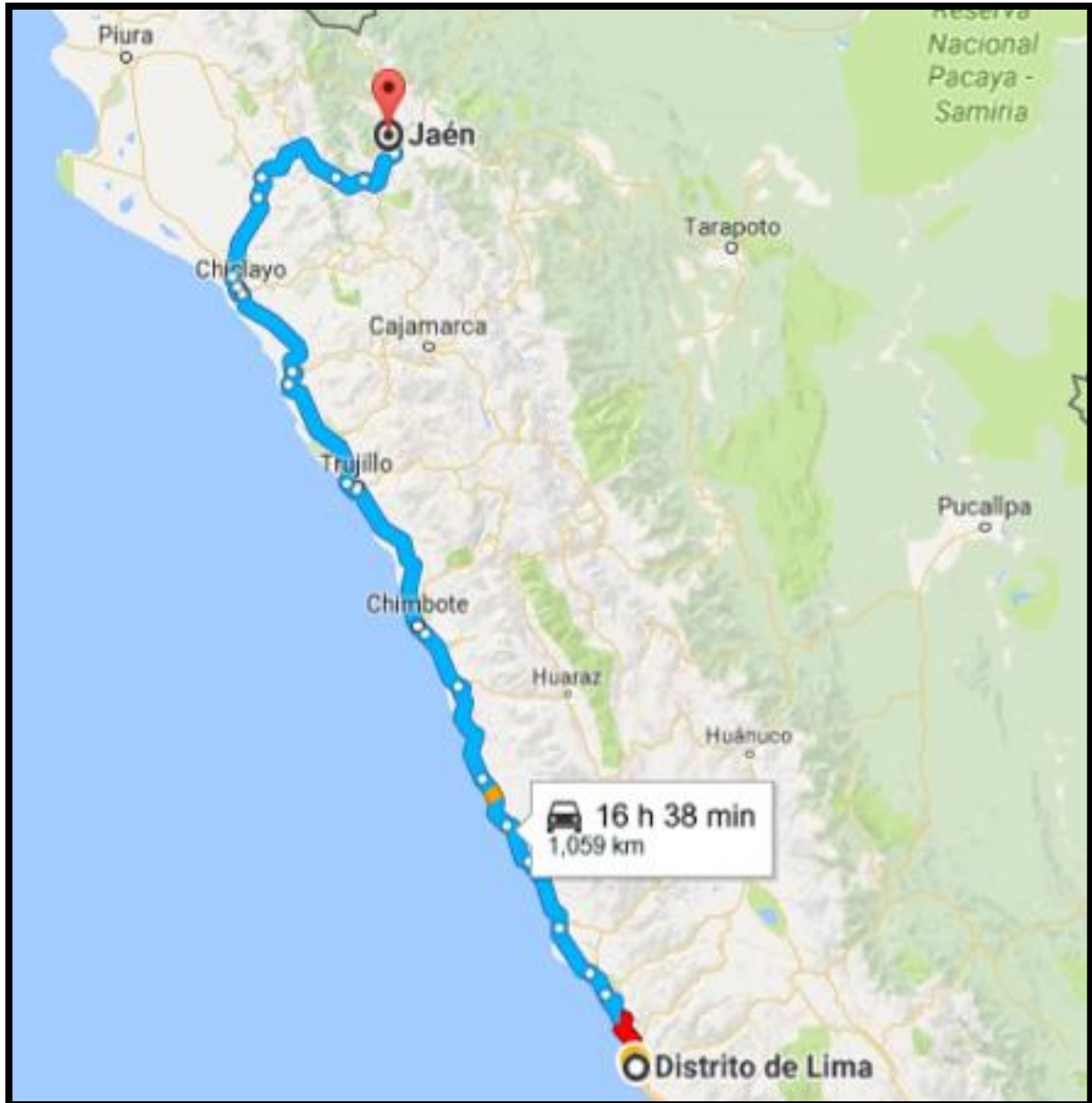
Altitud de la zona

De acuerdo con las características topográficas y geomorfológicas la ciudad de Jaén, presenta elevaciones con altitudes a 1,000 msnm con una clasificación de clima semi húmedo a macrotermal y vegetación tipo Pradera y Tropical.

La Temperatura según datos de la Estación Climatológica Jaén, registra una mínima mensual variable entre 17.2°C a 20.2°C, la temperatura máxima varía entre 30.8°C a 34.2°C, mientras que el promedio mensual oscila entre los 24.7°C a 26.8°C, siendo la temperatura promedio anual de 25.9°C.

La Precipitación es variable durante el año, siendo mínimas durante los meses de junio a Setiembre, incrementándose entre los meses de enero a abril, registrándose las máximas precipitaciones en el mes de marzo. La precipitación total anual varía entre 333.2 mm a 1,051 mm, siendo el promedio de precipitación anual de 760.25 mm, por otro lado, en la ciudad de Jaén el promedio de la precipitación máxima en 24 horas es alta en el mes de octubre y entre los meses de febrero a mayo, es así que se ha registrado valores de 88.0 mm.

Figura 2: Mapa de accesibilidad vía terrestre Lima – Jaén



Fuente: Google Maps.

Antecedentes del proyecto

La vía de evitamiento de la Ciudad de Jaén, se proyecta mayormente como una construcción nueva, con una longitud de 9+910 (alternativa de trazo N° 01) y 9+643 (alternativa de trazo N° 02), esta vía se proyecta paralela a la carretera Chamaya –Jaén - San Ignacio.

La Carretera Chamaya – Jaén – San Ignacio, forma parte de la Red Vial Nacional, Ruta Nacional PE -5N, que está conformada por los siguientes tramos:

Tramo I : Chamaya – Jaén – Km 50+000 (de 50.08 Km)

Tramo II : Km 50+000 – Pericos (Km 75+000)

Tramo III-1 : Pericos (Km 75+000) – San Ignacio (Km 127+493)

Tramo III-2 : San Ignacio – Puente Integración (frontera con Ecuador).

El tramo I, en el cual se encuentra la ciudad de Jaén se ejecutó entre el año 2004 al año 2005. De la inspección visual realizada se ha identificado que la vía existente ha tenido trabajos de mantenimiento, razón por el cual se ha podido observar que la vía existente se encuentra en regular estado de conservación.

3.3 Variables

- **Variable independiente**

Mezcla asfáltica en caliente y tratamiento superficial bicapa.

- **Variable dependiente**

Diseño de pavimentos.

3.4 Población y muestra

- **Población**

La población es un conjunto reducido o ilimitado con características similares para los cuales las conclusiones de la investigación serán extensas. Esta queda limitada por los objetivos y el problema de la investigación. Para la presente investigación, el universo poblacional estará conformado por vías existentes en la región de Cajamarca.

- **Muestra**

Un subconjunto específico y limitado que se separa de la población es definido como una muestra. En la presente tesis se tomará como muestra de investigación la infraestructura vial a construirse en la vía de evitamiento de la Ciudad de Jaén.

3.5 Instrumentos

- Revisión de documentos: a través de esta técnica se revisaron normas, manuales, libros, tesis, etc., respecto al tema de diseño de pavimentos con tratamientos superficiales.
- Observación: Esta técnica permitió recolectar información vista en campo.
- Ensayos de laboratorio de suelos: Análisis granulométrico por tamizado; límites de Atterberg, contenido de humedad, clasificación SUCS.

3.6 Procedimientos

- Se hizo el reconocimiento de campo.
- Se procedió a analizar las muestras de suelo obtenidas.
- Se procedió a realizar el diseño de pavimentos flexibles con tratamientos superficiales.
- Se analizó los resultados obtenidos en el diseño con mezclas asfálticas en caliente y tratamiento superficial bicapa.

3.7 Análisis de datos

3.7.1 Estudio de suelos

Programa de trabajo e investigación realizada

El programa comprendió:

- Recopilación y Evaluación de la información existente.

- Investigación de campo
 - o Exploración de suelos – calicatas

 - o Evaluación visual y registro estratigráfico.

- Procesamiento de información.

Recopilación y evaluación de la información existente.

Para el presente estudio se ha efectuado la recopilación y evaluación de la siguiente información:

Estudio de Suelos y Canteras de la carretera Chamaya – Jaén – Km 50, elaborado por Pacific Consultants International – Cesel, para el Sinmac-MTC.

Se ha evaluado y analizado la información contenida en el Estudio de Suelos y Canteras antes mencionado, cuyos resultados de los ensayos de laboratorio nos servirán para complementar la información de la inspección visual de campo y establecer preliminarmente las características de los suelos del terreno y de la sub rasante de las rutas materia de la presente tesis, tratándose de un área con características geológicas geotécnicas similares.

Investigación de campo

Excavación de pozos a cielo abierto o calicatas.

Para estimar preliminarmente el perfil estratigráfico se realizó prospecciones de campo mediante la excavación de calicatas cada 1000 m. aproximadamente y distribuidas a lo largo del eje de la vía proyectada, con una profundidad promedio de 1.50 m por debajo del nivel de terreno existente.

Inmediatamente después de realizada las excavaciones se procedieron a extraer las muestras representativas para la inspección visual del suelo encontrado.

Tabla 1: Excavación manual a cielo abierto (calicatas).

ITEM N°	CALICATA N°	COORDENADAS UTM (WGS 84)		PROGRESIVA	LADO	DATOS			PROF. NAPA FREATICA (m)
		NORTE (m)	ESTE (m)			MUESTRA		PROF. (m)	
						CANTIDAD	CODIGO		
1	C-1	9'362,849.00	745,225.00	Km 00+120	D	2	M-1	0.00 - 0.10	---
							M-2	0.10 - 1.50	---
2	C-2	9'363,479.00	745,289.00	Km 00+740	I	2	M-1	0.00 - 0.20	---
							M-2	0.20 - 1.50	---
3	C-3	9'363,974.00	745,203.00	Km 01+250	I	2	M-1	0.00 - 0.20	---
							M-2	0.20 - 1.50	---
4	C-4	9365,702.00	745,301.00	Km 03+040	D	1	M-1	0.00 - 1.50	---
5	C-5	9'367,022.00	745,643.00	Km 04+550	I	1	M-1	0.00 - 1.50	---
6	C-6	9'369,024.00	745,499.00	Km 06+700	I	1	M-1	0.00 - 1.50	---
7	C-7	9'370,072.00	745,811.00	Km 08+000	D	2	M-1	0.00 - 0.20	---
							M-2	0.20 - 1.50	---
8	C-8	9'370,977.00	745,496.000	Km 09+250	I	2	M-1	0.00 - 0.40	---
							M-2	0.40 - 1.00	N.F
9	C-9	9'371,004.00	745,492.00	Km 09+275	I	2	M-1	0.00 - 0.40	---
							M-2	0.40 - 1.00	N.F
10	C-10	9'371,607.00	745,510.00	Km 09+900	D	2	M-1	0.00 - 0.40	---
							M-2	0.40 - 1.50	---

Fuente: Propia.

Sobre la base de la clasificación visual de los suelos encontrados, se elaboró un perfil estratigráfico preliminar del Trazo proyectado, el cual permitió estimar sectores de características similares; considerando las muestras representativas generales y específicas; las generales permitieron estimar las características de los suelos predominantes y similares según las calicatas escogidas, mientras que las específicas permitieron estimar las características mecánicas de los suelos de fundación de las estructuras proyectadas.

Paralelamente al muestreo se realizaron los registros de exploraciones, en los que se consiga de forma visual las diferentes características de los estratos subyacentes, tales como tipo de suelo, espesor del estrato, color, humedad, consistencia y/o compacidad, etc.

Figura 3: Inicio del Trazo, se observa la presencia de suelos finos



Fuente: Propia.

Figura 4: Tramo del Km 09+010 al Km 09+160: (Margen derecha del Río Amojú) se observa suelos granulares en la ribera del río.



Fuente: Propia.

Evaluación visual y registro estratigráfico

Terminada la excavación de las calicatas y la extracción de las muestras representativas por estratos característicos y su clasificación visual, se procedió a la describir los suelos del terreno y de la subrasante, por su color, forma textura, presencia de gravas, boleos y bloques, finos, plasticidad, compresibilidad, entre sus principales características, cuyos resultados son los siguientes:

Tabla 2: Características del terreno y la subrasante alternativa de trazo n° 01.

ITEM	CALICATA	PROGRESIVA	LADO	TERRENO	SUBRASANTE	OBSERVACIONES
N°	N°					
1	C-1	Km 00+120	D	Suelo orgánico con densa vegetación	Suelo limo arenoso con presencia de gravas semiangulosas T.M. 2", compacidad de media a alta y ligeramente humedo	Terreno natural a media ladera
2	C-2	Km 00+740	I	Suelo orgánico con densa vegetación	Suelo limo arenoso con presencia de gravas semiangulosas T.M. 6", compacidad de media a alta y ligeramente humedo	Terreno natural a media ladera
3	C-3	Km 01+250	I	Suelo orgánico con densa vegetación	Suelo limo arcilloso con presencia de gravas semiangulosas T.M. 2", compacidad de media a alta y ligeramente humedo	Terreno natural a media ladera
4	C-4	Km 03+040	D	Suelo orgánico con densa vegetación	Suelo limoso con presencia de gravas semiangulosas y bloques T.M. 12", compacidad de baja a media y humedo	Terreno natural a media ladera
5	C-5	Km 04+550	I	Suelo orgánico con densa vegetación	Suelo limo arenoso con presencia de gravas semiangulosas y bloques T.M. 12", compacidad media y ligeramente humedo	Terreno natural a media ladera
6	C-6	Km 06+700	D	Suelo limo arenoso, en estado seco y de compacidad media y con presencia de material orgánico	Suelo limo arenoso con presencia de gravas semiangulosas T.M. 2", compacidad media y ligeramente humedo	Trocha carrozable
7	C-7	Km 08+000	I	Suelo orgánico con densa vegetación	Suelo limo arenoso con presencia de gravas semiangulosas T.M. 4", compacidad baja a media y ligeramente humedo	Terreno natural a media ladera
8	C-8	Km 09+250	D	Suelo areno limoso, con presencia de gravas semi redondeadas y cantos rodados T.M. 14", compacidad baja y húmedo	Suelo areno limoso, con presencia de gravas semi redondeadas y cantos rodados T.M. 14", compacidad media y saturado	Ribera derecha del rio Amojú
9	C-9	Km 09+275	I	Suelo areno limoso, con presencia de gravas semi redondeadas y cantos rodados T.M. 14", compacidad baja y húmedo	Suelo areno limoso, con presencia de gravas semi redondeadas y cantos rodados T.M. 14", compacidad media y saturado	Ribera izquierda del rio Amojú
10	C-10	Km 09+900	D	Suelo orgánico con poca vegetación.	Suelo limo arcilloso con presencia de gravas semiangulosas T.M. 2", compacidad media y ligeramente húmedo	Terreno natural a media ladera

Fuente: Propia.

Tabla 3: Características del terreno y la subrasante alternativa de trazo n° 02.

ITEM	CALICATA	PROGRESIVA	LADO	TERRENO	SUBRASANTE	OBSERVACIONES
N°	N°					
1	C-1	Km 00+120	D	Suelo orgánico con densa vegetación	Suelo limo arenoso con presencia de gravas semiangulosas T.M. 2", compacidad de media a alta y ligeramente húmedo	Terreno natural a media ladera
2	C-2	Km 00+740	I	Suelo orgánico con densa vegetación	Suelo limo arenoso con presencia de gravas semiangulosas T.M. 6", compacidad de media a alta y ligeramente húmedo	Terreno natural a media ladera
3	C-3	Km 01+250	I	Suelo orgánico con densa vegetación	Suelo limo arcilloso con presencia de gravas semiangulosas T.M. 2", compacidad de media a alta y ligeramente húmedo	Terreno natural a media ladera
4	C-4	Km 03+040	D	Suelo orgánico con densa vegetación	Suelo limoso con presencia de gravas semiangulosas y bloques T.M. 12", compacidad de baja a media y húmedo	Terreno natural a media ladera
5	C-5	Km 04+550	I	Suelo orgánico con densa vegetación	Suelo limo arenoso con presencia de gravas semiangulosas y bloques T.M. 12", compacidad media y ligeramente húmedo	Terreno natural a media ladera
6	C-6	Km 06+200	D	Suelo limo arenoso, en estado seco y de compacidad media y con presencia de material orgánico	Suelo limo arenoso con presencia de gravas semiangulosas T.M. 2", compacidad media y ligeramente húmedo	Trocha carrozable
7	C-7	Km 07+700	I	Suelo orgánico con densa vegetación	Suelo limo arenoso con presencia de gravas semiangulosas T.M. 4", compacidad baja a media y ligeramente húmedo	Terreno natural a media ladera
8	C-8	Km 09+050	D	Suelo orgánico con densa vegetación	Suelo limo arenoso con presencia de gravas semiangulosas T.M. 4", compacidad baja a media y ligeramente húmedo	Terreno natural a media ladera
9	C-9	Km 09+100	I	Suelo organico con densa vegetación	Suelo limo arenoso con presencia de gravas semiangulosas T.M. 4", compacidad baja a media y ligeramente húmedo	Terreno natural a media ladera
10	C-10	Km 09+640	D	Suelo organico con poca vegetación.	Suelo limo arcilloso con presencia de gravas semiangulosas T.M. 2", compacidad media y ligeramente húmedo	Terreno natural a media ladera

Fuente: Propia.

Procesamiento de información

Con los resultados de la inspección visual y de las exploraciones a cielo abierto realizadas en del terreno a lo largo del trazo de las alternativas de ruta y de la información existente recopilada, se puede estimar preliminarmente:

- Las características físico mecánicas de los suelos y estimar conservadoramente la capacidad portante de la vía
- Identificar los sectores críticos con materiales inadecuados
- Identificar los sectores con presencia de napa freática alta
- Sectorizar los suelos con características similares

Características del terreno

Como ya se mencionó anteriormente la Vía de Evitamiento en la ciudad de Jaén, se proyecta como una construcción nueva, por lo cual la alternativa de trazo N° 01 pasa por terreno en estado natural cubierto de una densa vegetación y la alternativa de trazo N° 02 coincide con el trazo de Trazo N° 01 hasta la progresiva Km 3+400.25, por lo que pasa por el mismo terreno natural cubierto de una densa vegetación hasta dicha progresiva (35% del trazo) y desde ahí va alternado por un camino existe a nivel de trocha carrozable (20% del trazo aproximadamente) y terreno natural cubierto de una densa vegetación (45% del trazo), la trocha presenta ahuellamientos, baches y surcos, ocasionadas principalmente por el tráfico y la falta de drenaje adecuado.

Esta vía tendría una longitud de 9+910 (alternativa de trazo N° 01) y 9+643 (alternativa de trazo de Trazo N° 02), cuya sección transversal del tramo en estudio estaría conformada por una plataforma de ancho variable entre 9.00 a 11.00 m, que corresponde a un Carretera Pavimentada.

En base a lo anteriormente expuesto, se procede a realizar descripción superficial de cada alternativa de Trazo evaluada:

Tabla 4: Condición superficial actual – cuadro1 - alternativa de trazo n° 01.

SUB-SECTOR	TRAMO		DESCRIPCIÓN
	INICIO (Km)	FIN (Km)	
1	00+000	00+070	Material de relleno, no presenta cunetas ni alcantarillas), presenta algunos agregados sueltos y no presenta bombeo.
2	00+070	00+550	Superficie con vegetación densa en suelo con cobertura de hasta 0.50 metros de espesor y limos de coloración gris oscura a amarillenta por tramos y gravas centimetricas moderadamente cohesionados. Presenta 5 canales pequeños naturales.
3	00+550	01+000	Superficie con vegetación densa en suelo con cobertura de hasta 0.50 metros de espesor y limos de coloración gris oscura a amarillenta por tramos y gravas centimetricas moderadamente cohesionados. Presenta un canal de mediano tamaño sin presencia de escorrentía de agua.
4	01+000	01+450	Superficie con vegetación densa en suelo con cobertura de hasta 0.50 metros de espesor y Suelo de color marrón claro limo arcillo, seco a ligeramente húmedo moderadamente cohesionado con gravas <5cm.
5	01+450	02+000	Superficie con vegetación densa en suelo con cobertura de hasta 0.50 metros de espesor y Suelo de color marrón claro limo arcillo, seco a ligeramente húmedo moderadamente cohesionado con gravas <5cm.
6	02+000	02+500	Superficie con vegetación densa en suelo con cobertura de hasta 0.50 metros de espesor y Suelo de color marrón claro limo arcillo, seco a ligeramente húmedo moderadamente cohesionado con gravas <5cm.

Fuente: Propia.

Tabla 5: Condición superficial actual – cuadro 2 - alternativa de trazo n° 01.

SUB-SECTOR	TRAMO		DESCRIPCIÓN
	INICIO (Km)	FIN (Km)	
7	02+500	03+050	Superficie con vegetación densa en suelo con cobertura de hasta 0.50 metros de espesor y Suelo de color marrón claro limo arcillo, seco a ligeramente húmedo moderadamente cohesionado con gravas <5cm.
8	03+050	03+500	Superficie con vegetación densa en suelo con cobertura de hasta 0.50 metros de espesor y Suelo de color marrón claro limo arcillo, seco a ligeramente húmedo moderadamente cohesionado con gravas <5cm.
9	03+500	03+750	Superficie con vegetación densa en suelo con cobertura de hasta 0.50 metros de espesor y Suelo de color marrón claro limo arcillo, seco a ligeramente húmedo moderadamente cohesionado con gravas <5cm.
10	03+750	04+200	Superficie con vegetación densa en suelo con cobertura de hasta 0.50 metros de espesor y Suelo de color marrón claro limo arcillo, seco a ligeramente húmedo moderadamente cohesionado con gravas <5cm.
11	04+200	04+550	Superficie con vegetación densa en suelo con cobertura de hasta 0.50 metros de espesor y Suelo de color marrón claro limo arcillo, seco a ligeramente húmedo moderadamente cohesionado con gravas <5cm.
13	04+550	05+050	Superficie con vegetación densa en suelo con cobertura de hasta 0.50 metros de espesor y Suelo de color marrón claro limo arcillo, seco a ligeramente húmedo moderadamente cohesionado con gravas <5cm.
14	05+050	05+550	Superficie con vegetación densa en suelo con cobertura de hasta 0.50 metros de espesor y Suelo de color marrón claro limo arcillo, seco a ligeramente húmedo moderadamente cohesionado con gravas <5cm.
15	05+550	06+000	Superficie con vegetación densa en suelo con cobertura de hasta 0.50 metros de espesor y Suelo de color marrón claro limo arcillo, seco a ligeramente húmedo moderadamente cohesionado con gravas <5cm.
16	06+000	06+300	Superficie con vegetación densa en suelo con cobertura de hasta 0.50 metros de espesor y Suelo de color marrón claro limo arcillo, seco a ligeramente húmedo moderadamente cohesionado con gravas <5cm.

Fuente: Propia.

Tabla 6: Condición superficial actual – cuadro 3 - alternativa de trazo n° 01.

SUB-SECTOR	TRAMO		DESCRIPCIÓN
	INICIO (Km)	FIN (Km)	
17	06+300	06+700	Superficie con vegetación densa en suelo con cobertura de hasta 0.50 metros de espesor y Suelo de color marrón claro limo arcillo, seco a ligeramente húmedo moderadamente cohesionado con gravas <5cm.
18	06+700	07+200	Superficie de perfil a nivel de trocha con escaso afirmado, suelo limoso con arenas por tramos y corte de talud con matriz limo arenoso con gravas de dimensión variable y moderada cohesión. Material suelto.
19	07+200	07+600	Superficie de perfil a nivel de trocha con escaso afirmado, suelo limoso con arenas por tramos y corte de talud con matriz limo arenoso con gravas de dimensión variable y moderada cohesión. Material suelto.
20	07+600	08+000	Superficie de perfil a nivel de trocha con escaso afirmado, suelo limoso con arenas por tramos y corte de talud con matriz limo arenoso con gravas de dimensión variable y moderada cohesión. Material suelto.
21	08+000	08+500	Superficie con vegetación densa en suelo con cobertura de hasta 0.50 metros de espesor y limos de coloración gris oscura a amarillenta por tramos y gravas centimétricas moderadamente cohesionados.
22	08+500	09+000	Superficie con vegetación densa en suelo con cobertura 0.20m – 0.50m (según registros de excavación) de Cobertura vegetal en las partes más densas. El material suelto representa en su mayoría limos de coloración gris oscura con gravas moderadamente cohesionadas. En un último tramo se exponen paredes de la terraza producto de la erosión fluvial exponiendo la real expresión del material en su mayor parte.

Fuente: Propia.

Tabla 7: Condición superficial actual –cuadro 1 - alternativa de trazo n° 02.

SUB-SECTOR	TRAMO		DESCRIPCIÓN
	INICIO (Km)	FIN (Km)	
1	00+000	00+070	Material de relleno, no presenta cunetas ni alcantarillas), presenta algunos agregados sueltos y no presenta bombeo.
2	00+070	00+550	Superficie con vegetación densa en suelo con cobertura de hasta 0.50 metros de espesor y limos de coloración gris oscura a amarillenta por tramos y gravas centimétricas moderadamente cohesionados. Presenta 5 canales pequeños naturales.
3	00+550	01+000	Superficie con vegetación densa en suelo con cobertura de hasta 0.50 metros de espesor y limos de coloración gris oscura a amarillenta por tramos y gravas centimétricas moderadamente cohesionados. Presenta un canal de mediano tamaño sin presencia de escorrentía de agua.
4	01+000	01+450	Superficie con vegetación densa en suelo con cobertura de hasta 0.50 metros de espesor y Suelo de color marrón claro limo arcillo, seco a ligeramente húmedo moderadamente cohesionado con gravas <5cm.
5	01+450	02+000	Superficie de perfil a nivel de trocha con escaso afirmado, suelo limoso con arenas por tramos y presencia de gravas centimétricas con moderada cohesión y accidentes geológicos sin asociación a peligros evidentemente puntuales.
6	02+000	02+500	Superficie de perfil a nivel de trocha con escaso afirmado, suelo limoso con arenas por tramos y presencia de gravas centimétricas con moderada cohesión y accidentes geológicos sin asociación a peligros evidentemente puntuales. Tramo con población.
7	02+500	03+050	Presenta una superficie a nivel de trocha. Material limoso a arenoso con granulometría de 2-5'. Presenta un canal E-W sin escorrentía de agua en material suelto.
8	03+050	03+500	Superficie de perfil a nivel de trocha con escaso afirmado, suelo limoso con arenas por tramos y presencia de gravas centimétricas con moderada a baja cohesión, cono aluvial de baja energía. Sin riesgos geológicos evidentemente puntuales. Tramo con población.

Fuente: Propia.

Tabla 8: Condición superficial actual – cuadro 2 - alternativa de trazo n° 02.

SUB-SECTOR	TRAMO		DESCRIPCIÓN
	INICIO (Km)	FIN (Km)	
9	03+500	03+750	Superficie de perfil a nivel de trocha con escaso afirmado, suelo limoso con arenas por tramos y presencia de gravas centimétricas con moderada cohesión y accidentes geológicos sin asociación a peligros evidentemente puntuales. Material suelto.
10	03+750	04+200	Superficie de perfil a nivel de trocha con escaso afirmado, suelo limoso con arenas por tramos y presencia de gravas centimétricas con moderada cohesión. Área con preferencia de cultivos. Material suelto.
11	04+200	04+550	Material suelto, con superficie a nivel de trocha material limoso a arenoso con presencia de gravas, área de sembrío.
13	04+550	05+050	Material suelto, con superficie a nivel de trocha material limoso a arenoso con presencia de gravas, área de sembrío.
14	05+050	05+550	Material suelto, entre dos canales E-W sin escorrentia de agua con superficie a nivel de trocha y material limoso, área de sembrío.
15	05+550	06+000	Suelo limoso de color gris oscuro a amarillento, moderada cohesión en área de sembríos. Material suelto. Terreno de cultivo
16	06+000	06+300	Suelo limoso de color gris oscuro a amarillento, moderada cohesión en área de sembríos. Material suelto. Terreno de cultivo

Fuente: Propia.

Tabla 9: Condición superficial actual – cuadro 3 - alternativa de trazo n° 02

SUB-SECTOR	TRAMO		DESCRIPCIÓN
	INICIO (Km)	FIN (Km)	
17	06+300	06+600	Suelo limoso de color gris oscuro a amarillento, moderada cohesión en área de sembríos. Material suelto. Terreno de cultivo
18	06+600	06+750	Material de depósito fluvial (Río Amojú) con presencia de granulometría gruesa heterolítica con arenas en un 65%.
19	07+200	07+600	Suelo limoso de color gris oscuro a amarillento, moderada cohesión en área de sembríos. Material suelto. Terreno de cultivo
20	07+600	08+000	Suelo limoso de color gris oscuro a amarillento, moderada cohesión en área de sembríos. Material suelto. Terreno de cultivo.
21	08+000	08+500	Suelo limoso de color gris oscuro a amarillento, moderada cohesión en área de sembríos. Material suelto. Terreno de cultivo
22	08+500	09+150	Suelo limoso de color gris oscuro a amarillento, moderada cohesión en área de sembríos. Material suelto. Terreno de cultivo
23	09+150	09+300	Suelo limoso de color gris oscuro a amarillento, moderada cohesión en área de sembríos. Material suelto. Terreno de cultivo
24	09+300	09+450	Suelo limoso de color gris oscuro a amarillento, moderada cohesión en área de sembríos. Material suelto. Terreno de cultivo
25	09+450	09+640	Suelo limoso de color gris oscuro a amarillento, moderada cohesión en área de sembríos. Material suelto. Terreno de cultivo

Fuente: Propia.

Sectores críticos con materiales inadecuados

Los materiales que poseen características inadecuadas de capacidad de soporte se han ubicado entre las siguientes progresivas:

Alternativa de Trazo N° 01:

- Km. 00+000 – Km. 00+240
- Km. 09+300 – Km. 09+910

Alternativa de Trazo N° 02:

- Km. 00+000 – Km. 00+240
- Km. 05+900 – Km. 07+620
- Km. 07+900 – Km. 08+320
- Km. 08+700 – Km. 09+643

Se clasifican estos materiales como suelos limosos orgánicos e inorgánicos, materiales inadecuados con sectores que actualmente se usan como terrenos de cultivo de arroz con presencia de humedad (en los cuales se recomienda proyectar un buen sistema de drenaje y el reemplazo de una parte de la subrasante con material de préstamo en los puntos más críticos), y así mismo es recomendable no emplear estos materiales como relleno a lo largo de la vía.

Presencia de nivel freático

En las exploraciones a cielo abierto realizadas a lo largo del eje de la vía proyectada para la Alternativa de Trazo N° 01 del Km. 0+000 al Km. 9+000 no se ha encontrado presencia de filtraciones o nivel freático hasta 1.50 m de profundidad excavados por debajo del nivel de terreno existente, luego desde el Km. 9+000 al Km. 9+910 se encontró presencia del Nivel Freático a 0.50 m del nivel del terreno existente. En la Alternativa de Trazo N° 02, se identificó presencia del Nivel Freático desde del Km 5+900 al Km 9+643, a 0.50 m de profundidad del nivel del terreno existente.

El contenido de humedad también lo proporcionan las lluvias, que en la zona son intensas, por lo cual se recomienda un buen drenaje longitudinal, tanto superficial como subterráneo, para evitar la acumulación de agua, que pueda afectar el tiempo de vida de la estructura del pavimento.

Mejoramiento de suelos de la subrasante

Se ha identificado los sectores con suelos inadecuados para la subrasante tanto para la alternativa de Trazo N° 01 y Trazo N° 02. La alternativa de Solución adoptada para el mejoramiento de suelos de la subrasante existente para ambas alternativas de Trazo (que evidencian la presencia de suelos con vegetación con contenido de material orgánico y en estado húmedo), es el reemplazo de la del material de la subrasante existente por material de préstamo (material de cantera) en una profundidad de 1.00 m.

Sectorización de la vía

Para efectos de una mejor evaluación se ha sectorizado la carretera en estudio por tramos homogéneos que posean características similares, basados en el tipo de suelo existente determinado, según las inspecciones visuales ejecutadas a lo largo del eje de las 02 Alternativas de trazo:

Tabla 10: Sectores homogéneos – alternativa de trazo n° 01 – cuadro 1.

ITEM	SECTOR	CARACTERÍSTICAS DEL TRAMO HOMOGÉNEO	PANEL FOTOGRÁFICO
1.0	Km 00+000 – Km 01+470	Presenta una superficie de vegetación densa, con un espesor variable de 0.20m – 0.50m (según registros de excavación) de Cobertura vegetal en las partes más densas. (Fotografía tomada cerca del Km 00+000)	
2.0	Km 01+470 – Km 03+050	Presenta una superficie a nivel de trocha con ancho variable. Cobertura vegetal de un espesor variable de 0.20m – 0.40m (según registros de excavación) de Cobertura vegetal en las partes más densas. (Fotografía tomada cerca del Km 03+040)	

Fuente: Propia.

Tabla 11: Sectores homogéneos – alternativa de trazo n° 01 – cuadro 2.

ITEM	SECTOR	CARACTERÍSTICAS DEL TRAMO HOMOGÉNEO	PANEL FOTOGRÁFICO
3.0	Km 03+050 – Km 03+400	<p>Presenta una superficie a nivel de trocha con ancho variable. Cobertura vegetal de un espesor variable de 0.05m – 0.20m (según registros de excavación). Material limoso a arenoso con presencia de gravas.</p> <p>(Fotografía tomada en Santa Teresita Km 04+500)</p>	
4.0	Km 03+400 – Km 09+200	<p>La vía desciende por terrenos semi boscosos hasta el río Amojú, con suelos con material orgánico en un espesor variable de 0.05m – 0.20m (según registros de excavación). Debajo de este se encontró Material limoso a arenoso con presencia de gravas semiredondeadas.</p>	
5.0	Km 09+200 – Km 09+910	<p>Tramo cruce del Río Amojú, granulometría gruesa heterolítica con arenas.</p> <p>(Fotografía tomada cerca del Km 09+250)</p>	
6.0	Km 09+910	<p>Empalme con la carretera Jaén – San Ignacio</p>	





Fuente: Propia.

Tabla 12: Sectores homogéneos – alternativa de trazo n° 02 – cuadro 1.

ITEM	SECTOR	CARACTERÍSTICAS DEL TRAMO HOMOGÉNEO	PANEL FOTOGRÁFICO
1.0	Km 00+000 – Km 01+470	<p>Presenta una superficie de vegetación densa, con un espesor variable de 0.20m – 0.50m (según registros de excavación) de Cobertura vegetal en las partes más densas.</p> <p>(Fotografía tomada cerca del Km 00+000)</p>	
2.0	Km 01+470 – Km 03+050	<p>Presenta una superficie a nivel de trocha con ancho variable. Cobertura vegetal de un espesor variable de 0.20m – 0.40m (según registros de excavación) de Cobertura vegetal en las partes más densas.</p> <p>(Fotografía tomada cerca del Km 03+040)</p>	
3.0	Km 03+050 – Km 04+550	<p>Presenta una superficie a nivel de trocha con ancho variable. Cobertura vegetal de un espesor variable de 0.05m – 0.20m (según registros de excavación). Material limoso a arenoso con presencia de gravas.</p> <p>(Fotografía tomada en Santa Teresita Km 04+500)</p>	
4.0	Km 04+550 – Km 06+700	<p>Superficie a nivel de trocha con ancho variable. Presenta corte de talud con matriz limo arenoso con gravas de dimensión variable y moderada cohesión.</p> <p>(Fotografía tomada en Santa Teresita Km 04+600)</p>	

Fuente: Propia.

Tabla 13: Sectores homogéneos – alternativa de trazo n° 02 – cuadro 2.

ITEM	SECTOR	CARACTERÍSTICAS DEL TRAMO HOMOGÉNEO	PANEL FOTOGRÁFICO
5.0	Km 06+700 – Km 08+000	<p>Superficie a nivel de trocha con ancho variable. Presenta corte de talud con matriz limo arenoso con gravas de dimensión variable y moderada cohesión.</p> <p>(Fotografía tomada en San Nicolás Km 07+500)</p>	
6.0	Km 8+000 – Km 09+150	<p>Presenta una superficie de vegetación densa, con un espesor variable de 0.20m – 0.50m (según registros de excavación) de Cobertura vegetal en las partes más densas.</p> <p>(Fotografía tomada cerca del Km 08+900)</p>	
7.0	Km 09+150 – Km 09+300	<p>Tramo cruce del Río Amaju, granulometría gruesa con arenas.</p> <p>(Fotografía tomada cerca del Km 09+250)</p>	
8.0	Km 09+300 – Km 10+000.72	<p>Superficie a nivel de trocha con ancho angosto. Presenta material limo arenoso con gravas de dimensiones centimétricas y moderada cohesión.</p> <p>(Fotografía tomada en Santa Teresita Km 09+800)</p>	

Fuente: Propia.

3.7.2. Estudio de canteras y fuentes de agua

Canteras

El Estudio de Canteras comprendió las siguientes actividades:

- Reconocimiento de campo dentro del área de influencia del proyecto para identificar aquellos lugares considerados como probable fuente de materiales.
- Inspección visual y delimitación de las canteras o bancos de materiales identificados.
- Caracterización visual del material de cantera y evaluación de la capacidad y volumen para abastecer los diferentes tipos de material para su uso en obra para: relleno, sub-base granular, base granular, concreto de cemento Pórtland, concreto de cemento asfáltico y materiales para obras de arte en general.
- Recopilación de Información existente
- Levantamiento topográfico preliminar para determinar la potencia de la cantera.

Reconocimiento del terreno, exploración y recopilación de información

El trabajo de campo efectuado ha consistido en la exploración visual, ubicación, delimitación de las canteras existentes en la zona del proyecto.

Con la finalidad de determinar el área por explotarse se realizaron fichas de campo que incluyen la delimitación de la cantera.

Adicionalmente se determinaron las distancias de transporte, las condiciones de los caminos de acceso desde la carretera en estudio hasta el centro de gravedad de la cantera y desde este punto será en la misma zona del proyecto y/o planta de concreto. De la exploración efectuada en las áreas circundantes al proyecto, se identificaron las canteras considerando sus usos probables según lo siguiente:

Cantera n° 01 (de río): “Cantera La Perla – Río Chamaya”

Denominada Cantera La Perla (cantera de río) la cual se encuentra ubicada en el km. 0+000 de la Carretera Chamaya – Jaén – San Ignacio, en el Centro Poblado de Chamaya; en la margen izquierda del río Chamaya, esta cantera se encuentra ubicada a 11.80 Km. del inicio de la Vía Evitamiento (Km. 0+000 Inicio de proyecto).

El acceso a la cantera es 250 m de vía asfaltada de la carretera Belaunde Terry en dirección Olmos y por una trocha carrozable que conecta la citada carretera con la cantera, como referencia indicamos que el acceso a la cantera se encuentra a un costado del grifo Cruz de Motupe.

Figura 5: Cantera “La Perla” Rio Chamaya.



Fuente: Propia.

Material de gravas y arenas

Compuesto por Material Fluvial conformado por Gravas con arena de forma sub-redondeada, de color plomo, no plástico. Presenta Arenas de grano medio a fino.

Esta cantera es administrada por la Municipalidad del Centro Poblado menor de Chamaya.

Propuesta: Usar material proveniente del río Chamaya, para ser usados como material para rellenos, sub-bases granulares, bases granulares, mezclas de concreto de cemento portland, mezclas asfálticas, etc.

Figura 6: Cantera “La Perla” – Río Chamaya (Vista panorámica)



Fuente: Propia.

Tabla 14: Rendimientos de la Cantera “La Perla – Río Chamaya”

USOS	RENDIMIENTO ESTIMADO
Relleno	90%
Sub-Base Granular	90%
Base Granular	100%
Mezcla Asfáltica en Caliente	100%
Mezcla Concreto Cemento Portland	100%
Defensa Ribereña	100%

Fuente: Propia.

Evaluación

Se obtiene el siguiente cuadro:

Diámetro máximo	8"
Material para chancado entre 1" a 8"	50.1 %
Material grueso entre 3/8" a 1"	13.5 %
Material fino entre N° 100 a 3/8"	36.4%

Se ha permitido determinar que el material típico está conformado por grava mal graduada de forma subredondeada, de color gris claro, presentando un 10% de bolonería mayor 3" con un tamaño máximo de 8". No presenta impurezas orgánicas, también se pudo obtener las siguientes características de los materiales:

- La piedra es ideal para Chancado.
- El material menor de 3" tiene la siguiente distribución:

Piedra : 62.9%

Arena : 34.9%

Finos : 2.2%

- El material se clasifica como:

Sistema SUCS : Grava mal graduada (GP)

Sistema AASHTO : A-1-a (O)

Disponibilidad y eficiencia

Se obtuvo lo siguiente:

La cantera Chamaya, tiene un área para explotación de 70,000 m² y una potencia de 1.5m., obteniéndose un volumen disponible de 105,000 m³

Gradación Eficiencia

- Grava de 1" a 3/8" 13.5 %
- Arena menor de 3/8" 34.2 %

La disponibilidad del material respecto al volumen total con su respectiva eficiencia es el siguiente:

- Material para chancado de 1" a 8" 52,605 m³
- Grava 14,175 m³
- Arena 38,220 m³

- La napa freática se encuentra a 0.60 m.
- Es necesario limpiar 0.20 m. superficiales antes de su explotación.

Tabla 15: Comparativo de Resultados de Ensayos con los Requerimientos.

Ensayos	Resultados	Requerimientos Sub base	Base	Carpeta Asfáltica
Hormigón				
Índice de Plasticidad	N.P.	6 max.	N.P.	
CBR (%) (100% - 02%)	89	30 mín	100 mín.	
CBR (%) (95% - 02%)	58			
Agregado Grueso				
Abrasión (%)	20.2	50 max.	40 max.	40 max.
Sales solubles totales (%)	0.0048	0.5 max.	0.5 max.	0.5 max.
Durabilidad (%)	5.57	12 max.	12 max.	12 max.
Adherencia (%)	+95	-	-	+95
Part. Chatas y Alargadas (%)	7.2	-	15 max.	15 max.
Caras Fracturadas (%)	45.3	-		75 min.
Agregado Fino				
Impurezas Orgánicas	Aceptable	-	-	Aceptable
Sales Solubles Totales (%)	0.0076	0.5 max.	0.5 max.	0.5 max.
Equivalente de Arena (%)	77.49	25 min.	35 min.	50 min.
Durabilidad (%)	4.31	-	12 max.	10 max.
Riedel Weber (Grado)	-	-	-	Min. 4
Índice Plástico N° 200 (%)	3	-	-	Max. 4

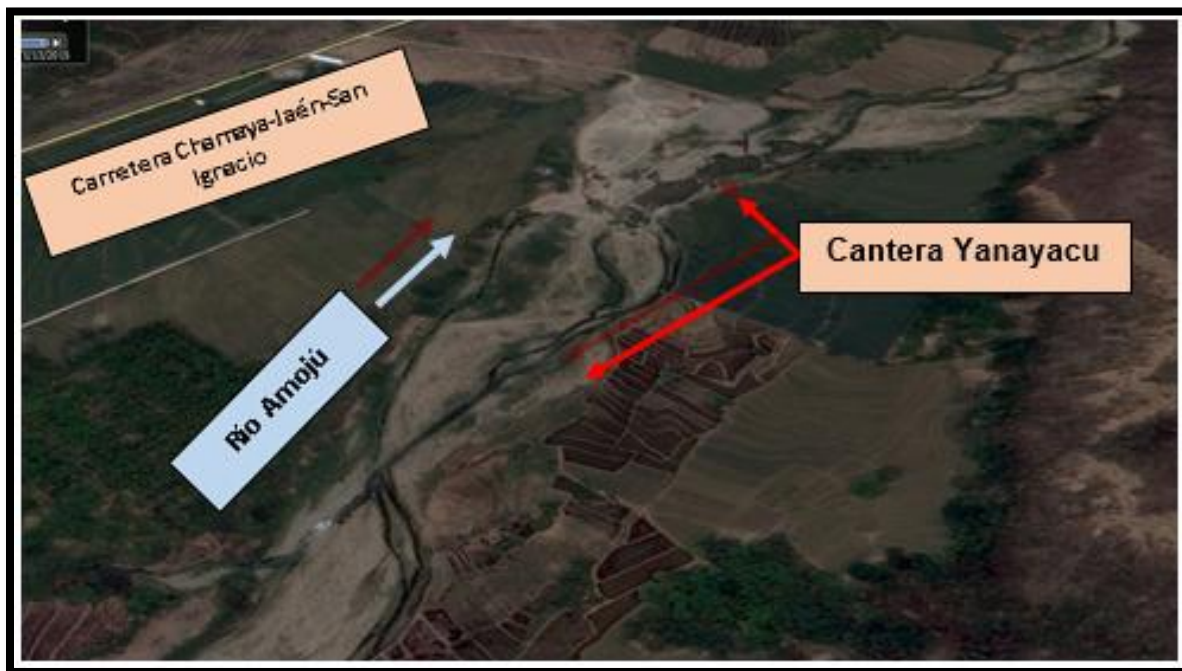
Fuente: Propia.

B. Cantera N° 02 (de río): “Yanayacu”

La cantera Yanayacu se ubica en la margen izquierda del río Amojú al lado derecho de la vía, en el Km. 24+910 de la Carretera Chamaya – Jaén – San Ignacio, en las afueras de la Ciudad de Jaén, esta cantera se encuentra ubicada a 2.08 Km., del final del Proyecto Vía de Evitamiento de la Ciudad de Jaén (Km. 9+910 Fin del proyecto Alternativa de Trazo N° 01).

El acceso a la cantera es de 400 m de Trocha carrozable en mal estado de conservación.

Figura 7: Cantera Yanayacu (río Amojú)



Fuente: Propia.

MATERIAL DE GRAVAS Y ARENAS: Compuesto por Material Fluvial conformado por Gravas con arena de forma subredondeada, de color plomo, no plástico. Presenta boloneras de 3". Esta cantera es administrada por la Municipalidad de Bellavista.

Propuesta: Usar material proveniente del Rio Amojú, para ser usados como material para rellenos, sub-bases granulares, bases granulares, mezclas de concreto de cemento portland, mezclas asfálticas y piedras para gaviones y/o emboquillados, etc.

Tabla 16: Rendimientos de la Cantera “Yanayacu”

USOS	RENDIMIENTO ESTIMADO
Relleno	85%
Sub-Base Granular	85%
Base Granular	100%
Mezcla Asfáltica en Caliente	100%
Mezcla Concreto Cemento Portland	100%
Defensa Ribereña	100%

Fuente: Propia.

Evaluación

Se obtiene el siguiente detalle:

- Diámetro máximo : 7.5"

- Material para chancado entre 1" a 7.5" : 54.4%
- Material grueso entre 3/8" a 1" : 10.3%
- Material fino entre No 100 a 3/8" : 35.3%

Analizando el citado estudio se ha permitido determinar que el material típico está conformado por grava mal graduada de forma subredondeada, de color gris claro, presentando un 15% de bolonería mayor 3" con un tamaño máximo de 7.5". No presenta impurezas orgánicas, también se pudo obtener las siguientes características de los materiales:

La piedra es ideal para Chancado.

El material menor de 3" tiene la siguiente distribución:

- Piedra 51.7%
- Arena 46%
- Finos 2.3 %

El material se clasifica como:

- Sistema SUCS : Grava mal graduada (GP)
- Sistema AASHTO : A-1-a (O)

Disponibilidad y eficiencia

Se obtuvo lo siguiente:

Tiene un área para explotación de 90,000 m² y una potencia de 1.5 m., obteniéndose un volumen disponible de 135,000 m³

Gradación	Eficiencia
Grava de 1" a 3/8"	10.3%
Arena menor de 3/8"	33.0%

La disponibilidad del material respecto al volumen total con su respectiva eficiencia es el siguiente:

Material para chancado de 1" a 7.5" : 73,440 m³

Grava : 13,905 m³

Arena : 47,655 m³

La napa freática se encuentra a 0.75 m.

Es necesario limpiar 0.20 m. superficiales antes de su explotación.

Tabla 17: Comparativo de Resultados de Ensayos con los Requerimientos.

Ensayos	Resultados	Requerimientos Sub base	Base	Carpeta Asfáltica
Hormigón				
Índice de Plasticidad	N.P.	6 max.	N.P.	
CBR (%) (100% - 02%)	100.5	30 mín	100 mín.	
CBR (%) (95% - 02%)	58			
Agregado Grueso				
Abrasión (%)	20.4	50 max.	40 max.	40 max.
Sales solubles totales (%)	0.0072	0.5 max.	0.5 max.	0.5 max.
Durabilidad (%)	7.06	12 max.	12 max.	12 max.
Adherencia (%)	+95	-	-	+95
Part. Chatas y Alargadas (%)	1.0	-	15 max.	15 max.
Caras Fracturadas (%)	44.6	-		75 min.
Agregado Fino				
Impurezas Orgánicas	Aceptable	-	-	Aceptable
Sales Solubles Totales (%)	0.0128	0.5 max.	0.5 max.	0.5 max.
Equivalente de Arena (%)	84.90	25 min.	35 min.	50 min.
Durabilidad (%)	4.16	-	12 max.	10 max.
Riedel Weber (Grado)	3 - 9	-	-	Min. 4
Índice Plástico N° 200 (%)	2.0	-	-	Max. 4

Fuente: Propia.

Cálculo del volumen requerido de materiales

Por otro lado, el Volumen Requerido necesario para ejecutar las obras, suma la cantidad de 61,130.00 m³

Tabla 18: Volumen requerido de agregados – alternativa n°01/02.

TIPO DE MATERIALES	UNIDAD	VOLUMEN REQUERIDO	
		ALTERNATIVA N°01 (asfalto)	ALTERNATIVA N°02 (TSB)
A. MATERIALES PARA PAVIMENTOS			
SUB BASE GRANULAR	m ³	28,800.00	28,800.00
BASE GRANULAR	m ³	19,200.00	19,200.00
MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE	m ³	9,000.00	36,000.00
TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA (TSB)	m ³	---	2,700.00
CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE	m ³	8,000.00	---
B. MATERIALES PARA PUENTES			
CONCRETO DE CEMENTO PORTLAND	m ³	500.00	500.00
DEFENSAS RIBEREÑAS	m ³	3,000.00	3,000.00
C. MATERIALES PARA OBRAS DE ARTE Y DRENAJE			
CONCRETO PARA ALCANTARILLAS (TMC)	m ³	30.00	30.00
CONCRETO PARA CUNETAS	m ³	1,500.00	1,500.00
CONCRETO PARA BADENES	m ³	100.00	100.00
TOTAL	m³	70,130.00	91,830.00

Fuente: Propia.

Trabajos de gabinete

Descripción y evaluación de canteras

Para la adecuada descripción de las canteras se ha elaborado una leyenda para los usos y tratamientos, los que se indican en la siguiente tabla.

Tabla 19: Simbología de usos y tratamientos de canteras

ABREVIATURA	DEFINICION
R	RELLENO PARA ESTRUCTURAS
Te	TERRAPLEN
A	AFIRMADO
SBG	SUB-BASE GRANULAR
BG	BASE GRANULAR
TSB	TRATAMIENTO SUPERFICIL BICAPA
CCP	CONCRETO CEMENTO PORTLAND
CA	CONCRETO ASFALTICO
G	GAVIONES
E	EMBOQUILLADO
Z	ZARANDEO
Ex	EXTRACCION
T	TRITURADO
TP	TRITURACION PRIMARIA
TS	TRITURACION SECUNDARIA
L	LAVADO
LCV	LIMPIEZA COBERTURA VEGETAL
A	ADITIVO MEJORADOR DE ADHERENCIA
M	MEZCLA

Fuente: Propia.

Para el presente estudio de canteras a utilizar en obra, son aquellas que tiene mayor volumen y/o que abastecen en materiales (volumen) a la necesidad del proyecto. De estas canteras se han realizado todos los ensayos necesarios para la evaluación y determinación de su utilidad en las diferentes obras a realizar en el proyecto.

Descripción detallada de canteras

Cantera n° 01 (de río): “Cantera La Perla – río Chamaya”

Ubicación:

Km. 0+000 de la carretera Chamaya - Jaén - San Ignacio

Descripción: se encuentra ubicada en el km. 0+000 de la Carretera Chamaya – Jaén – San Ignacio, en el Centro Poblado de Chamaya; en la margen izquierda del río Chamaya, esta cantera se encuentra ubicada a 11.80 Km. del inicio de la Vía Evitamiento (Km. 0+000 Inicio de proyecto).El acceso a la cantera es 250 m de vía asfaltada de la carretera Belaunde Terry en dirección Olmos y por una trocha carrozable que conecta la citada carretera con la cantera, como referencia indicamos que el acceso a la cantera se encuentra a un costado del grifo Cruz de Motupe.

Material de gravas y arenas: Compuesto por Material Fluvial conformado por Arena pobremente graduada, Clasificación SUCS: "SP", de compacidad media, Límite Líquido = N.T. %, Límite Plástico = N.P. %, en estado húmedo de color plomo oscuro. Presenta Gravas de forma redondeada a sub-redondeada, textura lisa a semirugosa, de tamaño máximo de 2-1/2". Presenta boloneras de 3" a 8".

Tabla 20: Ficha de caracterización y explotación de cantera Chamaya – Cuadro 1

FICHA DE CARACTERIZACIÓN Y EXPLOTACIÓN DE CANTERAS			
NOMBRE:			
Cantera "La Perla - Río Chamaya"			
UBICACIÓN Y PROGRESIVA:			
Km. 0+000 de la carretera Chamaya - Jaén - San Ignacio			
LADO Y ACCESO:			
Lado derecho, el acceso a la cantera es 250 m de vía asfaltada de la carretera Belaunde Terry en dirección Olmos y por una trocha carrozable que conecta la citada carretera con la cantera, como referencia indicamos que el acceso a la cantera se encuentra a un costado del grifo Cruz de Motupej.			
AREA Y PERIMETRO:			
7.00 Ha y 727.827 m.			
TIPO DE CANTERA:			
Cantera de río			
COORDENADAS UTM (POLIGONAL) DATUM:			DATUM: WGS-84 - ZONA 18
POLIGONAL - CANTERA "LA PERLA – RIO CHAMAYA"			
	VERTICE	ESTE (m)	NORTE (m)
	V1	748,006.31	9,353,814.64
	V2	748,092.81	9,353,821.00
	V3	748,148.61	9,353,852.34
	V4	748,230.08	9,353,913.62
	V5	748,248.41	9,354,012.41
	V6	748,122.56	9,354,014.65
	V7	748,040.14	9,353,949.62
	V8	748,002.82	9,353,874.35
UBICACIÓN GENERAL:			
Denominada Cantera La Perla (cantera de río) la cual se encuentra ubicada en el km. 0+000 de la Carretera Chamaya – Jaén – San Ignacio, en el Centro Poblado de Chamaya; en la margen izquierda del río Chamaya, esta cantera se encuentra ubicada a 11.80 Km. del inicio de la Vía Evitamiento (Km. 0+000 Inicio de proyecto).			

Fuente: Municipalidad provincial de Jaén.

Tabla 21: Ficha de caracterización y explotación de cantera Chamaya – Cuadro 2

UBICACIÓN GEOGRÁFICA	
Altitud:	475 msnm
Cuenca:	Chamaya
Rio:	Chamaya
Margen:	Izquierda
DESCRIPCIÓN:	
Propiedad del Terreno:	Municipalidad del Centro Poblado Menor de Chamaya
Relieve y Pendiente:	Relieve plano y baja pendiente
Suelos:	De origen fluvial
Capacidad de Uso Mayor:	X-P3c (t) Tierras aptas para pastos baja calidad agrícola con limitaciones por topografía y erosión
Tipo de vegetación y cobertura:	En la rivera se observa escasa cobertura vegetal
Uso Actual:	Explotación de Canteras
Presencia de cuerpos de agua:	La cantera se encuentra sobre el cauce del río Chamaya
Distancia a centro Poblados:	a 100 m del Centro Poblado de Chamaya
Distancia a áreas de cultivos:	Aproximadamente a 500 m.
Afectación a ANPs y ZA:	Ninguna
Afectación de S. Arqueológicos:	No hay afectación de Sitios Arqueológicos
PLAN DE EXPLOTACIÓN	
1. Tipo de Material	Grava pobremente graduada
2. Uso de Material:	Relleno, sub-base y base granular, concreto hidráulico, y concreto asfáltico.
3. Volumen Potencial:	588,857.90 m ³
4. Volumen a extraer:	60,000 m ³
5. Tiempo de explotación:	12 Meses - En época de Estiaje
6. Profundidad de corte (m):	1.50 m
7. Altura de los bancos (m):	1.50 m
8: Angulo de los Taludes:	H:1 - V:2

Fuente: Municipalidad provincial de Jaén.

a) Cálculo de Rendimientos – Cantera N° 1 “Río Chamaya”

Diámetro máximo : 8”

Material para chancado entre 1” a 8” : 50.1 %

Material grueso entre 3/8" a 1" : 13.5 %

Material N° 100 a 3/8" : 36.4 %

b) Rendimiento estimado

Relleno : 90%

Sub-Base Granular : 90%

Base Granular : 100%

Mezcla Asfáltica en Caliente : 100%

Concreto de Cemento Portland : 100%

Defensa Ribereña : 100 %

c) Material menor de 3" tiene la siguiente distribución:

Piedra : 62.9%

Arena : 34.9%

Finos : 2.2%

Cantera n° 02 (de río): “Cantera Yanayacu – Río Amuju”

La cantera Yanayacu se ubica en la margen izquierda del río Amuju al lado derecho de la vía, en el Km. 24+910 de la Carretera Chamaya – Jaén – San Ignacio, en las afueras de la Ciudad de Jaén, esta cantera se encuentra ubicada a 2.08 Km. Del final del Proyecto Vía de Evitamiento (Km. 9+910 Fin del proyecto Alternativa de Trazo N° 01). El acceso a la cantera es de 400 m de Trocha carrozable en mal estado de conservación.

Tabla 22: Ficha de caracterización y explotación de cantera Yanayacu – Cuadro 1.

FICHA DE CARACTERIZACIÓN Y EXPLOTACIÓN DE CANTERAS																																
NOMBRE:																																
Cantera "Yanayacu - Río Amuju"																																
UBICACIÓN Y PROGRESIVA:																																
Km. 24+910 de la carretera Chamaya - Jaén - San Ignacio																																
LADO Y ACCESO:																																
Lado derecho, el acceso a la cantera es de 400 m de Trocha carrozable en mal estado de conservación.																																
AREA Y PERIMETRO:																																
9.00 Ha y 1,300 m.																																
TIPO DE CANTERA:																																
Cantera de río																																
COORDENADAS UTM (POLIGONAL) DATUM:		DATUM: WGS-84 - ZONA 18																														
<table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="3">POLIGONAL - CANTERA YANAYACU</th> </tr> <tr> <th>VERTICE</th> <th>ESTE (m)</th> <th>NORTE (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>V1</td> <td>7468,24.53</td> <td>9,371,780.32</td> </tr> <tr> <td>V2</td> <td>746,944.01</td> <td>9,372,050.66</td> </tr> <tr> <td>V3</td> <td>747,338.13</td> <td>9,3722,31.40</td> </tr> <tr> <td>V4</td> <td>747,506.73</td> <td>9,372,514.06</td> </tr> <tr> <td>V5</td> <td>747,377.84</td> <td>9,372,657.84</td> </tr> <tr> <td>V6</td> <td>747,008.80</td> <td>9,372,418.36</td> </tr> <tr> <td>V7</td> <td>746,740.58</td> <td>9,372,273.77</td> </tr> <tr> <td>V8</td> <td>746,613.38</td> <td>9,371,948.40</td> </tr> </tbody> </table>			POLIGONAL - CANTERA YANAYACU			VERTICE	ESTE (m)	NORTE (m)	V1	7468,24.53	9,371,780.32	V2	746,944.01	9,372,050.66	V3	747,338.13	9,3722,31.40	V4	747,506.73	9,372,514.06	V5	747,377.84	9,372,657.84	V6	747,008.80	9,372,418.36	V7	746,740.58	9,372,273.77	V8	746,613.38	9,371,948.40
POLIGONAL - CANTERA YANAYACU																																
VERTICE	ESTE (m)	NORTE (m)																														
V1	7468,24.53	9,371,780.32																														
V2	746,944.01	9,372,050.66																														
V3	747,338.13	9,3722,31.40																														
V4	747,506.73	9,372,514.06																														
V5	747,377.84	9,372,657.84																														
V6	747,008.80	9,372,418.36																														
V7	746,740.58	9,372,273.77																														
V8	746,613.38	9,371,948.40																														

Fuente: Municipalidad provincial de Jaén.

Tabla 23: Ficha de caracterización y explotación de cantera Yanayacu – Cuadro 2.

UBICACIÓN GENERAL:	
La cantera Yanayacu se ubica en la margen izquierda del río Amojú al lado derecho de la vía, en el Km. 24+910 de la Carretera Chamaya – Jaén – San Ignacio, en las afueras de la Ciudad de Jaén, esta cantera se encuentra ubicada a 2.08 Km. Del final del Proyecto Vía de Evitamiento (Km. 9+910 Fin del proyecto Alternativa de Trazo N° 01). El acceso a la cantera es de 400 m de Trocha carrozable en mal estado de conservación.	
UBICACIÓN GEOGRAFICA	
Altitud:	600 msnm
Cuenca:	Río Amojú
Río:	Amojú
Margen:	Izquierda
DESCRIPCION:	
Propiedad del Terreno:	Municipalidad del Distrital de Jaén
Relieve y Pendiente:	Relieve plano y baja moderada
Suelos:	De origen fluvial
Capacidad de Uso Mayor:	A-2s (r) Tierras aptas para el cultivo de calidad agrícola media, suelo con limitaciones por topografía y erosión.
Tipo de vegetación y cobertura:	En la rivera se observa cobertura vegetal
Uso Actual:	Explotación de Canteras
Presencia de cuerpos de agua:	La cantera se encuentra sobre el cauce del río Amojú
Distancia a centro Poblados:	a 1200 m del Centro Poblado de Bellavista
Distancia a áreas de cultivos:	Aproximadamente a 300 m.
Afectación a ANPs y ZA:	Ninguna
Afectación de S. Arqueológicos:	No hay afectación de Sitios Arqueológicos

Fuente: Municipalidad provincial de Jaén.

Figura 8: Imágenes de cantera Yanayacu



Fuente: Propia.

IV. Resultados

4.1 Diseño de pavimentos

El pavimento es la capa o conjunto de capas de materiales apropiados, comprendidos entre la superficie de la subrasante (capa superior de las explanaciones) y la superficie de rodadura, cuyas principales funciones son las de proporcionar una superficie uniforme, de color y texturas apropiados, resistentes a la acción del tránsito, a la del intemperismo y de otros agentes perjudiciales.

Así como transmitir adecuadamente al terreno de fundación, los esfuerzos producidos por las cargas impuestas por el tránsito fluido de los vehículos, con la comodidad, seguridad y economía previstos por el proyecto.

Teniendo como base la información de los estudios recopilados (ensayos de laboratorio) y de los trabajos de campo, se estiman los espesores de la estructura del pavimento que se proyecta colocarse con la finalidad de soportar las solicitaciones de cargas que serán transmitidas por los vehículos que se proyecta pasarán por los accesos.

Evaluación de las alternativas

En el proyecto se han considerado 02 alternativas de Trazo

Alternativa de trazo n° 01

Esta vía de evitamiento propuesta se emplaza con dirección Nor – Nor Este, a partir del Km 11+800, de la carretera Chamaya (Km. 0+000) – Jaén – San Ignacio, específicamente en una curva, en cuyo lado adyacente derecho se encuentra el grifo de PetroPerú, atravesando al inicio una antigua quebrada seca, que conforma una concavidad, luego prosigue por la ladera media inferior de cerros de moderadas pendientes, atraviesa una trocha carrozable, donde se proyecta un Puente de 20 m de longitud en el Km. 3+015, luego sigue el trazo emplazándose mediante cortes bajos por las partes altas de aislados centros poblados hasta el Km 5+300 continua por las laderas inferiores de promontorios (lomadas) de moderadas pendientes por las partes superiores de villorios como Santa Teresita y San Isidro; descendiendo después hasta atravesar el rio Amuju, donde se proyectara un Puente de 40 m de longitud el Km. 9+010, luego continúa por terrazas aluviales escalonadas hasta empalmar con la actual carretera Chamaya - Jaén – San Ignacio, en el Km 22+830 de la misma, con una longitud de 9.91 Km. Es de señalar que, durante su trayectoria por las laderas inferiores de los diversos cerros y lomadas, en este trazo existen sectores donde se proyectaran mejoramientos de suelos a nivel de subrasante.

Alternativa de trazo n° 02

Esta vía de evitamiento es común a la alternativa de trazo N° 1 propuesta hasta el km 3+400.25. A partir de allí el trazo de esta alternativa prosigue por una antigua terraza aluvial de topografía predominantemente llana, conformada por terrenos de sembríos de arrozales, luego el trazo llega a cruzar el río Amaju, donde se ha proyectado un 40 m de longitud el Km. 07+655 el cual presenta las mismas características geométricas y estructurales de la propuesta en la Alternativa de Trazo N° 01, luego el trazo sigue emplazándose sobre conformada por terrenos de cultivos principalmente de arroz, hasta empalmar con la actual carretera Chamaya (Km. 0+000) - Jaén – San Ignacio en el Km 22+350 de la misma, con una longitud de 9.643 Km. en este tramo la vía proyectada se desarrollara en terraplén y se proyectaran sectores con mejoramientos de suelos a nivel de subrasante.

Tráfico para el diseño del pavimento

El número acumulado de cargas de Eje Equivalente de diseño (8.20 Ton.) que circula por las vías de acceso durante la vida útil prevista, se ha determinado en base a los trabajos de gabinete efectuados y a los respectivos análisis correspondientes para cada caso. Teniendo en cuenta que la estructura del pavimento a proyectar, estará conformada por una superficie de rodadura Pavimentada “Afirmado” se adoptará 10 años como periodo de diseño, con fines de diseño de la estructura del Afirmado.

Por lo general se debe establecer el primer año de servicio (Año Base), teniendo en cuenta los años correspondientes a trámites administrativos, proceso de licitación y ejecución de obra. Cuando la vía esté concluida se considera como primer año de vida de la estructura y por lo tanto se deberá estimar los años respectivos que corresponda al año verdadero de estructura, tanto al inicio como al final del servicio.

La proyección del tráfico, se elabora teniendo en cuenta el número acumulado de repeticiones de Ejes Equivalentes de carga por Eje Equivalente de diseño (8.2 Tn), para un solo sentido, en un periodo de vida útil de (n) años y una tasa de crecimiento (r) y que ésta circulará por el carril de diseño durante la vida útil prevista.

Conteo de tráfico vehicular

Para su determinación del tráfico vehicular actual se efectuaron trabajos de campo que consistieron básicamente en el relevamiento de la información mediante:

- Conteos Volumétricos por tipo de vehículo
- Encuestas origen destino para conocer de dónde y hacia dónde se dirigen los transportistas que recorren el tramo vial en estudio.

El conteo del tráfico actual se realizó durante un período de siete (07) días de la semana y durante las 24 horas del día, desde el día miércoles 04 al miércoles 11 de mayo del 2016.

El trabajo de encuestas origen destino se llevó a cabo durante tres días, de acuerdo a coordinaciones previas, llevadas a cabo por 12 horas durante 3 días de las 07:00 horas hasta las 19:00 horas.

Los trabajos de control de velocidades, se utilizó el método de la placa.

Índice Medio Diario Anual - IMDA

El índice medio anual (IMDA) se determina multiplicando el promedio del tráfico semanal por el factor de corrección antes indicado. En la estación de control E1 “Grifo Jaén”, el IMD Anual es de 3,754 vehículos, de los cuales 3,257 son vehículos ligeros (autos, pick up, camionetas rurales, micros y omnibuses) que representan el 86.8%; y 497 vehículos pesados (camiones y articulados) que representan el 13.2.0%; mientras que en la estación E2 “Estación Puente Jaén”, el IMD Anual es de 3,373 vehículos, de los cuales 2,932 son vehículos ligeros (autos, pick up, camionetas rurales, micros y omnibuses) que representan el 86.9% y 441 vehículos pesados (camiones y articulados) que representan el 13.1%.

Los conteos volumétricos realizados tienen por objeto conocer los volúmenes de tráfico que soporta los accesos del puente Corpac en estudio, así como su composición vehicular y variación diaria.

En el siguiente cuadro se presenta la composición del tráfico por tipo de los puntos aforados.

En la estación E1, el mayor flujo de vehículos se explica por el tráfico de vehículos que se desplazan desde Chamaya, Bagua y Utcubamba hacia Jaén; mientras que, en la estación E3 el flujo de vehículos es desde San Ignacio, Namballe, La Balsa y aquellos vehículos de larga distancia que solo cruzan la ciudad puesto que su origen y destino no es Jaén.

Tabla 24: Índice Médio Diário Anual – IMDa - Estación E1 – Grifo Jaén (Veh/día)

<i>Tipo de Vehículos</i>	<i>IMDa</i>	<i>Distrib.%</i>
<i>Autos</i>	<i>1315</i>	<i>35.03%</i>
<i>Camioneta Pick Up</i>	<i>1019</i>	<i>27.14%</i>
<i>Rural (Combi)</i>	<i>816</i>	<i>21.74%</i>
<i>Micros</i>	<i>7</i>	<i>0.19%</i>
<i>Ómnibus 2E, 3E y 4E</i>	<i>100</i>	<i>2.66%</i>
<i>Camión 2E</i>	<i>292</i>	<i>7.78%</i>
<i>Camión 3E</i>	<i>70</i>	<i>1.86%</i>
<i>Camión 4E</i>	<i>17</i>	<i>0.45%</i>
<i>Semi tráiler</i>	<i>104</i>	<i>2.77%</i>
<i>Trayler</i>	<i>14</i>	<i>0.37%</i>
<i>TOTAL IMD</i>	<i>3,754</i>	<i>100.00%</i>

Fuente: Propia.

En la estación E3, el flujo de vehículos es desde San Ignacio, Namballe, La Balsa hacia Jaén; cabe indicar, que la ciudad de Jaén sirve de paso para aquellos vehículos de larga distancia que su origen y destino no es Jaén.

Índice Medio Diario del Tráfico Desviado

Para la determinación del tráfico desviado, ha sido necesario procesar las encuestas origen destino tanto de vehículos de pasajeros como de vehículos pesados; asimismo, la identificación de los orígenes y destinos por cada tipo de vehículos, con el objetivo de identificar el porcentaje de tráfico desviado diferenciado.

Tabla 25: Índice Medio Diario Anual – IMDa Estación E3 – Salida de Jaén (Veh/día)

<i>Tipo de Vehículos</i>	<i>IMDa</i>	<i>Distrib.%</i>
<i>Autos</i>	<i>1247</i>	<i>36.97%</i>
<i>Camioneta Pick Up</i>	<i>1050</i>	<i>31.13%</i>
<i>Rural (Combi)</i>	<i>619</i>	<i>18.35%</i>
<i>Micros</i>	<i>1</i>	<i>0.03%</i>
<i>Ómnibus 2E, 3E y 4E</i>	<i>15</i>	<i>0.44%</i>
<i>Camión 2E</i>	<i>338</i>	<i>10.02%</i>
<i>Camión 3E</i>	<i>59</i>	<i>1.75%</i>
<i>Camión 4E</i>	<i>2</i>	<i>0.06%</i>
<i>Semi tráiler</i>	<i>37</i>	<i>1.10%</i>
<i>Trayler</i>	<i>5</i>	<i>0.15%</i>
<i>TOTAL IMD</i>	<i>3,373</i>	<i>100.0%</i>

Fuente: Propia.

De los resultados de cada matriz origen destino, para definir este tráfico desviado, se ha considerado el tráfico de larga Distancia que recorrería la vía de evitamiento, tanto el proveniente desde Chamaya (E1) como de San Ignacio (E3).

También como resultado del análisis de la encuesta Origen - Destino se ha definido, que existe un tráfico urbano que ingresa tanto por el norte como por el sur de la ciudad y que también recorrería la vía de evitamiento, para evadir la congestión vehicular en la zona urbana, sin salir de la ciudad de Jaén, para incluir este tráfico desviado se ha considerado dos tramos Via de Evitamiento Norte y Vía de Evitamiento Sur, clasificando según el tipo de vehículos.

Para los cálculos se ha tomado el de mayor volumen el tráfico de larga Distancia, es decir de la Estación E1 (Chamaya), tal como se muestran en el siguiente cuadro.

Tabla 26: Tráficos de Larga distancia de la Estación E1 y Estación E3

TRAFICO L.DISTANCIA -E1								
AUTOS	CMTAS	CRURAL	B3	B4	C2	C3	3S3	TOTAL
5	4	3	0	0	6	0	2	20

TRAFICO L.DISTANCIA -E3								
AUTOS	CMTAS	CRURAL	MICRO	C2	C3	2S3	3S3	TOTAL
1	6	3	0	0	0	1	0	11

Fuente: Propia.

El Tráfico de Larga Distancia se expandió al IMDa hallado en el conteo en la Estación E1.

Para la Vía de Evitamiento Norte se considera el siguiente tráfico:

Tráfico de Larga Distancia expandido al IMDa –E1 mas Trafico de la Zona Urbana Sur de la Estación E1 (al 75%) y el tráfico de la Zona Urbana Centro de Jaen de la estación E1 (al 50%), estos porcentajes de vehículos tomarían la vía de evitamiento a fin de descongestionar la ciudad.

En el presente estudio las Camionetas Rurales no se desviarían por dicha vía ya que estas tienen una ruta establecida.

Para la Vía de Evitamiento Sur se considera el siguiente tráfico:

Tráfico de Larga Distancia expandido al IMDa –E1 más tráfico de la Zona Urbana Norte de la estación E3 (al 75%) y el tráfico de la zona Urbana Centro de Jaén de la estación E3 (al 50%) estos porcentajes de vehículos tomarían la vía de evitamiento a fin de descongestionar la ciudad. En el presente estudio las Camionetas Rurales no se desviarían por dicha vía ya que estas tienen una ruta establecida.

Tabla 27: Tráfico Desviado que Usará la Vía de Evitamiento Norte. (Expandido).

Tipo de Vehículos	IMDa				TOTAL	Distrib.%
	LARGA DITANCIA EXPAND. IMD -E1	ZONA URBANA SUR -E1	ZONA URBANA CENTRO -E1			
<i>Autos</i>	36	49	44	129	39.45%	
<i>Camioneta Pick Up Rural (Combi)</i>	28	22	48	98	29.97%	
<i>Micros</i>				0	0.00%	
<i>Ómnibus 2E, 3E y 4E</i>	0	11	4	15	4.59%	
<i>Camión 2E</i>	17	19	26	62	18.96%	
<i>Camión 3E</i>	0	5	5	10	3.06%	
<i>Camión 4E</i>				0	0.00%	
<i>Semi tráiler</i>	9	2	1	12	3.67%	
<i>Trayler</i>	0	1	0	1	0.31%	
TOTAL TRAFICO DESVIADO				327	100.0%	

Fuente: Municipalidad distrital de Jaén.

Tabla 28: Tráfico desviado que usará la Vía de Evitamiento Sur (Expandido).

Tipo de Vehículos	IMDa				TOTAL	Distrib.%
	LARGA DITANCIA EXPAND. IMD -E3	ZONA URBANA NORTE -E3	ZONA URBANA CENTRO -E3			
<i>Autos</i>	36	17	34		87	39.73%
<i>Camioneta Pick Up</i>	28	20	21		69	31.51%
<i>Rural (Combi)</i>					0	0.00%
<i>Micros</i>		1			1	0.46%
<i>Ómnibus 2E, 3E y 4E</i>					0	0.00%
<i>Camión 2E</i>	17	11	21		49	22.37%
<i>Camión 3E</i>	0	2	0		2	0.91%
<i>Camión 4E</i>					0	0.00%
<i>Semi tráiler</i>	9	1	1		11	5.02%
<i>Trayler</i>					0	0.00%
TOTAL TRAFICO DESVIADO					219	100.0%

Fuente: Municipalidad distrital de Jaén.

Se recomienda emplear el Tráfico desviado de la Vía de Evitamiento Norte que presenta un IMDa de 327 veh/día.

Proyección del tráfico desviado

Con los valores calculados para la vía de evitamiento, tramo norte y sur se han efectuado proyecciones que se consideran como año de inicio de operaciones el 2019 y el 2021 la generación de tráfico.

En el Estudio de tráfico se ha considerado un tráfico generado, de 10% a partir del año 2021, teniendo en cuenta que al hacerle un mantenimiento a la carretera indudablemente más vehículos usarán esta carretera.

Tasas de Generación de Viajes

Para establecer las tasas de generación de viajes, se tuvo en cuenta la participación de las variables socio-económicas como el PBI y la población, del departamento de Cajamarca y de aquellos que tienen relación con el tráfico que soporta la vía. Las tasas de generación de viajes se obtuvieron considerando para la carretera en estudio, los promedios ponderados de las tasas de generación de viajes para cada tipo de vehículo y por pares de zonas según orígenes y destinos de las encuestas correspondientes. Se establecieron zonas de tránsito. Las tasas de generación de viajes se calcularon para cada tipo de vehículo considerando como variable la elasticidad del tráfico, de acuerdo a lo siguiente relación:

$$R_{vi} = R_{pi} \times E_{li}$$

Donde:

R_{vi} = Tasa de generación de viajes.

Rpi = Tasa de crecimiento de la población.

Eli = Elasticidad del tráfico por tipo de vehículo.

Tabla 29: Elasticidades de tráfico

ELASTICIDADES DE TRAFICO	
UBICACIÓN JAEN E1	
TIPO VEHICULO	ELASTICIDADES
AUTOS	1,0
CAMIONETAS	1,0
MICROS	1,0
BUSES	1,0
CAMIONES	1,0

Promedio Ingreso: 4,71

Promedio PBI: 5,69

Fuente: Propia.

Con los valores calculados para la vía de evitamiento, tramo norte y sur se han efectuado proyecciones que se consideran como año de inicio de operaciones el 2019 y el 2021 la generación de tráfico. En el Estudio de tráfico se ha considerado un tráfico generado, de 10% a partir del año 2021, teniendo en cuenta que al hacerle un mantenimiento a la carretera indudablemente más vehículos usarán esta carretera.

A continuación, en el siguiente grafico se adjunta el Tráfico proyectado.

Tabla 30: Proyección de Tráfico Vía de Evitamiento Norte

TIPO DE VEHICULO	TASA ANUAL %																								
URBANO	3.06																								
URBANA	2.84																								
URBANA RURAL	2.99																								
URBANO	2.99																								
URBANA	3.21																								
URBANA	4.27																								
DE EVITAMIENTO NORTE DE JAÉN																									
SECCIONES DEL TRAMO AÑO		ESTACION E-1																							
AÑO	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
TRAFICO NORMAL																									
URBANO	129	133	137	141	145	149	154	159	164	169	174	179	184	190	196	202	208	214	221	228	235	242	249	257	266
URBANA	98	101	104	107	110	113	116	119	122	125	129	133	137	141	145	149	153	157	161	166	171	176	181	186	191
URBANA RURAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
URBANO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
URBANA	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
URBANA 2E	62	65	68	71	74	77	80	83	87	91	95	99	103	107	112	117	122	127	132	138	144	150	156	163	170
URBANA 3E	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
URBANA 4E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
URBANO CILLADO	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	38
URBANO TOTAL	327	338	349	360	371	382	394	406	419	432	445	460	474	489	506	521	537	553	570	589	608	627	648	667	689
TRAFICO GENERAL DO 10%																									
URBANO						15	15	16	16	17	17	18	18	19	20	20	21	21	22	23	24	24	25	25	27
URBANA						11	12	12	12	13	13	13	14	14	15	15	16	16	17	17	18	18	19	19	19
URBANA RURAL						0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
URBANO						0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
URBANA						2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
URBANA 2E						8	8	8	9	9	10	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14	15	16	16	17
URBANA 3E						1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
URBANA 4E						0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
URBANO CILLADO						2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4
URBANO TOTAL						38	39	41	42	43	45	46	47	49	51	52	54	55	57	59	61	63	65	67	69
URBANO	129	133	137	141	145	164	169	175	180	186	191	197	202	209	216	222	229	235	243	251	259	266	274	283	292
URBANA	98	101	104	107	110	124	128	131	134	138	142	146	151	155	160	164	168	173	177	183	188	194	199	205	210
URBANA RURAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
URBANO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
URBANA	15	17	18	19	20	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
URBANA 2E	62	65	68	71	74	85	88	91	96	100	105	109	113	118	123	129	134	140	145	152	158	165	172	179	187
URBANA 3E	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
URBANA 4E						0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
URBANO CILLADO	13	14	15	16	17	20	21	22	23	24	25	26	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	39	40	42
URBANO TOTAL	327	340	352	364	376	420	433	447	461	475	491	506	521	538	556	573	591	608	627	648	669	690	711	734	758

Fuente: Municipalidad distrital de Jaén.

Número acumulado de repeticiones de ejes equivalentes

La guía AASHTO, considera como parámetro de diseño el Número esperado de repeticiones de ejes equivalentes a 8.2 Tn en el periodo de diseño (W18), el cual corresponde al EAL afectado por coeficientes que representan el sentido y el número de carriles que tendrá la vía.

$$W18 = DD \times DL \times EAL$$

Donde:

EAL = Numero de ejes equivalentes a 8.2 tn en el periodo de diseño.

DD = Es un factor de distribución direccional. Por lo general se considera 0.5

DL = Factor Carril, en función al porcentaje para ejes de porcentaje para ejes de 8.2 Tn en cada dirección (Se ha considerado el 100% para un carril por sentido).

El número acumulado de repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2 Tn, para un solo sentido, en un período de vida útil de (n) años y una tasa de crecimiento (r), se calculó con la expresión siguiente:

$$ESAL_{8.2Tn(n \text{ años})} = \sum_{i=1}^m 365 \times Fd \times Grn \times AADTi \times Ni \times FEi$$

Donde:

ESAL_i = Carga acumulada equivalente a 18,000 lb (80 KN) en un solo eje, para la categoría i de eje

Fd = Factor de diseño de carril (se considera 0.5 para carreteras de una calzada y dos sentidos de circulación a razón de un carril por sentido)

Grn = Factor de crecimiento para determinar tasa de crecimiento r y periodo de diseño n.

AADTi = Tránsito Anual Diario promedio (TPDA) en el primer año para la categoría de eje i.

Ni = Número de Ejes en cada vehículo de la categoría i

FEi = Factor de equivalencia de carga para la categoría de eje i.

El factor de crecimiento (Grn) para determinar tasa de crecimiento r y periodo de diseño n, se calculó con la expresión siguiente:

$$Grn = \frac{[(1 + r)^n - 1]}{r}$$

Donde:

r = Tasa de crecimiento

n = Número de años y/o Periodo de diseño.

Reemplazando los valores se obtiene la siguiente expresión:

$$ESAL_{8.2Tn(n \text{ años})} = \frac{365 \times 0.5 \times [(1+r)^n - 1] \times \sum_{i=1}^m AADTi \times Ni \times FEi}{r}$$

Siendo:

$AADTi$ = Tránsito Anual Diario promedio (TPDA) en el primer año para la categoría de eje i , expresado en IMD Anual Total para diseño de la categoría de eje i .

$Ni * FEi$ = FDi : Factor Destructivo determinado por el Factor de equivalencia de carga para la categoría de eje i afectado por el Número de Ejes en cada vehículo de categoría i .

$$\sum AADTi * Ni * FEi = IMD_{Dom} * FD_{Dom} + IMD_{2eli} * FD_{2eli} + IMD_{2e} * FD_{2e} + IMD_{3e} * FD_{3e} + IMD_a * FD_a.$$

om = Ómnibus

2eli = Camión de 2 ejes ligeros

2 e = Camión de 2 ejes

3 e = Camión de 3 ejes

a = Articulados

Reemplazando todas los valores y variables se obtiene la siguiente expresión:

$$ESALi_{8,2 Tn} (n \text{ años}) = \frac{365 * (IMDom*FDom+IMD2eli*FD2eli+IMD2e*FD2e+IMD3e*FD3e+IMDa*FDa) * [(1+r)^n - 1]}{r}$$

Donde:

N = Número de Ejes Equivalentes Acumulados

IMD = Índice Medio Diario

FD = Factor Destructivo

r = Tasa de crecimiento

n = Período de Diseño

om = Ómnibus

2eli = Camión de 2 ejes ligeros

2 e = Camión de 2 ejes

3 e = Camión de 3 ejes

a = Articulados

En cuanto a los factores de carga, o destructivos, se presentan en el siguiente cuadro de “Factores de Carga”, que relacionan al tipo de vehículos con valores tomados para la estación contemplada en el estudio de tráfico de referencia.

Tabla 31: Cálculo del EAL según las cargas reales actuantes sobre el pavimento vía de evitamiento norte.

CARRETERA: CHAMAYA-JAEN-SAN IGNACIO												
TRAMO : VIA DE EVITAMIENTO NORTE												
AMBOS												
Tasa de Crecimiento de Bus:		3,21										
Tasa de Crecimiento de Camiones:		4,27										
AÑO	Factor de crecimiento de bus	Factor de crecimiento de camiones	BUS 2E	BUS 3E	BUS 4E	C2E	C3E	T2S3	T3S3	3T3	TOTAL	TOTAL
Año Base - 2016			2	9	4	62	10	0	9	4	100	
2017	1,0321	1,0427	2	9	4	65	10	0	9	4	104	
2018	1,0321	1,0427	2	10	4	67	11	0	10	4	108	
2019	1,0321	1,0427	2	10	4	70	11	0	10	5	113	
2020-TRAF GENERADO(0.10)			0	1	0	7	1	0	1	0	11	
Traf Total 2020			2	11	5	77	12	0	11	5	124	
POR SENTIDO0.5			1	5	2	39	6	0	6	2	62	
Veh. Año 2020			441,42	1986,38	882,84	14109,95	2275,80	0,00	2048,22	910,32	22655	
FC*FP			4,50365	3,45335	4,03843	4,504	3,285	6,2097	4,99061	8,542		
total 2020			1988,00	6859,68	3565,28	63546,26	7475,04	0,00	10221,86	7776,02		
2020	1	1	1988,0	6859,7	3565,3	63546,3	7475,0	0,0	10221,9	7776,0	101432,1	1,01E+05
2021	2,032	2,043	4039,8	13939,6	6195,4	129805,9	15269,3	0,0	20880,2	15884,1	206014,2	2,06E+05
2022	3,097	3,130	6157,5	21246,7	9443,0	198894,9	23396,3	0,0	31993,6	24338,3	315470,4	3,15E+05
2023	4,197	4,264	8343,1	28788,4	12794,8	270934,0	31870,4	0,0	43581,6	33153,6	429466,0	4,29E+05
2024	5,331	5,446	10598,9	36572,2	16254,3	346049,1	40706,3	0,0	55664,4	42345,3	548190,5	5,48E+05
2025	6,503	6,678	12927,2	44605,8	19824,8	424371,7	49919,5	0,0	68263,1	51929,4	671841,6	6,72E+05
2026	7,711	7,963	15330,1	52897,4	23509,9	506038,6	59526,1	0,0	81399,8	61922,9	800624,8	8,01E+05
2027	8,959	9,303	17810,2	61455,1	27313,4	591192,7	69542,9	0,0	95097,5	72343,0	934754,7	9,35E+05
2028	10,246	10,701	20369,9	70287,5	31238,9	679982,9	79987,4	0,0	109380,0	83208,0	1074454,6	1,07E+06
2029	11,575	12,158	23011,8	79403,4	35290,4	772564,5	90877,9	0,0	124272,4	94537,0	1219957,3	1,22E+06
2030	12,947	13,677	25738,5	88811,9	39472,0	869099,2	102233,4	0,0	139800,6	106349,8	1371505,4	1,37E+06
2031	14,363	15,261	28552,7	98522,4	43787,7	969756,0	114073,8	0,0	155992,0	118667,0	1529351,6	1,53E+06
2032	15,824	16,912	31457,2	108544,7	48242,1	1074710,9	126419,8	0,0	172874,7	131510,0	1693759,4	1,69E+06
2033	17,332	18,634	34455,0	118888,7	52839,4	1184147,3	139293,0	0,0	190478,3	144901,5	1865003,1	1,87E+06

Fuente: Propia.

Tabla 32: Análisis de ejes equivalentes acumulados.

TRAMO HOMOGÉNEO ÚNICO:	PERIODO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS (1x10⁵)	PERIODO DE DISEÑO (AÑO)
VIA EVITAMIENTO NORTE	2021 - 2026	8.01	05
VIA EVITAMIENTO NORTE	2021 - 2031	15.3	10

Fuente: Municipalidad distrital de Jaén.

Metodología de Diseño

El método de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), versión 1993, establece que la estructura de un pavimento debe satisfacer un determinado Número Estructural, el cual se calcula en función: a) El tráfico que transcurrirá por la vía, durante un determinado número de años (período de diseño); b) La resistencia del suelo que soportará al pavimento; y, c) Los niveles de serviciabilidad deseados para la vía, tanto al inicio como al final de su vida de servicio.

Adicionalmente, deben considerarse determinados parámetros estadísticos, que funcionan como factores de seguridad que garantizan que la solución obtenida cumple con un determinado nivel de confianza.

Una vez determinado el Número Estructural requerido, la estructuración del pavimento se realiza por tanteos, asignando dimensiones a cada una de las capas consideradas, y, calculando en función a estas dimensiones y a la calidad de los materiales empleados -expresada mediante un coeficiente estructural y de drenaje- los números estructurales parciales, los que sumados deben satisfacer el valor total requerido.

Los espesores de las capas finales deben cumplir con determinados valores mínimos, por razones constructivas (tamaño máximo de las partículas y espesor mínimo para compactación de la capa superior), por razones de tráfico y por razones de tipo estructural.

Número Estructural Total Requerido

Para el cálculo del Número Estructural Total (SN), que debe satisfacer la estructura del pavimento, el método proporciona la siguiente expresión:

$$\text{Log}_{10}(W_{18}) = Z_r * S_o + 9.36 * \text{Log}_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\text{Log}_{10}\left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right]}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \text{Log}_{10}(MR) - 8.07$$

Donde:

W18 : Numero proyectado de carga equivalente de 18 kip (18000 lb) de aplicación de carga axial simples

Zr : Desviación estándar normal

So : Error estándar combinado del trafico proyectado y del comportamiento proyectado

MR : Módulo Resiliente (psi)

SN : Número estructural indicativo del espesor total del pavimento requerido.

Δ PSI : Diferencia entre índice de serviciabilidad inicial, Po, y el índice de serviciabilidad terminal, Pt. (Pt-Po)

Estructuración Del Pavimento

Los espesores finales del refuerzo o estructura recomendada (carpeta, base, subbase, si fuera el caso), se han determinado empleando la expresión propuesta por la AASHTO, la cual comprende los coeficientes de transformación para cada tipo de capa. Para la transformación del número estructural en capas granulares y carpeta de rodadura, el método proporciona la siguiente expresión:

$$SN = a_1 * D_1 + a_2 * D_2 * m_2 + a_3 * D_3 * m_3$$

Donde:

SNT	:	Número Estructural Total requerido
a_1, a_2, a_3	:	Coefficientes estructurales de los materiales
m_2, m_3	:	Coefficiente de drenaje material granulares
D_1, D_2, D_3	:	Espesores asumidos de las capas

Conocido el Número Estructural Total (SNT) requerido, que debe satisfacer la estructura total del pavimento, el dimensionamiento se reduce a un problema de tipo aritmético, ya que, a_1, a_2, a_3, m_2 y m_3 , son valores conocidos, y, D_1, D_2, D_3 son valores asumidos de tal manera que, efectuadas las operaciones indicadas en la expresión, se debe cumplir con la igualdad.

Parámetros de diseño

Tráfico

El número acumulado de cargas de Eje Equivalente de diseño (8.20 Ton.) que circula por las vías de acceso durante la vida útil prevista, se ha determinado en base a la información de tráfico correspondiente al Estudio de Pre inversión a nivel de perfil de la Vía Evitamiento Jaén de mayo del año 2016. En resumen, se tiene el siguiente cuadro:

Tabla 33: Análisis de ejes equivalentes acumulados

TRAMO HOMOGÉNEO ÚNICO:	PERIODO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS (1x10⁵)	PERIODO DE DISEÑO (AÑO)
VIA EVITAMIENTO NORTE	2021 - 2026	8.01	05
VIA EVITAMIENTO NORTE	2021 - 2031	15.3	10

Fuente: Municipalidad distrital de Jaén.

Módulo resiliente

Para acceder a los Abacos de diseño AASHTO 93, es necesario que este valor de CBR sea traducido a Módulo Resiliente (Mr). Dada la escasa información existente en el medio sobre estos ensayos, se ha empleado una correlación entre CBRs versus Módulos de Resiliencia expuesta en Mechanistic-Empirical Design of New and Rehabilitates Pavement Structures, NCHRP Design Guide 2001:

Dada la escasa información existente en el medio sobre estos ensayos, se ha empleado la correlación expuesta en Mechanistic-Empirical Design of New and Rehabilitates Pavement Structures, NCHRP Design Guide 2001, la misma que es tomada en cuenta también en el Manual de Carreteras: “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (Sección: Suelos y Pavimentos)” del MTC.

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

Para determinar el CBR de Diseño para la vía Proyectada se ha tomado los datos del Estudio de la Carretera Chamaya – Jaén – Km. 50+085.

Tabla 34: Cuadro resumen de ensayos CBR.

Calicata	Progresiva	SUCS	AASHTO	Proctor Modificado		C.B.R	
				MDS	OCH	99% MDS	100% MDS
C - 1	00 + 000	GW-GM	A-1-a (0)	2.23	7	39	45
C - 3	01 + 000	GM	A-2-4 (0)	2.21	11.2	21.8	25.0
C - 5	02 + 000	GC	A-2-7 (3)	2.14	7.7	11.0	12.0
C - 7	03 + 000	SM	A-1-b (0)	2.19	8.3	14.0	18.4
C - 9	04 + 000	CL	A-7-6 (15)	2.04	11.4	3.2	3.6
C - 11	04 + 985	ML	A-4 (4)	2.17	5.9	7.5	31.5
C-13	06 + 000	SM-SC	A-1-b (0)	1.94	5.7	24.9	27.2
C - 15	07 + 000	SC	A-4 (2)	2.18	7.7	8.0	10.6
C - 17	06 + 000	SM	A-4 (1)	2.24	7.2	12.7	16.6
C - 19	09 + 000	SM-SC	A-4 (1)	2.17	8.0	25.9	27.9
C - 21	10 + 045	SP-SM	A-1-b (0)	2.22	8.3	13.3	18.6
C - 23	10 + 974	SC	A-7-6 (3)	2.22	8.1	8.8	12.6
C - 25	12 + 021	CL	A-7-6 (11)	1.84	15.4	2.2	2.9
C - 27	13 + 057	GM	A-1-b (0)	2.10	9.8	24.8	27.4
C - 29	14 + 103	SC	A-2-4 (0)	2.14	7.5	9.1	11.9
C - 31	15 + 129	SC	A-2-6 (0)	1.98	12.2	5.9	8.0
C-33	16 + 180	GM	A-1-b (0)	2.15	7.3	21.7	27.3
C - 35	17 + 218	GM	A-1-a (0)	2.12	5.4	22.8	26.3
C - 37	18 + 257	SM	A-2-4 (0)	2.19	7.3	10.9	12.9
C - 39	19 + 241	GC	A-2-6 (0)	1.98	11.3	9.0	11.7
C - 41	20 + 338	CL	A-6 (11)	1.84	14.1	2.1	3.3
C - 43	21 + 400	SC	A-7-6 (7)	2.02	9.9	3.9	5.6
C - 45	22 + 480	CH	A-7-6 (18)	1.88	16.7	3.2	4.4
C - 47	23 + 500	SC	A-7-6 (8)	2.07	12.1	6.9	8.7
C - 49	24 + 540	GC	A-7-6 (5)	2.10	8.9	9.0	10.9
C - 51	25 + 593	SM-SC	A-2-4 (0)	2.02	7.7	22.0	25.9
C - 53	26 + 640	CL	A-6 (10)	2.03	12.0	4.7	6.3
C - 55	27 + 690	CL	A-7-6 (10)	1.93	13.5	4.4	5.7
C - 57	28 + 752	GC	A-6 (2)	2.13	8.0	6.5	11.5
C - 59	29 + 815	SM	A-2-4 (0)	2.25	10.6	6.6	9.6
C - 61	30 + 810	GC	A-2-6 (0)	2.06	10.2	14.6	18.4
C - 63	31 + 905	GC	A-2-4 (0)	2.06	8.7	34.5	44.0
C - 3B	32 + 240	GC	A-2-6	1.95	11.7	10.7	13.5
C - 65	33 + 006	GC	A-2-7 (1)	2.05	10.2	9.5	14.4
C - 67	34 + 071	SC	A-2-7 (3)	2.01	15.4	8.6	11.3
C - 69	35 + 114	CH	A-7-6 (20)	1.85	20.0	2.2	3.7
C - 71	36 + 200	CL	A-7-6 (12)	2.01	14.4	3.6	5.3
C - 73	37 + 303	CL	A-7-6 (10)	2.10	12.1	3.4	5.5
C - 75	38 + 341	CH	A-7-6 (20)	1.87	18.6	1.8	2.7
C - 77	39 + 380	CL	A-7-6 (17)	1.63	16.2	2.2	5.9
C - 79	40 + 420	CL	A-6 (6)	2.07	15.2	5.0	6.8
C - 81	41 + 460	SM-SC	A-4 (2)	1.94	12.3	20.0	23.4
C - 83	42 + 623	SC	A-7-6 (9)	2.12	11.7	4.8	7.9
C - 85	43 + 697	CH	A-7-6 (15)	1.98	18.2	3.3	5.5
C-87	44 + 740	CH	A-7-5 (15)	1.81	19.0	1.5	2.5
C - 89	45 + 756	CH	A-7-8 (20)	1.99	16.7	3.0	4.9
C - 91	46 + 788	CH	A-7-6 (19)	1.94	19.0	1.5	2.5
C - 93	47 + 887	CL	A-7-6 (14)	2.10	11.8	3.7	5.5
C - 6B	48 + 730	CL	A-7-6	2.08	14.1	4.3	4.9
C - 95	49 + 032	ML	A-4 (8)	1.98	9.4	4.5	13.4
C - 97	50 + 085	CH	A-7-6 (19)	1.83	17.8	2.1	3.1

Fuente: Propia.

El inicio del proyecto coincide con el km. 11+800 de la carretera Chamaya – Jaen – San Ignacio, y el final de la vía de evitamiento empalma con el Km. 22+830 de la misma carretera, por lo tanto, para estimar el CBR de diseño se han considerado los CBR de las calicatas del Estudio de referencia como se muestra a continuación.

Tabla 35: CBR de calicatas

C - 25	12 + 021	CL	A-7-6 (11)	1.84	15.4	2.2	2.9
C - 27	13 + 057	GM	A-1-b (0)	2.10	9.8	24.8	27.4
C - 29	14 + 103	SC	A-2-4 (0)	2.14	7.5	9.1	11.9
C - 31	15 + 129	SC	A-2-6 (0)	1.98	12.2	5.9	8.0
C - 33	16 + 180	GM	A-1-b (0)	2.15	7.3	21.7	27.3
C - 35	17 + 218	GM	A-1-a (0)	2.12	5.4	22.8	26.3
C - 37	18 + 257	SM	A-2-4 (0)	2.19	7.3	10.9	12.9
C - 39	19 + 241	GC	A-2-6 (0)	1.98	11.3	9.0	11.7
C - 41	20 + 338	CL	A-6 (11)	1.84	14.1	2.1	3.3
C - 43	21 + 400	SC	A-7-6 (7)	2.02	9.9	3.9	5.6
C - 45	22 + 480	CH	A-7-6 (18)	1.88	16.7	3.2	4.4
C - 47	23 + 500	SC	A-7-6 (8)	2.07	12.1	6.9	8.7

Fuente: Propia.

Se determinó un CBR promedio retirando los CBR que presentan valores muy altos y muy bajos, obteniendo un CBR de diseño de 10.64 al 100% MDS.

Confiabilidad

Básicamente, es una forma de incorporar cierto grado de certeza en el proceso de diseño, para garantizar que la sección del pavimento proyectado se comportará satisfactoriamente bajo las condiciones de tráfico y medio ambiente durante el periodo de diseño. El nivel de confianza tiene como función garantizar que las alternativas adoptadas perduren durante el periodo de diseño.

La confiabilidad no es un parámetro de ingreso directo en la Ecuación de Diseño, para ello debe usarse el coeficiente estadístico conocido como Desviación Normal Estándar (Zr).

A continuación, se especifican los valores recomendados de niveles de Confiabilidad para los diferentes rangos de tráfico descritos en el Manual de Carreteras: “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (Sección: Suelos y Pavimentos)” del MTC:

Tabla 36: Valores recomendados de Niveles 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%

Fuente: MTC.

Desviación estándar normal (Zr)

El coeficiente estadístico de Desviación Estándar Normal (Zr) representa el valor de la Confiabilidad seleccionada, para un conjunto de datos en una distribución Normal.

El Manual de Carreteras: “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (Sección: Suelos y Pavimentos)” del MTC recomienda los siguientes valores:

Tabla 37: Desviación estándar normal (Zr)

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

Fuente: Propia.

Desviación estándar combinada (S_o)

La Desviación Estándar Combinada (S_o), es un valor que toma en cuenta la variabilidad esperada de la predicción del tránsito y de los otros factores que afectan el comportamiento del pavimento; como, por ejemplo, construcción, medio ambiente, incertidumbre del modelo.

La Guía AASHTO recomienda adoptar para los pavimentos flexibles, valores de S_o comprendidos entre 0.40 y 0.50, en el Manual de Carreteras: “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (Sección: Suelos y Pavimentos)” del MTC se adopta para los diseños recomendados el valor de 0.45.

$$S_o = 0.45$$

Serviciabilidad inicial (P_i)

La Serviciabilidad Inicial (P_i) es la condición de una vía recientemente construida. A continuación, se indican los índices de servicio inicial para los diferentes tipos de tráfico recomendados en el Manual de Carreteras: “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (Sección: Suelos y Pavimentos)” del MTC:

Tabla 38: Índice de serviciabilidad (Pi).

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

Fuente: MTC.

4.2 Cálculo de espesores del pavimento de acuerdo a las alternativas de tratamiento

Con los Parámetros obtenidos se procedió a calcular el espesor del pavimento de las dos Alternativas de Trazos a nivel de Mezcla Asfáltica en Caliente (MAC) para un Periodo de diseño: de 10 años y Tratamiento Superficial Bicapa (TSB) para un Periodo de Diseño de 05 Años, obteniendo los cálculos como se muestra en los gráficos correspondientes:

Tabla 39: Alternativa de trazo N°1 – Mezcla asfáltica en caliente.

DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO			
VIA EVITAMIENTO JAEN - ALTERNATIVA DE TRAZO N° 01			
MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE (MAC)			
I.- DATOS DE ENTRADA:			
1. CARACTERISTICAS DE MATERIALES			DATOS
A. MODULO DE RESILIENCIA DE LA CARPETA ASFALTICA (ksi)			430.00
B. MODULO DE RESILIENCIA DE LA BASE GRANULAR (ksi)			30.00
C. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUB-BASE (ksi)			15.00
2. DATOS DE TRAFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE			
A. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)			1.53E+06
B. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)			85%
STANDARD NORMAL DEVIATE (Zr)			-1.036
OVERALL STANDARD DEVIATION (So)			0.45
C. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr, ksi)			11.60
D. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)			4.0
E. SERVICIABILIDAD FINAL (pt)			2.5
F. PERIODO DE DISEÑO (Años)			10
3. DATOS PARA ESTRUCTURACION DEL PAVIMENTO			
A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA			
CAPA SUPERFICIAL			
Carpeta Asfáltica en Caliente, Modulo 2,965 Mpa (430,000 PSI)	a1		0.170 /cm
Carpeta Asfáltica en Frio Mezcla Asfáltica con Emulsion	a1		0.170 /cm
Micropavimento 25 mm	a1		0.130 /cm
Tratamiento Superficial Bicapa	a1		0.000
Lechada Asfáltica (Slurry Seal (1,2 mm)	a1		0.000
BASE			
Base Granular (CBR 80%) compactada al 100% de la MDS	a2		0.052 /cm
Base Granular (CBR 100%) compactada al 100% de la MDS	a2		0.054 /cm
Base Granular Tratada con Asfalto (Estabilidad 1500 lb)	a2a		0.115 /cm
Base Granular Tratada con Cemento Portland (Resistencia a la compresion 7 dias = 35 kg/cm2)	a2b		0.070 /cm
Base Granular Tratada con Cal (Resistencia a la compresion 7 dias = 12 kg/cm2)	a2c		0.080 /cm
SUB BASE			
Subbase (CBR 40%) compactada al 100% de la MDS			0.047 /cm
Subbase (CBR 60%)			0.050 /cm
B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA			
Coefficiente de Drenaje Base Granular			1.000
Coefficiente de Drenaje Subbase Granular			1.000
II.- DATOS DE SALIDA:			
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN_{REQ})		3.08	
III.- ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO PROPUESTO			
	ALT. 01 - MAC		
ESPESOR DE ASFALTO (cm)		9.00	
ESPESOR DE BASE GRANULAR (cm)		15.00	
ESPESOR DE SUB BASE GRANULAR (cm)		17.50	
NUMERO ESTRUCTURAL PROPUESTO (SN_{PROP})		3.13	
	CORRECTO		

Fuente: Propia.

Tabla 40: Alternativa de trazo N°1 – Tratamiento superficial bicapa

DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO		
VIA EVITAMIENTO JAEN - ALTERNATIVA DE TRAZO N° 01		
TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA (TSB)		
I.- DATOS DE ENTRADA:		
1. CARACTERISTICAS DE MATERIALES		DATOS
A. MODULO DE RESILIENCIA DE LA CARPETA ASFALTICA (ksi)		430.00
B. MODULO DE RESILIENCIA DE LA BASE GRANULAR (ksi)		30.00
C. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUB-BASE (ksi)		15.00
2. DATOS DE TRAFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE		
A. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)		8.10E+05
B. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)		85%
STANDARD NORMAL DEVIATE (Zr)		-1.036
OVERALL STANDARD DEVIATION (So)		0.45
C. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr, ksi)		11.60
D. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)		3.5
E. SERVICIABILIDAD FINAL (pt)		2.5
F. PERIODO DE DISEÑO (Años)		5
3. DATOS PARA ESTRUCTURACION DEL PAVIMENTO		
A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA		
CAPA SUPERFICIAL		
Carpeta Asfáltica en Caliente, Modulo 2,965 Mpa (430,000 PSI)	a1	0.170 /cm
Carpeta Asfáltica en Frio Mezcla Asfáltica con Emulsion	a1	0.170 /cm
Micropavimento 25 mm	a1	0.130 /cm
Tratamiento Superficial Bicapa	a1	0.000
Lechada Asfáltica (Slurry Seal (1,2 mm)	a1	0.000
BASE		
Base Granular (CBR 80%) compactada al 100% de la MDS	a2	0.052 /cm
Base Granular (CBR 100%) compactada al 100% de la MDS	a2	0.054 /cm
Base Granular Tratada con Asfalto (Estabilidad 1500 lb)	a2a	0.115 /cm
Base Granular Tratada con Cemento Portland (Resistencia a la compresion 7 dias = 35 kg/cm2)	a2b	0.070 /cm
Base Granular Tratada con Cal (Resistencia a la compresion 7 dias = 12 kg/cm2)	a2c	0.080 /cm
SUB BASE		
Subbase (CBR 40%) compactada al 100% de la MDS		0.047 /cm
Subbase (CBR 60%)		0.050 /cm
B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA		
Coefficiente de Drenaje Base Granular		1.000
Coefficiente de Drenaje Subbase Granular		1.000
II.- DATOS DE SALIDA:		
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN _{REQ})	2.91	
III.- ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO PROPUESTO		
	ALT. 02 - TSB	
TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA (cm)		
ESPESOR DE BASE GRANULAR (cm)	25.00	
ESPESOR DE SUB BASE GRANULAR (cm)	35.00	
NUMERO ESTRUCTURAL PROPUESTO (SN _{PROP})	2.95	
	CORRECTO	

Fuente: Propia.

Tabla 41: Alternativa de trazo N°2 – Mezcla asfáltica en caliente

DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO			
VIA EVITAMIENTO JAEN - ALTERNATIVA DE TRAZO N° 02			
MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE (MAC)			
I.- DATOS DE ENTRADA:			
1. CARACTERISTICAS DE MATERIALES			DATOS
A. MODULO DE RESILIENCIA DE LA CARPETA ASFALTICA (ksi)			430.00
B. MODULO DE RESILIENCIA DE LA BASE GRANULAR (ksi)			30.00
C. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUB-BASE (ksi)			15.00
2. DATOS DE TRAFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE			
A. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)			1.53E+06
B. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)			85%
STANDARD NORMAL DEVIATE (Zr)			-1.036
OVERALL STANDARD DEVIATION (So)			0.45
C. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr, ksi)			11.60
D. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)			4.0
E. SERVICIABILIDAD FINAL (pt)			2.5
F. PERIODO DE DISEÑO (Años)			10
3. DATOS PARA ESTRUCTURACION DEL PAVIMENTO			
A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA			
CAPA SUPERFICIAL			
Carpeta Asfáltica en Caliente, Modulo 2,965 Mpa (430.000 PSI)	a1		0.170 /cm
Carpeta Asfáltica en Frio Mezcla Asfáltica con Emulsion	a1		0.170 /cm
Micropavimento 25 mm	a1		0.130 /cm
Tratamiento Superficial Bicapa	a1		0.000
Lechada Asfáltica (Slurry Seal (1,2 mm))	a1		0.000
BASE			
Base Granular (CBR 80%) compactada al 100% de la MDS	a2		0.052 /cm
Base Granular (CBR 100%) compactada al 100% de la MDS	a2		0.054 /cm
Base Granular Tratada con Asfalto (Estabilidad 1500 lb)	a2a		0.115 /cm
Base Granular Tratada con Cemento Portland (Resistencia a la compresion 7 dias = 35 kg/cm2)	a2b		0.070 /cm
Base Granular Tratada con Cal (Resistencia a la compresion 7 dias = 12 kg/cm2)	a2c		0.080 /cm
SUB BASE			
Subbase (CBR 40%) compactada al 100% de la MDS			0.047 /cm
Subbase (CBR 60%)			0.050 /cm
B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA			
Coefficiente de Drenaje Base Granular			1.000
Coefficiente de Drenaje Subbase Granular			1.000
II.- DATOS DE SALIDA:			
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN_{REQ})		3.08	
III.- ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO PROPUESTO			
		ALT. 03 - MAC	
ESPESOR DE ASFALTO (cm)		9.00	
ESPESOR DE BASE GRANULAR (cm)		15.00	
ESPESOR DE SUB BASE GRANULAR (cm)		17.50	
NUMERO ESTRUCTURAL PROPUESTO (SN_{PROP})		3.13	
		CORRECTO	

Fuente: Propia.

Tabla 42: Alternativa de trazo N°2 – Tratamiento superficial bicapa.

DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO VIA EVITAMIENTO JAEN - ALTERNATIVAS DE TRAZO N°02 TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA (TSB)			
I.- DATOS DE ENTRADA:			
1. CARACTERISTICAS DE MATERIALES			DATOS
A. MODULO DE RESILIENCIA DE LA CARPETA ASFALTICA (ksi)			430.00
B. MODULO DE RESILIENCIA DE LA BASE GRANULAR (ksi)			30.00
C. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUB-BASE (ksi)			15.00
2. DATOS DE TRAFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE			
A. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)			8.10E+05
B. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)			85%
STANDARD NORMAL DEVIATE (Zr)			-1.036
OVERALL STANDARD DEVIATION (So)			0.45
C. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr, ksi)			11.60
D. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)			3.5
E. SERVICIABILIDAD FINAL (pt)			2.5
F. PERIODO DE DISEÑO (Años)			5
3. DATOS PARA ESTRUCTURACION DEL PAVIMENTO			
A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA			
CAPA SUPERFICIAL			
Carpeta Asfáltica en Caliente, Modulo 2,965 Mpa (430,000 PSI)	a1		0.170 /cm
Carpeta Asfáltica en Frio Mezcla Asfáltica con Emulsion	a1		0.170 /cm
Micropavimento 25 mm	a1		0.130 /cm
Tratamiento Superficial Bicapa	a1		0.000
Lechada Asfáltica (Slurry Seal (1,2 mm)	a1		0.000
BASE			
Base Granular (CBR 80%) compactada al 100% de la MDS	a2		0.052 /cm
Base Granular (CBR 100%) compactada al 100% de la MDS	a2		0.054 /cm
Base Granular Tratada con Asfalto (Estabilidad 1500 lb)	a2a		0.115 /cm
Base Granular Tratada con Cemento Portland (Resistencia a la compresion 7 dias = 35 kg/cm2)	a2b		0.070 /cm
Base Granular Tratada con Cal (Resistencia a la compresion 7 dias = 12 kg/cm2)	a2c		0.080 /cm
SUB BASE			
Subbase (CBR 40%) compactada al 100% de la MDS			0.047 /cm
Subbase (CBR 60%)			0.050 /cm
B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA			
Coefficiente de Drenaje Base Granular			1.000
Coefficiente de Drenaje Subbase Granular			1.000
II.- DATOS DE SALIDA:			
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN_{REQ})		2.91	
III.- ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO PROPUESTO			
	TRAZO 02 - TSB		
TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA (cm)			
ESPESOR DE BASE GRANULAR (cm)		25.00	
ESPESOR DE SUB BASE GRANULAR (cm)		35.00	
NUMERO ESTRUCTURAL PROPUESTO (SN_{PROP})		2.95	
	CORRECTO		

Fuente: Propia.

V. Discusión de resultados

En la presente tesis basada en el proyecto de vía de evitamiento Jaén, el estudio de suelos, canteras y fuentes de agua expuesto, tuvo como punto de inicio el Km 00+000 (Fila Alta) y punto final el Km 09+910 (Linderos), en el departamento y región de Cajamarca, provincia de Jaén.

Los trabajos de investigación de campo consistieron en la inspección visual y la ejecución de Pozos de exploración o Calicatas de 1.50 m de profundidad por debajo del terreno existente y ubicadas cada 1,000 m o por tramos de suelo homogéneo a lo largo de la vía. En total se ejecutaron 10 Pozos de exploratorios para la inspección visual.

Según el estudio de topografía se han proyectado dos rutas, llamadas Alternativa de Trazo N° 01 y Alternativa de Trazo N° 02; las alternativas de trazo pasan por terrenos en estado natural en su mayor parte (75-80%), bosques y áreas de cultivo de arroz, y a nivel de trocha en menor proporción (35-20%).

En la Alternativa de Trazo N° 01, el terreno se caracteriza por la presencia de suelos limosos con presencia de material orgánico, cubiertos por vegetación compuesta por arbustos y algunos árboles de poca altura hasta la Progresiva Km 09+000, con espesores variables entre 0.20 y 0.50 m y a nivel de subrasante suelos limosos, limo arcillosos y arenoso limosos con gravas semiangulosas; y desde el Km 9+000 al Km 9+910 terrenos conformados por suelos limo arenosos y arenas limosas con contenido de material orgánico a nivel de subrasante, donde contemplan trabajos de mejoramiento de suelos a nivel de subrasante.

En la Alternativa de Trazo N° 02, el terreno es similar hasta la progresiva Km. 3+400.25, luego hasta el Km. 5+600 son suelos cubiertos por vegetación compuesta por arbustos y algunos árboles de poca altura, con espesores variables entre 0.20 y 0.80 m y a nivel de subrasante suelos limosos, limo arcillosos y arenoso limosos con gravas semiangulosas; y desde el Km 5+600 al Km 9+643 terrenos conformados por suelos limo arenosos y arenas limosas a nivel de subrasante y también se identificaron sectores con materiales inadecuados y materiales orgánicos, donde se contemplan trabajos de mejoramiento de suelos a nivel de subrasante.

VI. Conclusiones

Se determinó el Diseño de pavimento para las dos alternativas de Trazos, y para cada Trazo se ha determinado los espesores a nivel de Mezcla Asfáltica en Caliente (para un Periodo de Diseño de 10 años) y Tratamiento Superficial Bicapa (para un periodo de Diseño de 05 años), como se indica en el Siguiete Cuadro:

Tabla 43: Resumen de Espesores del Pavimento Proyectado.

DESCRIPCIÓN	CÁLCULO DE ESPESORES			
	ALT. DE TRAZO 01		ALT. DE TRAZO 02	
	MAC	TSB	MAC	TSB
ESPESOR DEL ASFALTO O TSB (cm)	9.00	-	9.00	-
ESPESOR DE BASE GRANULAR (cm)	15.00	25.00	15.00	25.00
ESPESOR DE SUB BASE GRANULAR (cm)	17.50	35.00	17.50	35.00

MAC: Mezcla Asfáltica en Caliente

TSB: Tratamiento Superficial Bicapa

Fuente: Propia.

Para el proyecto: Construcción de la vía de Evitamiento de la Ciudad de Jaén, se han planteado Cuatro Alternativas de Solución y la estructura del pavimento se indica a continuación:

Tabla 44: Alternativa N° 1: Sub Base Granular + Base Granular + MAC (Alt. Trazo N° 01).

DESCRIPCIÓN	DISEÑO DEL PAVIMENTO
	ALT. DE TRAZO 01
	MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE
ESPEJOR DEL ASFALTO (cm)	9.00
ESPEJOR DE BASE GRANULAR (cm)	15.00
ESPEJOR DE SUB BASE GRANULAR (cm)	17.50

Fuente: Propia.

Tabla 45: Alternativa N° 2: Sub Base Granular + Base Granular + TSB (Alt. Trazo N° 01).

DESCRIPCIÓN	DISEÑO DEL PAVIMENTO
	ALT. DE TRAZO 01
	TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA
ESPEJOR DE TSB aprox. (cm)	-
ESPEJOR DE BASE GRANULAR (cm)	25.00
ESPEJOR DE SUB BASE GRANULAR (cm)	35.00

Fuente: Propia.

Tabla 46: Alternativa N° 3: Sub Base Granular + Base Granular + MAC (Alt. Trazo N° 02).

DESCRIPCION	DISEÑO DEL PAVIMENTO
	ALT. DE TRAZO 02
	MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE
ESPESOR DEL ASFALTO (cm)	9.00
ESPESOR DE BASE GRANULAR (cm)	15.00
ESPESOR DE SUB BASE GRANULAR (cm)	17.50

Fuente: Propia.

Tabla 47: Alternativa N° 4: Sub Base Granular + Base Granular + TSB (Alt. Trazo N° 02).

DESCRIPCION	DISEÑO DEL PAVIMENTO
	ALT. DE TRAZO 02
	TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA
ESPESOR DE TSB aprox. (cm)	-
ESPESOR DE BASE GRANULAR (cm)	25.00
ESPESOR DE SUB BASE GRANULAR (cm)	35.00

Fuente: Propia.

Los cálculos de Ejes equivalentes se realizaron en base a los Valores del IMD que se sustentan en los estudios de tráfico, los cuales consideran las recomendaciones descritas en el Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del MTC.

Para determinar el CBR de diseño se empleó los CBR de la subrasante de los Ensayos realizados para el Proyecto: “Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera: Chamaya – Jaén – Km. 50+085”

Para el Dimensionamiento de las alternativas de solución del Pavimento Flexible a Nivel de Carpeta Asfáltica en Caliente se han tomado en cuenta básicamente las recomendaciones descritas en el Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del MTC, basada en gran parte en la Metodología AASHTO 93.

VII. Recomendaciones

Para los metrados en la alternativa de Trazo N° 01 (alternativa de Trazo seleccionada) se debe considerar eliminar la capa superior del suelo (1.0 m de espesor aprox. de arena limosa con contenido de material orgánico inapropiado para condiciones de subrasante) y reemplazarlo con material de cantera para mejorar las condiciones de la subrasante entre las progresivas Km. 0+000 al Km. 0+240 y entre las progresivas Km. 9+400 al Km. 9+910.

Para los metrados en la alternativa de Trazo N° 02, se debe considerar eliminar la capa superior del suelo (1.0 m de espesor aprox. de arena limosa con contenido de material orgánico inapropiado para condiciones de subrasante) y reemplazarlo con material de cantera para mejorar las condiciones de la subrasante entre las progresivas Km. 0+000 al Km. 0+240, Km 5+900 al Km. 7+620, Km. 7+900 al Km. 8+320 y Km. 8+700 al Km. 9+643.

Se recomienda que se consideren aspectos relacionados a la mitigación ambiental de las canteras del proyecto en el que se basa la presente tesis, en lo que se refiere al tratamiento y rehabilitación de las áreas destinadas a explotación de materiales, en cumplimiento de las exigencias ambientales.

VIII. Referencias

Aguilar, N. & Salas, G. (2012). *Comparación entre tratamiento superficial bicapa y asfalto en caliente, en la rehabilitación de la carretera Chacachaca-Yunguyo-Kasani* (Tesis de Pregrado), Universidad Católica de Santa María – Perú, Arequipa, Perú.

Arias, F. (2012). *El Proyecto de Investigación*. Caracas, Venezuela: Episteme – Sexta Edición.

Cóndor, J. (2016). *Tratamiento superficial bicapa con emulsión asfáltica de la carretera Valle Yacus provincia de Jauja – Región Junín 2015* (Tesis de Pregrado), Universidad Peruana Los Andes, Huancayo, Perú.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2001). *Ministerio de Transportes y Comunicaciones: Manual de diseño geométrico para carreteras DG-2001*. Perú: MTC.

Ortega, O. & Paternina, L. (2012). *Propuesta para la implementación de mezclas asfálticas tibias en la ciudad de Medellín* (Tesis de Postgrado), Universidad de Medellín, Medellín, Colombia.

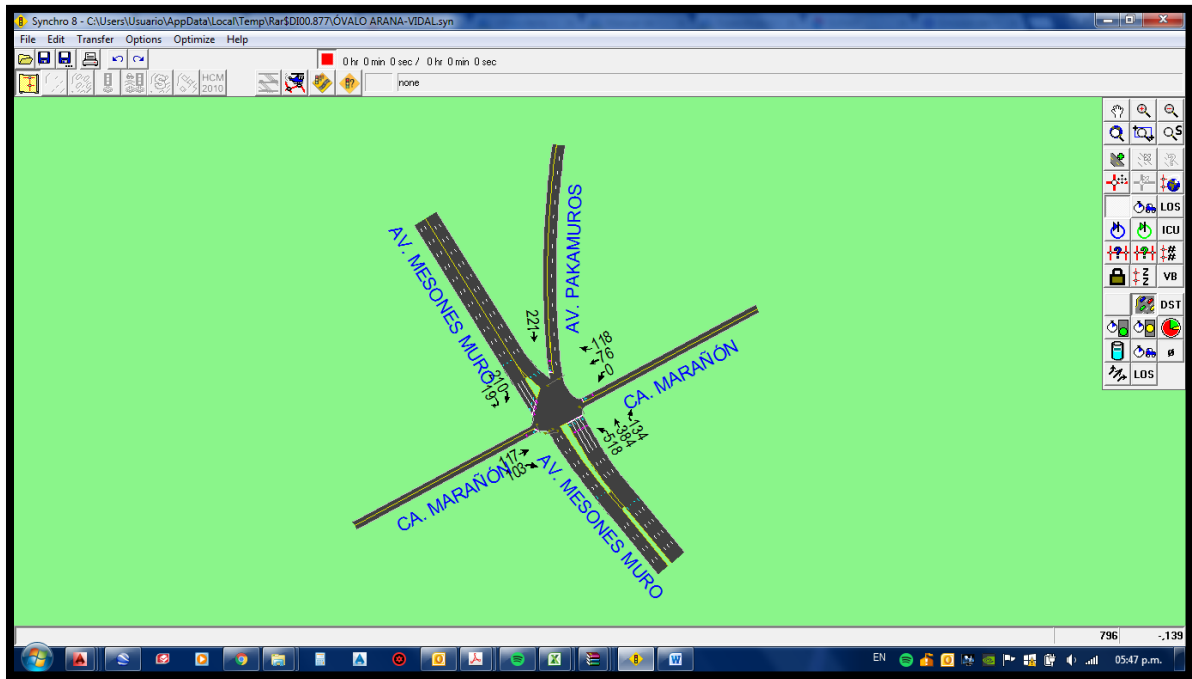
Queirolo, A. (2009). *Seguimiento de un doble tratamiento superficial para camino de alto tránsito*
(Trabajo de Graduación), Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile.

IX. Anexos

Anexo 01

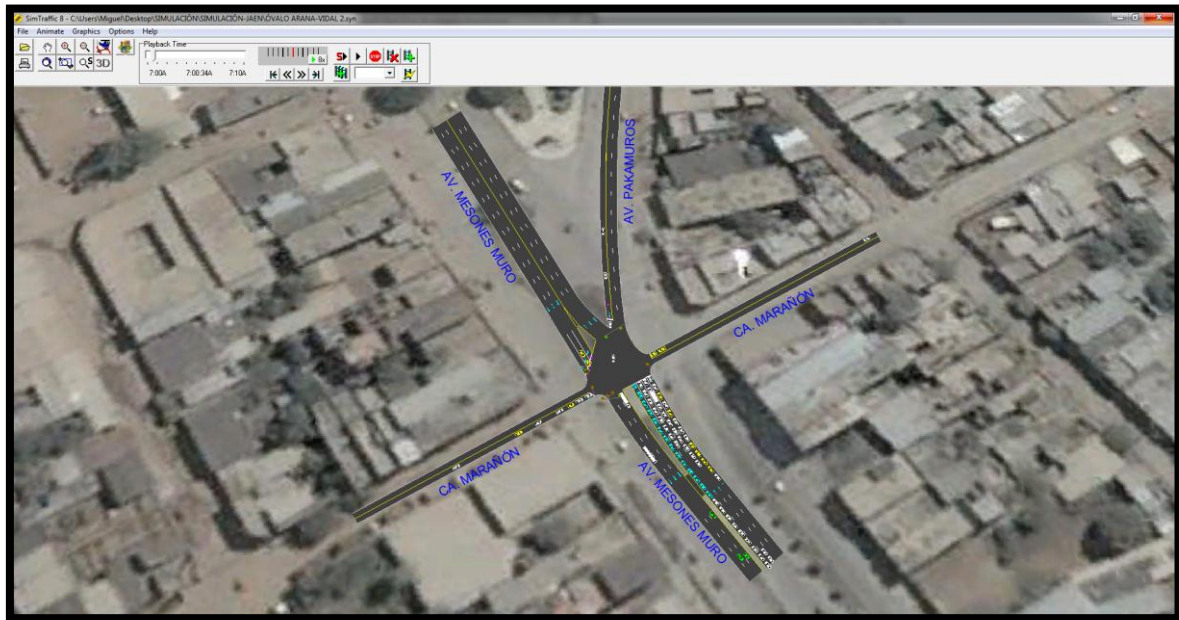
Gráficos de modelación de tránsito

Figura 9: Modelación de tránsito – Óvalo Arana-Vidal (Vista en 2D).



Fuente: Propia.

Figura 10: Modelación de tránsito – Óvalo Arana-Vidal (Vista de la Simulación).

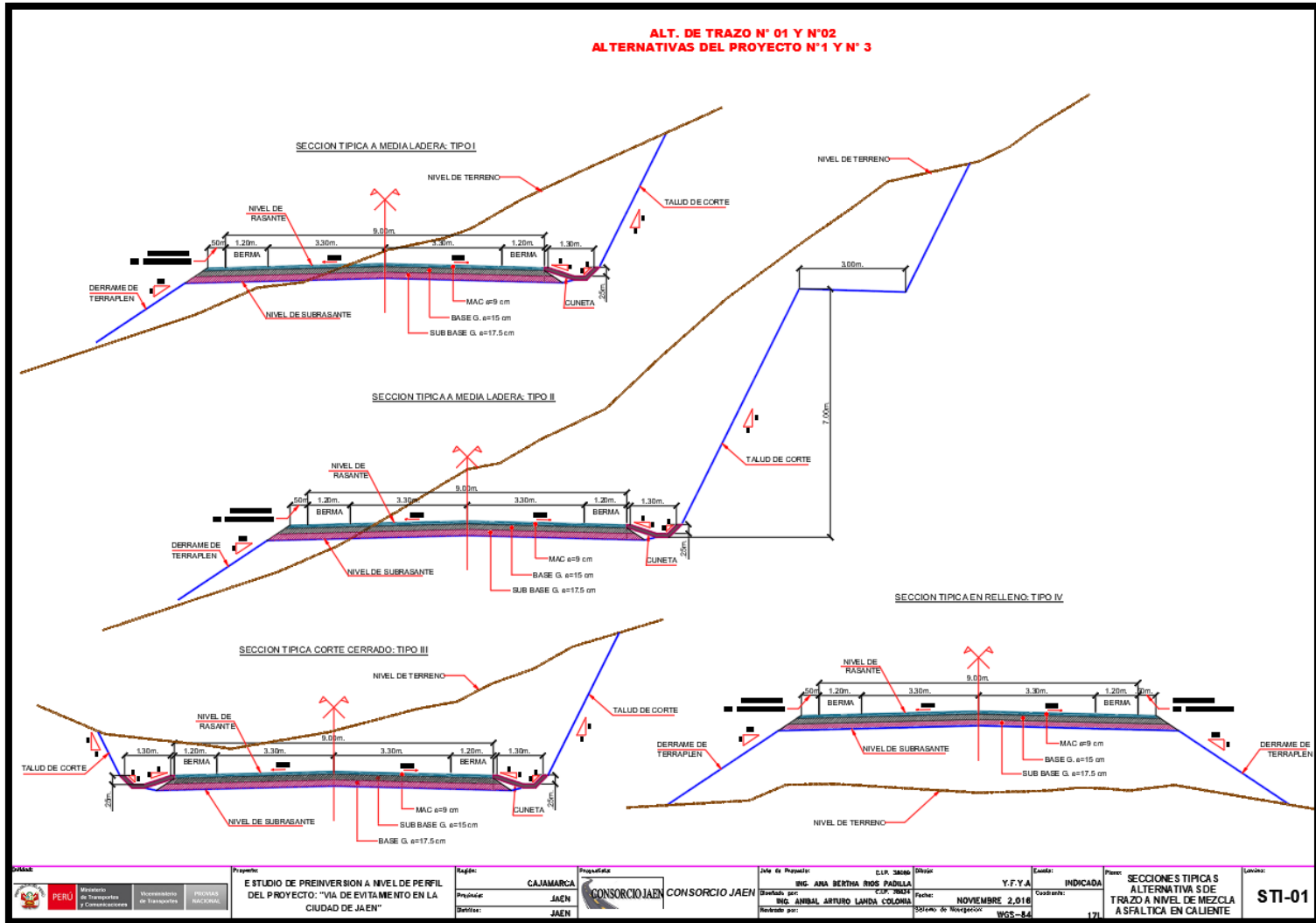


Fuente: Propia.

Anexo 02:

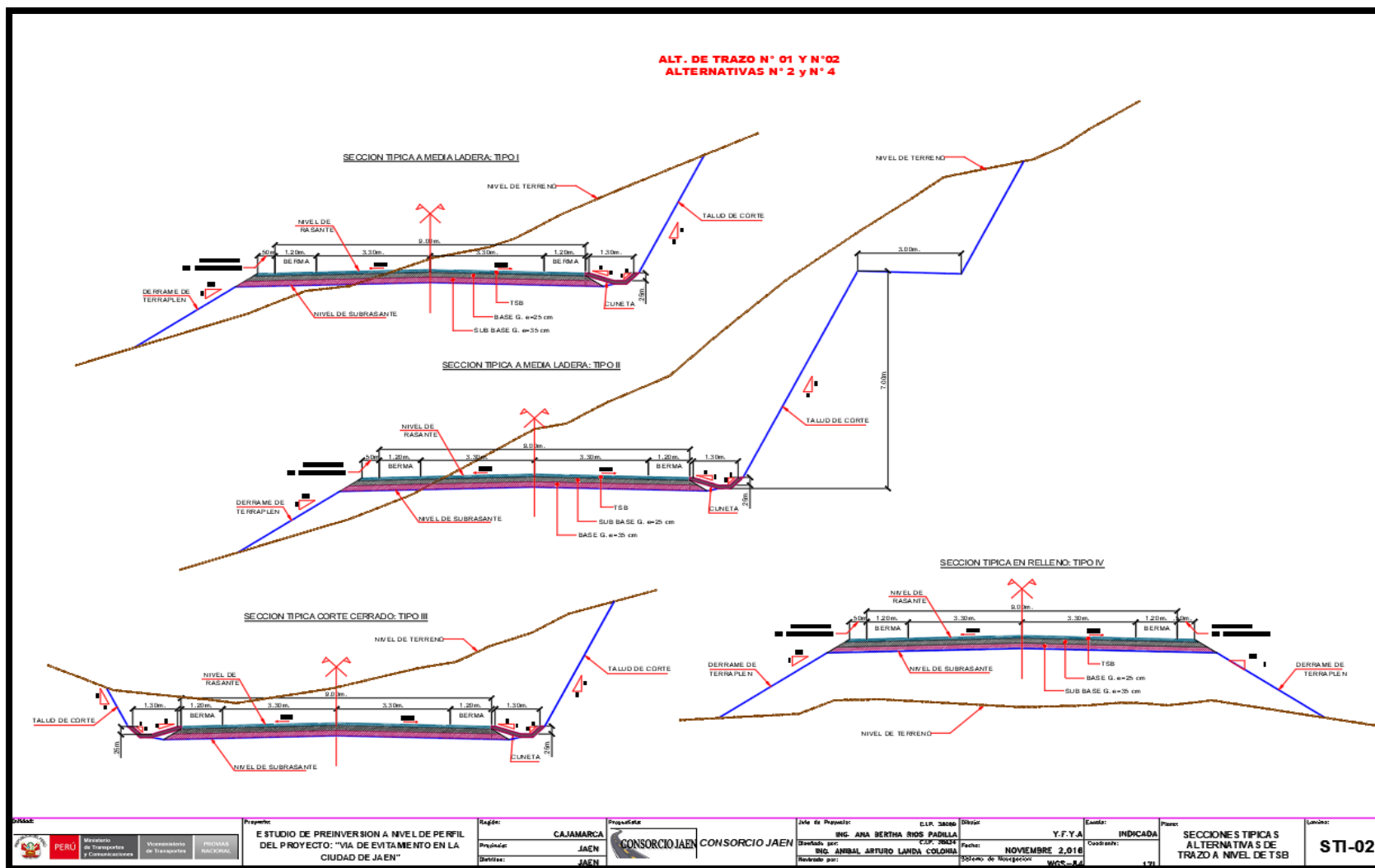
Planos

Figura 11: Plano N°1 de Secciones típicas alternativas.



Fuente: Municipalidad de Jaén.

Figura 12: Plano N°2 de Secciones típicas alternativas.



Fuente: Municipalidad de Jaén.