

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

**DISEÑO DE PAVIMENTO EMPLEANDO EL MÉTODO AASHTO 93
PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA AYACUCHO -
ABANCAY. TRAMO: AYACUCHO KM. 0+000 – KM. 50+000**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

OSCAR ALEJANDRO SANCHEZ VASQUEZ

ASESOR:

Ms. AYBAR ARRIOLA, GUSTAVO ADOLFO

JURADO:

Dr. RAMOS FLORES, MIGUEL ANGEL

Ms. GARCIA URRUTIA OLAVARIA, ROQUE JESUS

Ms. AREVALO VIDAL, SAMIR AUGUSTO

LIMA – PERÚ

2019

DEDICATORIA

A Dios, por bendecirme cada día de mi vida.

A mis padres, por su compañía y apoyo.

AGRADECIMIENTO

A todos los catedráticos que tuve la dicha de conocer en mi prestigiosa Alma Máter, la
Universidad Nacional Federico Villarreal.

RESUMEN

La presente tesis titulada “DISEÑO DE PAVIMENTO EMPLEANDO EL MÉTODO AASHTO 93 PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA AYACUCHO - ABANCAY. TRAMO: AYACUCHO KM. 0+000 – KM. 50+000”, tiene por finalidad proponer como debe estar conformada la estructura del pavimento a construirse en la carretera en mención. Para ello previamente se definirá el periodo de diseño a considerarse.

Las evaluaciones de suelos realizadas en la carretera: Ayacucho – Abancay, Tramo I; Km. 0+000 – Km. 50+000 que se encuentra a nivel de capa granular (afirmado), permiten apreciar que en la actualidad esta carretera presenta insuficiencias superficiales que en algunos subtramos son críticos y la serviciabilidad es variable originada por los excesivos baches y deterioros vistos en la carretera. Allí radica la importancia del tema elegido para la presente tesis puesto que el mejoramiento de la carretera en mención permitirá mejorar la transitabilidad vehicular en el área de influencia.

Palabras clave: Diseño de pavimentos. Método Aashto 93.

ABSTRACT

This thesis entitled "PAVEMENT DESIGN USING THE AASHTO 93 METHOD FOR THE IMPROVEMENT OF THE AYACUCHO - ABANCAY ROAD. SECTION: AYACUCHO KM. 0 + 000 - KM. 50 + 000 ", aims to propose how the structure of the pavement to be built on the road in question should be formed. For this, the design period to be considered will be previously defined.

The soil evaluations carried out on the road: Ayacucho - Abancay, Section I; Km. 0 + 000 - Km. 50 + 000 that is at the level of granular layer (affirmed), allow to appreciate that at present this road presents superficial insufficiencies that in some sub-sections are critical and the serviceability is variable originated by the excessive potholes and deterioration seen on the road. There lies the importance of the theme chosen for the present thesis since the improvement of the road in question will improve vehicular traffic in the area of influence.

Keywords: Pavement design. Aashto 93 method.

ÍNDICE GENERAL

Dedicatoria	2
Agradecimiento	3
Resumen	4
Abstract	5
Capítulo I: Introducción	11
1.1 Descripción y formulación del problema	11
1.2 Antecedentes	12
1.3 Objetivos	17
1.4 Justificación e importancia.....	18
1.5 Hipótesis.....	18
Capítulo II: Marco teórico.....	19
2.1 Pavimento flexible.....	19
2.2 Características que debe reunir un pavimento.....	19
2.3 Metodología Aashto 93	20
Capítulo III: Método.....	21

3.1 Tipo de investigación	21
3.2 Ámbito temporal y espacial.....	21
3.3 Variables.....	26
3.4 Población y muestra	27
3.5 Instrumentos	27
3.6 Procedimientos	28
3.7 Análisis de datos.....	28
3.7.1 Descripción del estado superficial de la carretera	28
3.7.2 Estudio de suelos, canteras y fuentes de agua	30
Capítulo IV: Resultados	52
4.1 Síntesis de Caracterización de Suelos Existentes.....	52
4.2 Determinación de Secciones Homogéneas	54
4.3 Estructuración del Pavimento.....	58
Capítulo V: Discusión de resultados	61
Conclusiones	62
Recomendaciones.....	63
Referencias	64

Anexo 1: Estudio de señalización y seguridad vial	67
Anexo 2: Estudio de trazo y topografía	78
Anexo 3: Estudio de trazo y topografía	100
Anexo 4: Planos	109

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación a nivel nacional.....	22
Figura 2: Ubicación a nivel regional.	23
Figura 3: Plano de Ubicación	110
Figura 4: Plano Clave	110
Figura 5: Plano de secciones tipo.....	110
Figura 6: Plano de Planta y perfil km 29+000 – km 30+000	110
Figura 7: Plano de diseño geométrico – zona urbana km 1+100 – km 1+380	110
Figura 8: Plano de diseño geométrico zonas urbanas. Cortes típicos.	110
Figura 9: Plano de señalización vertical.....	110

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Suelos constituyentes del primer estrato.	31
Tabla 2: Suelos constituyentes segundo estrato	32
Tabla 3: Capacidad relativa de soporte de los suelos de subrasante:	33
Tabla 4: Valores teóricos del CBR.....	35
Tabla 5: Resultado de ensayos de muestras de agua – cuadro 01.	50
Tabla 6: Resultado de ensayos de muestras de agua – cuadro 02.	51
Tabla 7: Valores CBR según Percentil Sector 1	55
Tabla 8: Valores CBR según Percentil Sector 2	56
Tabla 9: Valores CBR según Percentil Sector 3	56
Tabla 10: Valores CBR según Percentil Sector 3a.....	57
Tabla 11: Dimensionamiento método AASHTO - 93.....	61
Tabla 12: Resumen AASHTO - 93	62

CAPÍTULO I

Introducción

1.1 Descripción y formulación del problema

Las evaluaciones de suelos realizadas en la carretera: Ayacucho – Abancay, Tramo I; Km. 0+000 – Km. 50+000 que se encuentra a nivel de capa granular (afirmado), permiten apreciar que en la actualidad esta carretera presenta insuficiencias superficiales que en algunos subtramos son críticos y la serviciabilidad es variable originada por los excesivos baches y deterioros vistos en la carretera. Allí radica la importancia del tema elegido para la presente tesis, puesto que el mejoramiento de la carretera en mención permitirá mejorar la transitabilidad vehicular en el área de influencia.

Así, la presente tesis busca responder las siguientes preguntas:

¿Qué estructuración debe presentar el pavimento a diseñarse para el mejoramiento de la carretera Ayacucho - Abancay?

¿Cuál es el periodo de diseño a considerarse en el pavimento que se plantea construirse?

¿Cuáles serán las secciones homogéneas a considerarse para establecer los parámetros de diseño?

1.2 Antecedentes

a) En el ámbito internacional

Salamanca & Zuluaga (2014) señalan en el trabajo de grado titulado “Diseño de la estructura de pavimento flexible por medio de los métodos Invias, Aashto 93 e Instituto del Asfalto para la vía La Ye - Santa Lucia Barranca Lebrija entre las abscisas k19+250 a k25+750 ubicada en el departamento del César”, trabajo de grado para obtener el título de Especialista en Ingeniería de Pavimentos por la Universidad Católica de Colombia – Colombia, tiene como objetivo principal, diseñar las estructuras de pavimento flexible por medio de los métodos Invias para medios y altos volúmenes de tránsito, Aashto 93 e Instituto del asfalto para la vía La Ye - Santa Lucia – Barranca Lebrija entre los abscisas K19+250 A K25+750 ubicada en el departamento del Cesar.

Teniendo como resultado las siguientes conclusiones:

- Los suelos encontrados en los 6.5 Km de la vía La Ye Santa Lucia Barranca Lebrija corresponden a limos-arcillosos y arenas limosas en su mayoría.

- Las estructuras de pavimento definidas por cada uno de los métodos evaluados se basaron en un periodo de diseño de diez años para pavimentos flexibles o su equivalencia en tiempo hasta acumular el número de ejes equivalentes de 8.2 ton adoptado en el diseño.
- Las estructuras de pavimento diseñadas para la vía la Ye Santa Lucia Barranca Lebrija están en la capacidad de soportar las solicitaciones generadas por un tráfico esperado de 0.51 millones de ejes equivalentes de 8.2 ton bajo unas características de suelos de tipo limo-arcillosos y areno- limosos, para un periodo de diseño de 10 años contados a partir del año 2014 según los requerimientos de cada método.

Cedeño (2014) señala en la tesis titulada “Propuesta de metodología complementaria a los diseños de pavimentos según Aashto 93”, tesis para obtener el título de Ingeniero Civil por la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil – Ecuador, tiene como objetivo principal, complementar el diseño propuesto por Aashto 93 con otras metodologías que permitan considerar las condiciones de temperatura a las que está sujeta la estructura de pavimento (flexible) en las distintas regiones del país y su incidencia en el tipo de daño por fatiga.

Teniendo como resultados las siguientes conclusiones:

- Como se pudo observar en las tablas la estructura de pavimento que están sujetos a las más altas temperaturas en el Ecuador son principalmente los pavimentos de la costa, en la sierra los pavimentos muestran un mejor comportamiento ante la fatiga de capa asfáltica debido a sus bajas temperaturas (alrededor de 15°) sin embargo a bajas temperaturas se debe tomar en cuenta el aumento de rigidez de la capa asfáltica que de no tener suficiente resistencia puede fatigarse con más facilidad que una capa asfáltica más flexible, la región amazónica tiene temperaturas que están entre los 2 toques que son la sierra y la costa mostrando un comportamiento favorable durante una temporada del año.
- Tener este tipo de información disponible permite al diseñador considerar distintas opciones al conocer los comportamientos variables que se presentan en las distintas regiones del país. Por medio de análisis por métodos aproximados en conjunto con métodos complementarios se puede tener una idea bastante acertada acerca de lo que conviene en el diseño de espesores y se pueden tomar mejores decisiones con niveles de incertidumbre muchos más bajos.
- La aplicación propuesta en el trabajo resulta muy útil y cumple de manera eficiente con su cometido ya que permite al diseñador ingresar una serie de pocos datos y conseguir un resultado aproximado acerca del comportamiento de la estructura del pavimento flexible frente a cargas y efectos del medio ambiente.

b) En el ámbito nacional

Gómez (2014) señala en la tesis titulada “Diseño estructural del pavimento flexible para el anillo vial del Óvalo Grau - Trujillo - La Libertad”, tesis para obtener el título de Ingeniero Civil por la Universidad Privada Antenor Orrego – Perú, tiene por objetivo principal, determinar la estructura del pavimento flexible para el anillo vial del Óvalo Grau – Trujillo – La Libertad.

Teniendo como resultado las siguientes conclusiones:

- El Diseño de la Estructura del Pavimento Flexible, del presente proyecto, obedece a parámetros del comportamiento del lugar de emplazamiento, tomando como variables de entrada, la caracterización del tránsito, las propiedades mecánicas de los materiales y del terreno de fundación, las condiciones climáticas, las condiciones de drenaje y los niveles de serviciabilidad y confiabilidad.
- En el método AASTHO – 93, el cálculo del espesor de la estructura del pavimento, relaciona las variables, considerando principalmente los Factores de Equivalentes de ejes tipo de 80 Kn o 18 Kips o ESALs y el Módulo Resiliente de la Subrasante MR.

- El procedimiento a seguir para obtener el número estructural SN, es iterativo, de donde se obtiene el espesor de cada capa que forman en paquete estructural del pavimento. Este procedimiento tiende a obtener valores elevados del número estructural en capas superiores, obteniendo un espesor reducido en la capa sub-base, lo que implica un mayor costo en la conformación del paquete estructural.

Escobar & Huincho (2017) señalan en la tesis titulada “Diseño de pavimento flexible, bajo influencia de parámetros de diseño debido al deterioro del pavimento en Santa Rosa – Sachapite, Huancavelica - 2017”, tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil por la Universidad Nacional de Huancavelica – Perú, tiene como objetivo principal, determinar la influencia de parámetros de diseño para diseñar el pavimento flexible debido al deterioro del pavimento en Santa Rosa - Sachapite Huancavelica.

Teniendo como resultado las siguientes conclusiones:

- Se encontró con IMD 467 veh/día por tanto influye directamente ya que el diseño de la vía en estudio era en el año 2006 con un IMD de 275 veh/día por tanto cambia mucho en cuestiones de diseño al tomar coeficientes y valores de diseño de la carpeta asfáltica y los estudios específicos para el Manual de carreteras de suelos, geología, geotecnia y pavimentos como también al usar las metodologías del AASTHO 93.

- Según los estudios encontrados en la zona hallamos un ESAL de 2, 289,418 de ejes equivalentes para el 2006 y se encontró el espesor la carpeta asfáltica con 4 pulgadas. Y actualmente para el 2017 la carpeta asfáltica debe ser de 7 pulgadas con un ESAL de 7, 867,970 de ejes equivalentes (EE). Entonces decimos que a mayor ESAL aumenta la carpeta asfáltica requerida y menor ESAL disminuye la carpeta asfáltica, de esa manera la estructura trabaja en óptimas condiciones.
- El CBR influye directamente porque al diseñar en el pavimento flexible se encontró un CBR de diseño 7.2 % para ambos diseños hecho del 2006 y del 2017, ya que por ser el mismo suelo es recomendar a trabajar con el mismo CBR de la subrasante si fuera menor se optaría por estabilizaciones u otros métodos.

1.3 Objetivos

a) **Objetivo general**

Diseñar los pavimentos a emplearse en la carretera Ayacucho – Abancay - Tramo: Ayacucho km. 0+000 – km. 50+000, empleando el método Aashto 93 para llevar a cabo el mejoramiento de la vía.

b) Objetivos específicos

- Definir el periodo de diseño a considerarse en el pavimento que se plantea construirse.
- Proponer la estructura del pavimento a construirse para el mejoramiento de la carretera Ayacucho - Abancay.

1.4 Justificación e importancia

El tema elegido para presente tesis se justifica debido a que, en la actualidad, la carretera Ayacucho – Abancay posee un nivel de serviciabilidad crítico con excesivos baches y deterioros que se pueden apreciar a simple vista. Ello origina problemas de transitabilidad vial y pérdida de tiempo, afectando el comercio de productos. Por ello, el mejoramiento de la carretera en mención permitirá elevar la calidad de vida de la población relacionada.

1.5 Hipótesis

Mediante la metodología Aashto 93 se podrá realizar un diseño eficiente de pavimentos flexibles con miras a lograr el mejoramiento de la carretera Ayacucho – Abancay.

CAPÍTULO II

Marco teórico

2.1 Pavimento flexible

Escobar & Huincho (2017) señalan que:

El pavimento flexible es una estructura compuesta por capas granulares (sub-base, base) y como capa de rodadura una carpeta constituida con materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y de ser el caso aditivos. Principalmente se considera como capa de rodadura asfáltica sobre capas granulares: mortero asfáltico, tratamiento superficial bicapa, micro pavimentos, mezclas asfálticas en frío y mezclas asfálticas en caliente. (p.17)

2.2 Características que debe reunir un pavimento

Gómez (2014) señala que:

Un pavimento para cumplir adecuadamente sus funciones debe reunir los siguientes requisitos: ser resistente a las cargas impuestas por el tránsito; ser resistente ante los agentes de intemperismo; presentar una textura superficial adaptada a las velocidades previstas de circulación de los vehículos. (p.8)

Gómez (2014) también señala que:

El pavimento debe presentar una regularidad superficial, tanto transversal como longitudinal; debe ser durable; debe ser económico; debe poseer el color adecuado para evitar reflejos y deslumbramientos, y ofrecer una adecuada seguridad al tránsito. (p.8)

2.3 Metodología Aashto 93

Salamanca & Zuluaga (2014) señalan que:

El método de diseño AASHTO, originalmente conocido como AASHO, fue desarrollado en los Estados Unidos en la década de los 60, basándose en un ensayo a escala real realizado durante 2 años en el estado de Illinois donde los suelos y climas son típicos para gran parte de Estados Unidos, esto con el fin de desarrollar tablas, gráficos y fórmulas que representen las relaciones deterioro-solicitud de las distintas secciones ensayadas. A partir de la versión del año 1986, y su correspondiente versión mejorada de 1993, el método AASHTO comenzó a introducir conceptos mecanicistas para adecuar algunos parámetros a condiciones diferentes a las que imperaron en el lugar del ensayo original. (p.20)

CAPÍTULO III

Método

3.1 Tipo de investigación

Aplicada.

3.2 Ámbito temporal y espacial

La presente tesis se basa en el proyecto de Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho – Abancay; Tramo: Ayacucho (Km. 0+000) – Km. 50+000, el cual se encuentra ubicado en el Departamento de Ayacucho, Provincia de Huamanga cruzando los Distritos Carmen Alto y Chiara. El proyecto será próximamente ejecutado.

Ubicación

Como se ha mencionado, la carretera Ayacucho Abancay, tramo Km. 0+000 – Km. 50+000, se ubica en el Departamento de Ayacucho, Provincia de Huamanga cruzando los Distritos Carmen Alto y Chiara.

El inicio del tramo se ubica a la salida de Ayacucho, en la cuadra 10 de la Av. Cusco, intersección con la cuadra 1 de la Av. Nicaragua. El término del tramo se ubica en el Km. 50+000 en una zona descampada

Figura 1: Ubicación a nivel nacional.



Fuente: IGN.

UBICACION A NIVEL REGIONAL

Accesibilidad

Se realiza a través de dos rutas, la Ruta 1: Lima-San Clemente-Huaytara-Ayacucho y Ruta 2: Lima – La Oroya – Huancayo – Izcuchaca – Huanta – Ayacucho.

Ruta 1: Lima-San Clemente-Huaytara-Ayacucho.

Carretera Panamericana Sur de Lima-Chincha-San Clemente, que es una vía que tiene una superficie de rodadura a nivel de asfaltado y pertenece a la Ruta Nacional N° 1-S con una longitud de 236 Kilómetros. Desde San Clemente se continúa por la Vía de los Libertadores Wari enlazando las localidades de Humay-Huaytara-Puente Rumichaca-Ayacucho.

La vía tiene una superficie de rodadura a nivel de asfaltado y pertenece a la Ruta Nacional N° 24-A con una longitud de 336 Kilómetros. En total el acceso a la Zona de Estudios desde Lima es de 572 Km.

Ruta 2: Lima – La Oroya – Huancayo – Izcuchaca – Huanta – Ayacucho

El acceso a la Zona de Estudios se puede realizar por medio de la Carretera Transversal de la Sierra o Carretera Central de Lima – La Oroya, que es una vía que tiene una superficie de rodadura a nivel de asfaltado y pertenece a la Ruta Departamental N° 20 con una longitud de 174.2 Kilómetros.

Se continua por la Carretera Longitudinal de la Sierra de La Oroya – Huancayo – Izcuchaca – Huanta - Ayacucho, por una vía que tiene una superficie de rodadura a nivel de asfaltado menos el Sector de Izcuchaca a Huanta de 140.3 Kilómetros que tiene una superficie de afirmado y pertenece a la Ruta Nacional N° 3-S con una longitud de 387.5 Kilómetros. En total el acceso a la Zona de Estudios desde Lima es de 561.7 Kilómetros.

Por vía aérea

El acceso por vía aérea es a través del Aeropuerto Coronel FAP Alfredo Mendívil Duarte de la ciudad de Ayacucho que constituye un centro de operación del movimiento de pasajeros y carga de carácter interregional (Lima, Ayacucho, Andahuaylas, Cusco).

Altitud

En el trazo de la carretera Ayacucho - Abancay, Tramo: Km. 0+000 - Km. 50+000, altitudes varían desde los 1,950 m.s.n.m hasta los 4,230 m.s.n.m.

Clima

El clima en la zona del proyecto es templado, moderadamente lluvioso y con amplitud térmica moderada. La media anual de temperatura máxima y mínima (periodo 1967-1980) es 23.8°C y 9.3°C, respectivamente. La precipitación media acumulada anual para el periodo 1967-1980 es 551.2 mm.

3.3 Variables

- **Variable independiente**

Diseño de pavimento flexible.

- **Variable dependiente**

Mejoramiento de la carretera Ayacucho – Abancay.

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 las carreteras de los departamentos de Ayacucho y Abancay.

- **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 carretera Ayacucho – Abancay; Tramo: Ayacucho Km. 0+000 – Km. 50+000.

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.
- 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 analizaron las muestras de suelo obtenidas.
- Se ha realizado la caracterización de suelos resistentes.
- Se ha determinado las secciones homogéneas.
- Se ha definido el periodo de diseño.
- Se ha realizado la estructuración del pavimento en base a la metodología Aashto 93.

3.7 Análisis de datos

3.7.1 Descripción del estado superficial de la carretera

Del Km. 0+000 (Inicio del Tramo), al Km. 0+060

En este sector el pavimento es rígido, al ser a salida de la ciudad de Ayacucho con destino a Abancay, el cual se encuentra deteriorado en las zonas de las juntas y en las esquinas sus dimensiones son:

Largo : 5.00 m

Ancho : 9.00 m

Espesor: 0.30 m

Del Km. 0+060 AL Km. 35+900 (Dv. Cangallo)

Este tramo al inicio se desarrolla en zona urbana para pasar luego a ser rural, la plataforma actual está constituida por un afirmado en un estado regular a bueno, con zonas puntuales donde la plataforma ha sufrido deformaciones o bache a causa de mal terreno de fundación, así como filtraciones de agua.

Km. 35+900 (Dv. Cangallo) Al Km. 48+849.6 (Fin del Tramo)

En este tramo la plataforma está conformado por un afirmado en mal estado debido a filtraciones, así como por falta de obras de artes que permitan proteger la plataforma de las aguas que afloran todo este sector, sumado a un mal material presente en la subrasante, produciendo baches, deformaciones y aniegos de la actual plataforma, tanto así que este sector es casi no transitado por los vehículos por el mal estado que se encuentra.

3.7.2 Estudio de suelos, canteras y fuentes de agua

Suelos existentes en plataforma

Caracterización de los Suelos

Por los materiales encontrados debajo del nivel de subrasante de la carretera se puede establecer que se tratan principalmente por materiales granulares como A-1- y A-2), y por suelos como A-4, A-5 y A-6 y A-7. A continuación se presenta el resumen de los materiales encontrados.

- Grava arenosa	A-1, A-2	38 %
- Arena gravosa/limosa	A-4	19 %
- Limo arenoso/arcilloso	A-5, A-6	14 %
- Arcillas	A-7	10 %
- Roca	-	19 %

Obtenidas las características de los suelos de acuerdo a los muestreos y ensayos realizados (clasificación de suelos, estratos, perfil estratigráfico) puede afirmarse que la actual plataforma está constituida por una variedad de suelos distribuidos heterogéneamente y que para mejor interpretación se describen a continuación estrato por estrato.

Tabla 1: Suelos constituyentes del primer estrato.

CLASE DE SUELOS	DESCRIPCION VISUAL SUELOS OBSERVADOS
A-1	Suelos gravo arenosos de estabilización (afirmado/lastrado) de baja humedad, con IP de hasta 4 y tamaños de hasta 8”.
A-2	Suelos de matriz limo-arcillosa de baja humedad y compactación con inclusiones gravosas, baja humedad, con IP de hasta 23.
A-4	Suelos de matriz limo-arcillosa de baja humedad y compactación, baja humedad, con IP menores de 6.
A-5	Suelos de matriz limosa de baja humedad con IP menores de 10.
A-6	Suelos finos arcillosos con IP de hasta 14.
A-7	Suelos finos arcillosos con IP de hasta 40.
Roca	

Fuente: Propia.

Tabla 2: Suelos constituyentes segundo estrato

CLASE DE SUELOS	DESCRIPCIÓN VISUAL SUELOS OBSERVADOS
A-1	Suelos gravo arenosos de baja humedad de características NP y tamaños de hasta 8”.
A-2	Suelos de matriz limo-arcillosa de baja humedad y compactación con inclusiones gravosas, baja humedad, con IP de hasta 15.
A-4	Suelos de matriz limo-arcillosa de baja humedad y compactación, baja humedad, con IP menores de 8.
A-5	Suelos de matriz limosa de baja humedad con IP menores de hasta 5.
A-6	Suelos finos arcillosos con IP de hasta 15.
A-7	Suelos finos arcillosos con IP de hasta 21.
Roca	

Fuente: Propia.

Suelos constituyentes tercer estrato

La predominancia de materiales en el tercer estrato está constituida por materiales rocosos, sin embargo, escasos sectores presentan suelos en menor proporción.

Capacidad relativa de soporte de los suelos de subrasante

De acuerdo a las características de los suelos descritos anteriormente, se efectuó la toma selectiva de muestras para ejecutar los ensayos de C.B.R. (MTC E 132) con la finalidad de establecer su capacidad relativa de soporte, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 3: Capacidad relativa de soporte de los suelos de subrasante:

PROGRESIVA DEFINITIVA	LADO	CLASIFICACIÓN		C.B.R.	
		SUCS	AASHTO	95%	100%
0+017	Izq	GW-GC	A-2-4 (0)	20,5	25,3
2+004	Der	SM	A-1-b (0)	22,7	34,5
4+084	Der	ML	A-4(8)	2,0	2,5
5+987	Der	SM	A-2-4 (0)	13,7	17,8
7+981	Izq	SM	A-1-b (0)	44,8	56,4
10+092	Izq	SC - SM	A-2-4 (0)	20,9	29,9
12+150	Der	SC	A-4 (3)	5,0	7,0
14+189	Der	SC	A-2-6 (1)	8,0	12,8
16+268	Der	SC - SM	A-1-b (0)	22,6	33,5
18+228	Izq	SC	A-2-4 (0)	10,5	15
20+323	Izq	CL	A-4 (6)	8,0	15,0
23+309	Der	CL	A-6 (4)	4,4	7,7
24+355	Izq	SM	A-4 (1)	17,4	25,9
26+358	Der	SC	A-4 (1)	15,0	34,0
28+346	Izq	ML	A-5 (4)	9,8	16,0
30+000	Der	GM	A-2-4(0)	29,2	55,5
32+703	Izq	GM	A-2-5	15,4	24,5
34+717	Der	ML	A-4	15,4	22,0
36+709	Der	SM	A-2-4	11,6	18,4
38+726	Der	GM	A-1-b	37,5	52,1
39+490	Der	SM	A-2-4	16,0	23
42+737	Izq.	OH	A-6	4,3	7,6
44+282	Der.	SM	A-2-4	13,0	21
45+574	Der	SM	A-5	11,0	15
48+078	Der	GM	A-1-b	38,0	51

Fuente: Propia.

Materiales Inadecuados

Se han detectado en el tramo sectores con presencia de materiales Inadecuados (suelos débiles de bajo CBR), como son los tipos CL y ML, los cuales se indican en el cuadro de Mejoramientos en Sectores de Reemplazo de Material, así como las zonas de reptaciones y en aquellos lugares donde se están proyectando los sub-drenes profundos.

Por otro lado, no se ha encontrado la presencia de sectores con materiales inadecuados de los tipos expansivos o saturados.

Mejoramiento de la sub-rasante

La ubicación para aplicar los criterios de Mejoramiento de Subrasante en zonas en corte (secciones mixtas o corte cerrado) según como se definen en los ítems 205.08 Suelos inestables a nivel de subrasante, 210.02 y 220.00 Mejoramiento de Suelos a nivel de subrasante de las EG-2000-MTC que se adoptan para el presente proyecto conceptos que involucran los 30 cm. últimos que conforman la subrasante.

Para la evaluación de los sectores a considerar en trabajos de mejoramiento de suelos se ha empleado la teoría de Boussinesq bajo el criterio que los suelos inadecuados poseen en principio una baja capacidad soporte (bajos valores CBR) que no solo dificulta el comportamiento del pavimento sino también representa grandes dificultades en el proceso constructivo. En tal sentido se obtienen los siguientes valores teóricos que deberán ser reajustados durante el proceso constructivo de acuerdo a las reales condiciones del terreno natural:

Tabla 4: Valores teóricos del CBR

CBR	ESFUERZOS				
2.0 %	$c_u = q_a =$	0.6 Kg/cm²	-54 cm	55 cm	
3.0 %	$c_u = q_a =$	0.9 Kg/cm²	-43 cm	45 cm	
4.0 %	$c_u = q_a =$	1.2 Kg/cm²	-36 cm	40 cm	
4.4 %	$c_u = q_a =$	1.32 Kg/cm²	-34 cm	35 cm	
4.7 %	$c_u = q_a =$	1.41 Kg/cm²	-33 cm	35 cm	

Fuente: Propia.

Estudio de canteras y fuentes de agua

Con la finalidad de ubicar volúmenes disponibles de materiales con características geotécnicas adecuadas en relación con el uso a dar, la facilidad de acceso, los procedimientos de exportación y la distancia de transporte, se efectuó el reconocimiento y estudio de diversos tipos de materiales existentes en la zona.

La siguiente es la recomendación de empleo de los materiales en función a la calidad y disponibilidad de materiales.

Rio Cachi (Km. 27.8 desde el inicio) Mezcla asfáltica

Km 6+800	Base Granular, concreto, filtros y subdrenes
----------	--

Km 12+900	Sub Bases, rellenos y mejoramientos.
-----------	--------------------------------------

Km 29+200	Rellenos y mejoramientos
-----------	--------------------------

Las recomendaciones correspondientes para su empleo se señalan a continuación:

Cantera Rio Cachi

Esta cantera está ubicada en la carretera Ayacucho – Huanta o San Francisco, en el kilómetro 20.0 al lado derecho, totalmente asfaltada y cuenta con un acceso de 7.8 km afirmado. La cantera está conformada por depósitos de material grueso y finos que tienen formas redondeadas a sub redondeadas, constituidas por gravas bien gradadas y pobremente gradadas. Mezclas de grava arena y limos. Para poder cumplir con todas las exigencias de las Especificaciones Técnicas se requiere realizar previamente el proceso de chancado, para la fabricación de agregados para Carpeta Asfáltica.

Características de la Cantera

Denominación	: Cantera Rio Cachi
Ubicación	: Km. 20+000 lado izquierda de la Carretera Ayacucho. San Francisco asfaltada.
Acceso	: 7.5 km. De vía afirmada
Área	: 25,000 m ²
Volumen de material	: 37,500 m ³
Disponibilidad	: Terceros
Empleo	: Concreto Asfáltico
Rendimiento	: 95 %
Explotación	: Tractor y cargador frontal
Tratamiento	: Zarandeo y Chancado con chancadora primaria y secundaria
Tamaño máximo de Partículas	: 6"
% de partículas > 3"	: 26 %
% de partículas < 2"	: 47 %

Características del material:

Límite Líquido (Malla N° 40)	: 19.4 %
Límite Plástico (Malla N° 40)	: NP
Índice Plástico (Malla N° 40)	: NP
Densidad Máxima	: 2.2
Contenido Óptimo del Agua	: 6.2 %
Equivalente de Arena	: 67%
Desgaste (Abrasión)	: 18.3 %
CBR	: 54.2 al 95% y 87.6% al 100% de la MDS
Sales Solubles Sulfatos	: 0.1 % arena y 0.1 % grava
Sales Solubles Cloruros	: 0.037 % arena y 0.036% grava
Humedad Natural	: 6.4 %
Caras Fracturadas 1 Cara	: 97.5
Caras Fracturadas 2 Caras	: 89.9
Partículas Chatas y Alargadas	: 4.5
Durabilidad	: 4.9 % AG y 7.6 % AF

Partículas Friables	: 1.2 % AG y 0.2 % AF
Peso Unitario Suelto	: 1.5 AG y 1.5 AF
Peso Específico Suelto	: 2.7 AG y 2.6 AF
Peso Específico Compactado	: 2.8AG y 2.7 AF
Absorción	: 1 % AG y 1.2% AF
Impurezas Orgánicas	: ATP
Sales Solubles Totales	: 0.3 % AG y 0.3 AF
Límite Líquido (Malla N° 200)	: 35.4 %
Límite Plástico (Malla N° 200)	:
Índice Plástico (Malla N° 200)	: 1.8 %
Adherencia	: Grado 3 AF.
Adherencia con Cal	: Grado 5 AF.

Cantera Km 6+800

Esta cantera está ubicada en la carretera Ayacucho - Abancay, en el kilómetro 6+800 al lado derecho.

Cuenta con un acceso de 20 m, conformada por depósitos de material grueso y fino que tienen formas redondeadas a sub redondeadas, constituidas por gravas pobremente gradadas. Mezclas de grava arena y limos. Esta cantera será utilizada para extraer material para base granular, concreto de cemento Pórtland, filtros de subdrenes.

Características de la Cantera

Denominación : Cantera km 6+800

Ubicación : Km. 6+800 lado derecho de la Carretera Ayacucho - Abancay.

Acceso : 20 m.

Área : 14,200 m²

Volumen de material : 197,000 m³

Disponibilidad : Terceros

Empleo : Base granular, Concreto de cemento Pórtland, Filtros y subdrenaje.

Rendimiento : 90 %

Explotación : Tractor y cargador frontal

Tratamiento : Zarandeo y Chancado con chancadora primaria y secundaria

Tamaño máximo de Partículas : 6"

% de partículas > 3" : 35 %

% de partículas < 3" : 69 %

Observación : Cumple con todo lo indicado en las Especificaciones Técnicas

Características del material:

Límite Líquido (Malla N° 40) : 20.8 %

Límite Plástico (Malla N° 40) : np

Índice Plástico (Malla N° 40) : 15.6 %

Densidad Máxima : 2.1

Contenido Óptimo del Agua : 9.7 %

Equivalente de Arena : 71 %

Desgaste (Abrasión) : 22.8 %

CBR (natural) : 62.8 % al 95% y 74.4 % al 100% de la MDS

CBR (Chancado) : 83.4 % al 95% y 103.8% al 100% de la MDS

Sales Solubles Sulfatos : 0.10 % arena y 0.1 % grava

Sales Solubles Cloruros	: 0.044 % arena y 0.045 % grava
Humedad Natural	: 5.5 %
Caras Fracturadas 1 Cara	: 98
Caras Fracturadas 2 Caras	: 89.4
Partículas Chatas y Alargadas	: 7.3
Durabilidad	: 2.8 % AG y 7.3% AF
Partículas Friables	: 0.2 % AG y 0.9 % AF
Peso Unitario Suelto	: 1.4 AG y 1.5 AF
Peso Unitario Compactado	: 1.5 AG y 1.5 AF
Peso Específico Suelto	: 2.7 AG y 2.5 AF
Peso Específico Compactado	: 2.8 AG y 2.5 AF
Absorción	: 1.1 %AG y 1.4 %AF
Impurezas Orgánicas	: APT
Sales Solubles Totales	: 0.2 % AG y 0.2% AF
Límite Líquido (Malla N° 200)	: 39.6%
Índice Plástico (Malla N° 200)	: 2.3 %

Cantera Km 12+900

Esta cantera está ubicada en la carretera Ayacucho - Abancay, en el kilómetro 12+900 al lado derecho. Cuenta con un acceso de 20 m, conformada por depósitos de material grueso y fino que tienen formas redondeadas a sub redondeadas, constituidas por gravas pobremente gradadas. Mezclas de grava arena y limos. Esta cantera será utilizada para extraer material para Sub Base, para lo cual previamente se tiene que realizar un mezclado con material de la cantera 6+800.

Características de la Cantera

Denominación	: Cantera Km 12+900
Ubicación	: Km. 12+900 lado derecho de la Carretera Ayacucho - Abancay.
Acceso	: 20 m.
Área	: 14,217 m ²
Volumen de material	: 122,000m ³
Disponibilidad	: Terceros
Empleo	: Sub Base y rellenos.
Rendimiento	: 90%

Explotación : Tractor y cargador frontal

Tratamiento : Zarandeo y mezcla

Tamaño máximo de Partículas : 6"

% de partículas > 3" : 15 %

% de partículas < 3" : 45 %

Observación: Para poder cumplir con el Equivalente de Arena requerido (35%) y CBR (40%), será necesario realizar una mezcla con un 20% de material de la cantera del km 6+800.

Características del material:

Límite Líquido (Malla N° 40) : 20.4 %

Límite Plástico (Malla N° 40) : NP

Índice Plástico (Malla N° 40) : NP

Densidad Máxima : 2.2

Contenido Óptimo del Agua : 6.8 %

Equivalente de Arena : 27 %

Equivalente de Arena (M. 20% km 6+800)	: 44.8 %
Desgaste (Abrasión)	: 30.1 %
CBR (M. 20% km 6+800)	: 33.7 % al 95% y 46.7% al 100% de la MDS
Sales Solubles Sulfatos	: 0.058 % arena y 0.058 % grava
Sales Solubles Cloruros	: 0.038 % arena y 0.038 % grava
Humedad Natural	: 10.7 %
Durabilidad	: 2.5 % AG y 6.2 % AF
Partículas Friables	: 0.2 % AG y 0.9 % AF
Peso Unitario Suelto	: 1.6 AG y 1.5 AF
Peso Unitario Compactado	: 1.5 AG y 1.5 AG
Peso Específico Suelto	: 2.76 AG y 2.6 AF
Peso Específico Compactado	: 2.7 AG y 2.7 AF
Absorción	: 1.3% AG y 1.5 % AF
Impurezas Orgánicas	: APT
Sales Solubles Totales	: 0.169 % AG y 0.18 AF
Límite Líquido (Malla N° 200)	: 47.1 %
Índice Plástico (Malla N° 200)	: 16.1 %

Cantera Km 29+200

Esta cantera está ubicada en la carretera Ayacucho - Abancay, en el kilómetro 29+200 al lado derecho. Cuenta con un acceso de 20 m, conformada por depósitos de material grueso y fino que tienen formas redondeadas a sub redondeadas, constituidas por gravas pobremente gradadas. Mezclas de grava arena y limos. Esta cantera será utilizada para extraer material para relleno y mejoramientos,

Características de la Cantera

Denominación : Cantera Km 29+200

Ubicación : Km. 29+200 lado derecho de la Carretera Ayacucho - Abancay.

Acceso : 20 m.

Área : 10,000 m²

Volumen de material : 60,000 m³

Disponibilidad : Terceros

Empleo : Rellenos y mejoramientos.

Rendimiento : 90%

Explotación : Tractor y cargador frontal

Tratamiento : Zarandeo

Características del material:

Límite Líquido (Malla N° 40) : 35.7 %

Límite Plástico (Malla N° 40) : 28.7%

Índice Plástico (Malla N° 40) : 8.6

Densidad Máxima : 1.729%

Contenido Óptimo del Agua : 19.8 %

Equivalente de Arena : 14.2%

Desgaste (Abrasión) : 29.2 %

CBR : 24.1 % al 95% y 32.1% al 100% de la MDS

Sales Solubles Sulfatos : 0.074% arena y 0.073 % grava

Sales Solubles Cloruros : 0.02 % arena y 0.019 % grava

Humedad Natural	: 14.6 %
Durabilidad	: 5 % AG y 6.4 % AF
Partículas Friables	: 0.9 % AG y 0.2 % AF
Peso Unitario Suelto	: 1.6 AG y 1.5 AF
Peso Unitario Compactado	: 1.7 AG y 1.6 AG
Peso Específico Suelto	: 2.6 AG y 2.6 AF
Peso Específico Compactado	: 2.7 AG y 2.7 AF
Absorción	: 1.5% AG y 1.7 % AF
Impurezas Orgánicas	: APT
Sales Solubles Totales	: 0.131 % AG y 0.146 AF
Límite Líquido (Malla N° 200)	: 24.8 %
Límite Plástico (Malla N° 200)	:
Índice Plástico (Malla N° 200)	: 6 %

Material para mejoramientos

Los materiales que se empleen en los mejoramientos deben cumplir para su uso y según corresponda, con las especificaciones técnicas de los materiales para la conformación del cuerpo y corona de terraplenes. Adicionalmente a lo indicado los materiales deben tener un CBR mayor a 10%, al 95% de la Máxima Densidad Seca (MDS) del Próctor Modificado (MTC E 115-ASTM D 1557).

El material para la conformación de rellenos en banquetas, debe provenir prioritariamente del material de corte de explanaciones, banquetas y de los excedentes de excavaciones de explanaciones, identificadas en el estudio geológico - geotécnico en caso que no puedan usarse los excedentes de corte se podrá usar material de cantera, siempre que resulte más económico para el proyecto.

Fuentes de Agua

Durante el recorrido por la carretera, se ha podido identificar cinco fuentes de agua, las mismas han sido escogidas considerando su accesibilidad, la longitud de acceso a las mismas, la facilidad para la extracción de agua. Adicionalmente a fin de abaratar costos Provias Nacional ha recomendado y aprobado una sexta fuente de agua en el tramo II, ubicado en el Km 62+250.

Las muestras de agua extraídas en cada una de las fuentes de agua identificadas, fueron remitidas al Laboratorio de la UNI y SENCICO, para la ejecución de los ensayos respectivos. Los resultados de los mismos se muestran a continuación:

Tabla 5: Resultado de ensayos de muestras de agua – cuadro 01.

PARÁMETRO	LIMITE	VALOR OBTENIDO FUENTE 1 KM 1+000(ACCESO 4.2 KM RÍO HUATATAS)	VALOR OBTENIDO FUENTE 2 KM 12+300	VALOR OBTENIDO FUENTE 2 KM 13+000	VALOR OBTENIDO FUENTE 3 KM 15+730
Cloruro	300 m	14	28.25	12	14.2
Sulfatos	300 ppm	73	39.11	90	19
Sales de magnesio	150 ppm	-	-	-	-
Sales S. T.	1500 ppm	88	110	103	58
pH	6.5<pH<8.5	6.9	6.41	6.7	7.28
Sólidos en suspensión	1500 ppm	118	15	112	22.15
Materia orgánica	10 ppm	-	0.40	-	0.25
Observaciones	APTAS PARA CONCRETO PORTLAND				

Fuente: Sencico.

Tabla 6: Resultado de ensayos de muestras de agua – cuadro 02.

PARÁMETRO	LIMITE	VALOR OBTENIDO FUENTE 4 KM 22+640	VALOR OBTENIDO FUENTE 5 KM 28+760	VALOR OBTENIDO FUENTE 5 (*) KM 62+250 (RIO ULLUYA)
Cloruro	300 m	28.36	21.2	5
Sulfatos	300 ppm	38.20	29	20
Sales de magnesio	150 ppm	-	-	
Sales S. T.	1500 ppm	81.07	65	
pH	6.5<pH<8. 5	7.03	6.76	6.7
Sólidos en suspensión	1500 ppm	10	10	
Materia orgánica	10 ppm	0.04	0.02	
Observaciones	APTAS PARA CONCRETO PORTLAND			

Fuente: Sencico.

RESULTADOS

4.1 Síntesis de Caracterización de Suelos Existentes

Suelos existentes en plataforma

El Tramo Ayacucho – km 50 se encuentra actualmente con una capa de rodadura en afirmado/lastrado de espesor y ancho variable.

Se ejecutaron calicatas profundas de 1,50 m cada 250 m y se extrajeron muestras de las diferentes capas y relleno/fundación para los diferentes ensayos de laboratorio:

Ensayos granulométricos, límites de Atterberg, contenido de humedad natural, Proctor Modificado y CBR. Sobre la base de los resultados obtenidos, los diferentes materiales están clasificados de conformidad con las disposiciones de la norma AASHTO 145-91.

Afirmado Existente

La capa de afirmado existente está constituida de suelos granulares provenientes de materiales de corte y de depósitos aluvionales de la era cuaternaria. Las pruebas de identificación (ensayos granulométricos y límites de Atterberg) han dado como resultado que los materiales corresponden a los tipos A-1 = 13% A-2=25%, A-4=19%, A-5=11%, A-6=3%, A-7-5=5%, A-7-6=5% y Roca=19%. Los resultados de las pruebas se procesaron estadísticamente como se muestran en los cuadros resumen antes mencionados. El espesor promedio de la capa de afirmado existente es igual a 0.20m.

Sub-rasante / Fundación

Los suelos naturales que se encuentran en el nivel de sub-rasante / fundación no son homogéneos mostrando las siguientes características:

- Grava arenosa	A-1, A-2	38 %
- Arena gravosa/limosa	A-4	19 %
- Limo arenoso/arcilloso	A-5, A-6	14 %
- Arcillas	A-7	10 %
- Roca	-	19 %

4.2 Determinación de Secciones Homogéneas

Sobre la base de los datos del volumen de tráfico, el Tramo se dividió en dos secciones clara y homogéneamente diferenciadas para las que se definirán parámetros con fines de diseños estructurales de pavimento en cada una de ellas.

Sección Homogénea 1 km 0.0 al km 35.9

Sección Homogénea 2 km 35.9 al km 48.848

De acuerdo a las características de Subrasante y Tráfico las secciones homogéneas mencionadas se subdividen en los siguientes Sectores de Diseño:

Sector 1 km 0.000 al km 35.900

Sector 2 km 35.900 al km 40.227

Sector 3 km 40.227 al km 42.510

Sector 3a km 42.510 al km 44.555

Sector 3 km 44.555 al km 44.815

Sector 3a km 44.815 al km 48.357

Sector 3 km 48.357 al km 48.848

Sector 1

De acuerdo al Cuadro Resumen Ensayos en Plataforma los valores CBR obtenidos, a nivel de subrasante en este sector, se evaluarán estadísticamente bajo el criterio de Valor Percentil con el fin de obtener los valores característicos para diseño como se muestra a continuación:

Tabla 7: Valores CBR según Percentil Sector 1

VALORES CBR SEGUN PERCENTIL SECTOR 1	
CBR percentil 75.0% (entre 10^4 a 10^6 EE) CBR dis= 9.8%	Método TAI
CBR percentil 87.5 % (> a 10^6 EE) CBR dis= 7.0%	Método TAI
CBR percentil 50.0 % (para todo trafico) CBR dis= 16.0%	Método AASHTO

Fuente: Propia.

Sector 2

De acuerdo al Cuadro Resumen Ensayos en Plataforma los valores CBR obtenidos, a nivel de subrasante en este sector, se evaluarán estadísticamente bajo el criterio de Valor Percentil con el fin de obtener los valores característicos para diseño como se muestra a continuación:

Tabla 8: Valores CBR según Percentil Sector 2

VALORES CBR SEGUN PERCENTIL SECTOR 2	
CBRpercentil 75.0% (entre 10^4 a 10^6 EE) CBRdis= 18.0%	Método TAI
CBRpercentil 87.5 % (> a 10^6 EE) CBRdis= 16.0%	Método TAI
CBRpercentil 50% CBRdis= 25.0%	Método AASHTO

Fuente: Propia.

Sector 3

Debido a que constructivamente este sector requiere de un granular de transición su diseño se efectuara empleando una subrasante de características de SBG.

Tabla 9: Valores CBR según Percentil Sector 3

VALORES CBR SEGUN PERCENTIL SECTOR 3	
CBRpercentil 75.0% (entre 10^4 a 10^6 EE) CBRdis= 40.0% min	Método TAI
CBRpercentil 87.5 % (> a 10^6 EE) CBRdis= 40.0% min	Método TAI
CBRpercentil 50% CBRdis= 40.0% min	Método AASHTO

Fuente: Propia.

Sector 3a

De acuerdo al Cuadro Resumen Ensayos en Plataforma y al Perfil Estratigráfico el Sector 3a está caracterizado predominantemente por una Subrasante de suelos (70%) con intercalaciones aisladas de Subrasante en roca (30%). Por lo tanto, este sector será diseñado bajo el concepto de subrasante en suelo.

Los valores CBR obtenidos, a nivel de subrasante en este sector, se evaluarán estadísticamente bajo el criterio de Valor Percentil con el fin de obtener los valores característicos para diseño como se muestra a continuación:

Tabla 10: Valores CBR según Percentil Sector 3a

VALORES CBR SEGUN PERCENTIL SECTOR 3a	
CBR percentil 75.0% (entre 10^4 a 10^6 EE) Método TAI CBR dis= 11.0%	
CBR percentil 87.5 % (> a 10^6 EE) Método TAI CBR dis= 7.0%	
CBR percentil 50% Método AASHTO CBR dis= 16.0%	

Fuente: Propia.

4.3 Estructuración del Pavimento

De acuerdo a lo sugerido en los TDRs la estructuración del pavimento tendrá las siguientes características:

- Pavimento de Carpeta Asfáltica y granulares.
- Pavimento con TSB y granulares.
- A este requerimiento cabe el siguiente comentario:
- La solución con TSB no es aplicable bajo el criterio AASHTO-93 a este proyecto por los valores de tráfico encontrados.
- La solución de TSB no es aplicable bajo el criterio The Asphalt Institute.

En consecuencia, las estructuras a proponer deberán estar compuestas por suelos granulares y mezclas asfálticas en caliente.

Diseño del pavimento Método Aashto

El procedimiento de diseño del pavimento según AASHTO-93 es básicamente una extensión de los algoritmos originados desde el AASHO Road Test en los años 1958-60 y publicados inicialmente en el manual de 1961 y luego de versiones de actualización aparecidas en 1972 y 1983 e incluye los siguientes conceptos:

El Factor de Confiabilidad (por márgenes de variación en pronóstico de tráfico y comportamiento del pavimento).

Módulo de resiliencia de la sub-rasante

Extensión de los coeficientes de equivalencia por el tráfico

Numero estructural SN

$$SN = \sum (a_i \times h_i)$$

a_i = Coeficiente de equivalencia del material de la capa (i)

h_i = Espesor en pulgadas de la capa (i)

W_{18} = Número de ejes equivalentes de 18 Kips (82 KN) en el período de diseño

Fr = Factor de confiabilidad de diseño. $\log(Fr) = -Z_r \times S_o$

ΔPSI = disminución del índice de vialidad en el período de diseño. $\Delta PSI = P_t - P_i$

M_r = Módulo de elasticidad de la sub-rasante

SN = Número estructural

P_t = 2,0 Índice de servicio al final del período de diseño

P_i = 4,0 Índice de servicio inicial al término de los trabajos de rehabilitación

Zr = -1,282 Valor para el nivel de confiabilidad igual a 90%.

So = 0,45 Valor propuesto por AASHTO para pavimentos flexibles.

El valor SN se calcula aplicando la expresión:

$$\text{Log}_{10} (W_{18}) = \text{Log}_{10} Fr + 9,36 \times \text{Log}_{10} (SN + 1) - 0,20 + \frac{\text{Log}_{10} \frac{\square \text{ PSI}}{4,2 - 1,5}}{1094} + 2,32 \times \text{Log}_{10} Mr - 8,07$$

$$0,40 + \frac{\text{Log}_{10} (SN + 1)^{5,19}}{1094}$$

CAPÍTULO V

Discusión de resultados

De acuerdo a lo desarrollado, se plantea una alternativa de periodo de diseño (0-10) años y refuerzo año 10 (10-20). A los 10 años se debe realizar una evaluación del pavimento como medir la rugosidad, daños (agrietamientos, parchados, ahuellamiento) y deflectometría para saber el estado real de pavimento y tomar las medidas correctivas.

Tabla 11: Dimensionamiento método AASHTO - 93

	PERIODO 0-10, 11-20			
	Sección 1 Km. 0.000- 35.900	Sección 2 Km. 35.900- 40.227	Sector 3 Km 40.227- 42.510, 44.555-44.815 48.357-48.849	Sector 3 ^a Km 42.510 44.555, 44.816- 48.357
CBRprom	16%	25%	40.0%	16%
Mr psi	15,067	20,048	27083	15,067
PERIODO	0-10	0-10	0-10	0-10
años	11-20	11-20	11-20	11-20
TRAFICO	0.99x10 ⁶ EE 1.73x10 ⁶ EE	0.43x10 ⁶ EE 0.77x10 ⁶ EE	0.43x10 ⁶ EE 0.77x10 ⁶ EE	0.43x10 ⁶ EE 0.77x10 ⁶ EE
MAC	7.5	7.5	7.5	7.5
BG	15.0	20.0	15.0	20.0
SBG	15.0	-	-	-
SBG transición	-	-	10.0	-
Refuerzo año 10	6.35	2.5	2.5	3
SN obtenido	4.07	2.89	2.61	2.98

Fuente: Propia.

CONCLUSIONES

El procedimiento de diseño del pavimento según AASHTO-93 incluye los siguientes conceptos: el factor de confiabilidad (por márgenes de variación en pronóstico de tráfico y comportamiento del pavimento), módulo de resiliencia de la sub-rasante y extensión de los coeficientes de equivalencia por el tráfico y el número estructural SN.

Según lo desarrollado en la presente tesis, se plantea una alternativa de periodo de diseño (0-10) años y refuerzo año 10 (10-20).

El dimensionamiento de método Aashto 93 llevado a cabo en la presente tesis se puede resumir en el siguiente cuadro:

Tabla 12: Resumen AASHTO - 93

	PERIODO 0-10, 11-20			
	Sección 1 Km. 0.000-35.900	Sección 2 Km. 35.900-40.227	Sector 3 Km 40.227-42.510, 44.555-44.815 48.357-48.849	Sector 3 ^a Km 42.510 44.555, 44.816-48.357
CBRprom	16%	25%	40.0%	16%
Mr psi	15,067	20,048	27083	15,067
PERIODO años	0-10 11-20	0-10 11-20	0-10 11-20	0-10 11-20
TRAFICO	0.99x10 ⁶ EE 1.73x10 ⁶ EE	0.43x10 ⁶ EE 0.77x10 ⁶ EE	0.43x10 ⁶ EE 0.77x10 ⁶ EE	0.43x10 ⁶ EE 0.77x10 ⁶ EE
MAC	7.5	7.5	7.5	7.5
BG	15.0	20.0	15.0	20.0
SBG	15.0	-	-	-
SBG transición	-	-	10.0	-
Refuerzo año 10	6.35	2.5	2.5	3
SN obtenido	4.07	2.89	2.61	2.98

Fuente: Propia.

RECOMENDACIONES

De acuerdo a lo sugerido en los TDRs la estructuración del pavimento tendrá las siguientes características: pavimento de carpeta asfáltica y granulares; pavimento con TSB y granulares. A este requerimiento cabe el siguiente comentario; la solución con TSB no es aplicable bajo el criterio AASHTO-93 a este proyecto por los valores de tráfico encontrados; la solución de TSB no es aplicable bajo el criterio The Asphalt Institute.

En consecuencia, de lo tratado en el párrafo anterior, se recomienda que las estructuras propuestas estén compuestas por suelos granulares y mezclas asfálticas en caliente.

Se recomienda que a los 10 años se debe realizar una evaluación del pavimento como medir la rugosidad, daños (agrietamientos, parchados, ahuellamiento) y deflectometría para saber el estado real de pavimento y tomar las medidas correctivas.

REFERENCIAS

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

Cedeño, J. (2014). *Propuesta de metodología complementaria a los diseños de pavimentos según Aashto 93* (Tesis de Pregrado), Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

Escobar, L. & Huincho, J. (2017). *Diseño de pavimento flexible, bajo influencia de parámetros de diseño debido al deterioro del pavimento en Santa Rosa – Sachapite, Huancavelica – 2017* (Tesis de Pregrado), Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú.

Gómez, S. (2014). *Diseño estructural del pavimento flexible para el anillo vial del Óvalo Grau - Trujillo - La Libertad* (Tesis de Pregrado), Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú.

Salamanca, M. & Zuluaga, S. (2014). *Diseño de la estructura de pavimento flexible por medio de los métodos Invias, Aashto 93 e Instituto del Asfalto para la vía La Ye - Santa Lucia Barranca Lebrija entre las abscisas k19+250 a k25+750 ubicada en el departamento del César* (Trabajo de grado), Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia.

ANEXOS

Anexo 1:

Estudio de señalización y seguridad vial

Introducción

Para la realización del presente estudio de Seguridad Vial, se tiene como base la recopilación de la información sobre accidentes de tránsito ocurridos en la vía existente, la misma que fue recavada de los archivos de la Policía Nacional del Perú y de las encuestas realizadas en el campo; con este mismo fin se ha registrado y analizado las características físicas actuales de la vía identificando los factores que pueden afectar la seguridad en la vía proyectada. A partir del análisis de la información recopilada se plantean recomendaciones para la señalización de la vía, para la implementación de dispositivos de seguridad conducentes a salvaguardar la integridad de los usuarios de la futura carretera asfaltada. Para la señalización de la vía, adicionalmente a las recomendaciones del estudio de seguridad vial, se ha tomado en cuenta la señalización existente, el diseño geométrico desarrollado, el reconocimiento de la zona de proyecto y la velocidad directriz de diseño.

Estudios de señalización

Generalidades

El diseño de la señalización se basa en el “Manual de Dispositivos de Control del tránsito Automotor para calles y Carreteras” elaborado por el Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción y aprobado mediante Resolución Ministerial N° 210-2000-MTC/15.02 el 03 de mayo del 2000.

Asimismo, el diseño ha tomado en consideración el diseño geométrico proyectado, la velocidad directriz, las particularidades de la zona de proyecto y principalmente las recomendaciones del estudio de seguridad vial.

Para el caso del diseño de reductores de velocidad, se ha tomado en cuenta la Directiva N° 02-2007-MTC/14 del “Reductores de Velocidad Tipo Resalto” elaborado por la Dirección de Caminos y Ferrocarriles del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, aprobado por Resolución Directoral N° 050-2007- MTC/14 del 24 de agosto de 2007.

A fin de garantizar una buena visibilidad de las señales verticales durante la noche se está recomendando el uso de láminas reflectivas de grado diamante DG3.

Señalización Existente

La carretera existente no tiene ningún tipo de señalización, ni informativas, reglamentarias ni preventivas.

Señalización Proyectada

La señalización proyectada está conformada por señales verticales, marcas en el pavimento y dispositivos de seguridad. Las señales verticales recomendadas están conformadas por señales preventivas, reglamentarias e informativas, incluyéndose dentro de éstas últimas los postes de kilometraje.

En cuanto a los dispositivos de seguridad recomendados tenemos a tachas bidireccionales, postes delineadores, guardavías y reductores de velocidad.

Señales Preventivas

En este tramo se recomienda colocar señales que advierten la presencia de curvas (P-1, P-2, P-3, P-4, P-5, P-5-2), intersecciones (P-13, P-14), RESALTO (P-33), (P-34), CRUCE PEATONES (P-48), ZONA ESCOLAR (P-49), ZONA URBANA (P-56).

El color de la señal será amarillo en el fondo con borde, símbolos y letras de color negro.

Las dimensiones de las señales preventivas recomendadas son de 0.75m. x 0.75m.

Señales de Reglamentación

En el tramo se ha previsto la colocación de las señales que regulan el tránsito en las zonas urbanas e intersecciones como son PARE (R-1), MANTENGA SU DERECHA (R-15), PROHIBIDO ADELANTAR (R-16), VELOCIDAD MÁXIMA (R-30) y REDUCIR VELOCIDAD (R-30-4).

El color de la señal será blanco en el fondo con borde, símbolos y letras de color negro. En el caso de la señal PARE el fondo será de color rojo, con letras y marco de color blanco, mientras que la señal CEDA EL PASO, será con fondo de color blanco con franja perimetral de color rojo.

Las dimensiones de las señales reglamentarias rectangulares en zonas rurales serán de 0.80m. x 1.20m. de lado, con excepción de la señal PARE que será octogonal de 0.75 m. de alto y la señal CEDA EL PASO que es triangular de 0.90m de lado.

Las dimensiones de las señales reglamentarias rectangulares en zonas urbanas serán de 0.60m. x 0.90m. de lado, con excepción de la señal PARE que es octogonal de 0.60 m. de alto. Los soportes de estas señales serán de concreto armado para señales en zonas rurales y de fierro para señales en zonas urbanas.

Señales de Información

Las señales de información recomendadas son las de destino (I-5), postes kilométricos (I-8) y de localización (I-18).

El color de la señal será verde en el fondo con borde, flechas y texto de color blanco, las dimensiones serán variables y dependerán del mensaje que contiene, siendo la mínima altura de 0.60 m. y la máxima de 1.20 m.; el ancho mínimo de 1.40 m. y el máximo de 2.40 m.

La altura de las letras mayúsculas utilizadas en los mensajes será de 0.20 m.

Las estructuras serán diseñadas de acuerdo a la dimensión, ubicación y tipo de los paneles de las señales, así como los sistemas de sujeción a la estructura, cimentación y montaje, todo lo que debe ser indicado en los planos y documentos del proyecto. Los soportes serán cimentados en el terreno y serán fabricados en acero.

Las estructuras de soporte podrán ser de tres tipos:

a) Estructuras de Soporte Tipo E-1

Este tipo de estructuras se utilizará para sostener señales informativas que tengan un área mayor o igual a 1.2m².

b) Estructuras de Soporte Tipo E-2

Este tipo de estructuras se utilizará para sostener señales informativas altas que tengan un área menor a 1.2m² y que requieran ser colocadas por encima de la calzada.

Los planos y documentos del proyecto deben indicar el tipo de estructura de soporte a usar para cada señal informativa.

La señal I-8, postes de kilometraje, será de concreto armado de acuerdo a las dimensiones y especificaciones contenidas en el Manual de Señalización. La inscripción deberá ser coordinada con el MTC previa a la fabricación del poste, a fin de definir el cero del proyecto.

Marcas en el Pavimento

Teniendo en cuenta que sea cual fuere los trabajos a ejecutar en el pavimento existente, será necesario realizar las marcas en el pavimento, el proyecto contempla el diseño total de las marcas en el pavimento:

Línea central. Para indicar el centro de la calzada, se utilizará una línea discontinua de segmentos de 4.50 m. de largo por 0.10 m. de ancho espaciadas 7.50 m.. En los tramos donde se prohíbe el sobrepaso se utilizará doble línea continua de 0.10 m. de ancho cada una, considerando tramos de preaviso caracterizado por la doble línea, una continua y otra discontinua. La pintura utilizada será de color amarillo.

Línea de borde. Para indicar el borde del pavimento. Se utilizará una línea continua en ambos lados de la carretera de 0.10 m. de ancho. La pintura utilizada será de color blanco.

Adicionalmente a las líneas, se está planteando el pintado de marcas y textos en el pavimento, tales como cruces peatonales, mensajes preventivos y reglamentarios, especialmente en las zonas urbanas, accesos y empalmes.

Delineadores Reflectivos o Tachas

El proyecto está recomendando la utilización de delineadores reflectivos en el centro y borde la calzada a lo largo de la vía, para guiar a los usuarios de la vía durante el tránsito nocturno. Las tachas recomendadas son las siguientes:

Tachas bidireccionales de color amarillo en el centro de la calzada, espaciadas a distancias variables de acuerdo a las características geométricas de la carretera.

Tachas bidireccionales blancas y rojas para los bordes de la carretera igualmente con espaciamiento variable según las características geométricas de la vía.

Postes Delineadores

El uso de delineadores tiene el objetivo de entregar a los conductores información visual adicional sobre la delineación de la vía y su contorno, especialmente en zonas de curvas, durante la noche y en otros períodos de baja visibilidad. Los postes recomendados son de concreto armado, de sección triangular, y serán colocados a una altura de 45cm encima del pavimento.

Guardavías

A fin de prevenir accidentes por despiste de vehículos, en aquellos sectores peligrosos en donde la ocurrencia de pequeños accidentes pueda convertirse en catástrofes, se recomienda la instalación de guardavías, que permiten aminorar la marcha y guiar un vehículo sin control, así como la reinserción del mismo a la carretera.

En ese sentido el proyecto está recomendando la colocación de guardavías en terraplenes altos, pendientes fuertes, corrientes de agua, curvas forzadas, entre otros. Adicionalmente en los guardavías se colocarán captafaros, cubiertos con láminas reflectivas de alta intensidad, de manera que sirvan de delineadores en las noches.

Reductores de Velocidad

En las zonas urbanas donde existen, centros educativos, hospitales y mercados, asentados a un lado de la plataforma, el proyecto evaluará la necesidad de implementar reductores de velocidad. Estos elementos de seguridad serán colocados en todo el ancho de la plataforma construida incluyendo las bermas.

Pintado de Parapetos y Muros

Complementariamente a las marcas en el pavimento y a las señales verticales, el proyecto está considerando el pintado de parapetos de alcantarillas y coronas de muros que sobresalgan la rasante terminada, a fin de advertir a los conductores de la presencia de estas estructuras. En el caso de sardineles, los mismos deben ser pintados de color amarillo.

Anexo 2:

Estudio de trazo y topografía

Introducción

Los trabajos de trazo y topografía han sido desarrollados en base a lo establecido en los Términos de Referencia, las observaciones planteadas en los informes previos, y sobre todo concordados con las recomendaciones de los especialistas de Geología y Geotecnia, Hidrología, Drenaje y de Suelos y Pavimentos. Toda la información de campo se encuentra debidamente registrada en libretas de campo y archivos electrónicos.

Información Recopilada

Para la ejecución de los trabajos de trazo y levantamiento topográfico, se recopiló información de la topografía realizada por el Estudio “Actualización del estudio de factibilidad del proyecto: rehabilitación y mejoramiento de la carretera Ayacucho – Abancay, del cual se rescató como apoyo lo siguiente:

- Planos del Diseño en General, donde se muestra el plano de Ubicación y los planos de Secciones Típicas
- Planos de Planta y Perfil Longitudinal.
- Planos de Secciones Transversales.
- Planos de la Restitución Aerofotogramétrica.

Trabajos desarrollados

Con respecto a los trabajos desarrollados, se ha incluido el levantamiento de la franja de la vía proyectada, a partir del cual se ha procedido a desarrollar el trazo de la carretera, el levantamiento topográfico de la franja de la vía, la nivelación de BM's y del eje de la carretera, y los levantamientos topográficos complementarios.

Para el desarrollo de estos trabajos de campo, se contó con tres brigadas de topografía, cada brigada ha utilizado equipos de topografía de última generación, tanto estaciones totales como niveles. En el caso de las estaciones la información almacenada ha sido volcada a PC's para su procesamiento haciendo uso de software especializado.

Para los trabajos de levantamiento de la franja de la vía, así como para el replanteo del eje, se ha hecho uso de una Poligonal Básica de Apoyo. De acuerdo a las condiciones de terreno se generaron Poligonales, con el fin de realizar los levantamientos topográficos en zonas donde no alcanza la visibilidad desde los vértices de la Poligonal de Apoyo.

Los trabajos del levantamiento de la franja de la carretera, han incluido el levantamiento de todas las estructuras existentes.

La nivelación de los BM's ha sido referida a hitos geodésicos del IGN, el cálculo de cotas de los BM's ha sido determinado a partir de nivelaciones cerradas entre BM's, los mismos que han sido monumentados cada 500 metros, a partir de las cotas de los BM's se ha procedido a determinar las cotas de los hitos de la poligonal de apoyo, y a partir de éstos las cotas de las estacas replanteadas, que han permitido obtener el perfil longitudinal de la carretera.

A fin de contar con información básica para el desarrollo de la ingeniería de detalle, se procedieron a desarrollar los siguientes trabajos de levantamientos topográficos complementarios:

- Levantamiento de Zonas Urbanas
- Levantamiento de Quebradas Mayores y Menores.
- Levantamiento de emplazamientos de estructuras
- Levantamiento de Sectores Críticos
- Levantamiento de Canteras
- Levantamiento de Depósitos de Material Excedente (DME)
- Levantamiento de Accesos e Intersecciones
- Levantamiento de Terrenos y Viviendas Afectadas

El procesamiento de la data topográfica recopilada ha sido procesado haciendo uso de software de topografía y diseño geométrico de carreteras, "AIDC NS-PLUS" el cual ha permitido la elaboración de planos.

Monumentación de Puntos de PA, PIS y BM's

Una adecuada señalización o monumentación de las referencias resulta indispensable en las distintas etapas de un estudio vial. La calidad de la monumentación, a fin de asegurar una clara definición e identificación del punto que se desea materializar, así como establecer las características físicas que proporcionen una razonable seguridad de inalterabilidad a lo largo del tiempo, será función de la importancia del elemento que se monumenta.

Para los trabajos de topografía desarrollados en esta etapa, se distinguen los hitos o monumentos de los **PA's**, **PI's** y **BM's** que se utilizan para materializar los sistemas de transporte de coordenadas planimétricas y altimétricas.

- Aquellos monumentos que expresan las coordenadas en el plano, es decir, hitos o monolitos de la Poligonal Básica de Apoyo, que forman la Red Básica de Transporte de Coordenadas Planimétricas de Orden Secundario, son designados por la sigla HG y fueron colocados en la etapa del Estudio Definitivo de Ingeniería.
- Aquellos monumentos o hitos que expresan datos de los ángulos deltas y la progresiva kilométrica del trazo o alineamiento de la carretera en Estudio y donde se ubican los puntos de intersección de tangentes que son elementos básicos para el cálculo de las curvas horizontales, son designados por la sigla PI y que fueron colocados mediante Coordenadas Planimétricas desde los hitos de la Poligonal Básica de Apoyo.

- Y aquellos monumentos o hitos que expresan las cotas altimétricas, es decir la nivelación absoluta, son designados por la sigla BM que a su vez forman la Red Básica de Transporte de Coordenadas Altimétricas.

La ubicación de los hitos se determinó en función a las características del terreno; seleccionando los lugares más adecuados considerando: visibilidad, estabilidad general del terreno, facilidad para instalar los instrumentos de medición, posible interferencia con otros trabajos propios del proyecto o durante el período de la construcción y por último, la actividad general del área. Los monolitos o hitos fueron fabricados y colocados en el terreno con concreto ($f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$) y al centro de este hito se colocó unas varillas de acero corrugado de 5/8 de pulgada de diámetro marcado con una cruz en el extremo libre para fijar un único punto de posición para el vértice de la poligonal; las formas y dimensiones de los hitos son variados con un máximo de 30 centímetros de diámetro por 35 centímetros de profundidad como mínimo.

Medición de Ángulos y Distancias de las Poligonales

Debido a que los pares de vértices GPS de la Red Principal, no son visibles entre sí, y que además es necesario levantar puntos sobre la faja del camino, surge la necesidad de materializar Poligonales de Apoyo de Orden Secundario, las que se rigen y cumplen con normas y tolerancias de cierre, en este caso, entre vértices de la red principal GPS.

El método de precisión empleado para las medidas angulares es el Método de Reiteración, el cual elimina errores instrumentales promediando valores.

En este caso se realizaron tres series de medición de ángulos horizontales y verticales en directa e invertida con Estación Total, obteniendo para cada ángulo seis valores que se corrigieron y compensaron.

A continuación, se presentan las tolerancias que rigen para poligonales de segundo orden:

- Cierre Angular: $8,1'' \times \sqrt{N}$, donde N es el número de vértices de la poligonal.
- Cierre Lineal: $L/10.000$, donde L es la longitud acumulada de los lados de la poligonal en metros.

Para el trabajo topográfico el proceso utilizado en terreno, los instrumentos usados, el cálculo y las correcciones, fueron tales, que se cumplió con las exigencias de precisión requeridas para el servicio.

Se midieron tres distancias inclinadas por cada lado de la poligonal con Estación Total, estas son reducidas a distancias horizontales mediante el ángulo vertical corregido y promediado una vez hecha las correcciones por condiciones atmosféricas imperantes (Presión y Temperatura) y las instrucciones proporcionadas por el fabricante.

Nivelación Geométrica

Con el objeto de tener puntos de control altimétrico para el trabajo topográfico, así como para permitir posteriores replanteos de las obras, se monumentó una Red de Puntos de Referencia (BM), en promedio, cada 500 m. aproximadamente y de acuerdo a la topografía del camino. Esta gran cantidad de BM's da origen a la Red Básica de Transporte de Coordenada Altimétrica.

La cota de referencia para el BM de inicio se determinó a partir de puntos de nivelación del Instituto Geográfico Nacional (IGN) de la Estación Ayacucho que se encuentra localizada en el Aeropuerto Coronel FAP Alfredo Mendivil Duarte, ubicada en la parte casi central del abrigo meteorológico del Aeropuerto y es un disco de bronce de 9 centímetros de diámetro incrustado en un bloque de concreto de forma cuadrangular que sobresale 5 centímetros del suelo; cuya altitud o elevación es de 2744.6600 msnm.

El transporte de la coordenada altimétrica a todo lo largo del proyecto, se ejecutó mediante nivelaciones geométricas cerradas entre BM's. La tolerancia de cierre cumple con la expresión $e (m) < 0.012 \sqrt{(K)}$, siendo K la longitud del circuito de nivelación expresado en Km.

La nivelación se efectuó por el método de doble corrida de nivelación, los puntos de cambio se colocaron en lugares cuya estabilidad y solidez fueron confiables. La longitud de las visuales, tanto de vista atrás como vista adelante, fue la necesaria permitiendo leer el centímetro y apreciar con claridad los milímetros.

Además, se nivelaron en forma geométrica y se ligó a la Red Básica de BM's los vértices que definen la Red Principal de Transporte de la Coordenada Planimétrica (GPS), Poligonales Básicas de Apoyo y Poligonales Auxiliares. Para la nivelación de estos elementos fueron válidas todas las consideraciones mencionadas en los párrafos anteriores.

Levantamientos topográficos

El levantamiento del relleno topográfico, se realizó desde la Red Básica de Transporte de Coordenadas, Poligonales Básicas de Apoyo o Poligonales Auxiliares por medio de Estaciones Totales.

La faja de levantamiento topográfico, abarca un ancho suficiente que permite definir las obras de saneamiento superficial (cunetas de coronación, zanjas de drenaje, bajadas de aliviaderos de obras de arte, etc.), existentes y a proyectar, comprometidas con el camino al cual se le ejecuta topografía.

- En el levantamiento se han considerado los siguientes puntos:
- Eje de la calzada actual.
- Bordes de caminos.
- Bordes de veredas o calles en zonas urbanas.
- Obras de saneamiento.

- Borde superior e inferior de cortes y terraplenes.
- Puntos representativos del terreno en el área comprometida con obras de saneamiento y expropiaciones.

En todas las alcantarillas se ha levantado un perfil transversal por el eje de esta y por su cauce con el máximo de detalles posible de manera que permite evaluar y diseñar las obras a realizar en ellas.

Levantamiento de Zonas Urbanas

El levantamiento topográfico de las zonas urbanas se realizó con el apoyo de una Poligonal de Puntos Auxiliares para tener una mejor percepción de los puntos ocultos y problemas existentes con respecto a los accesos o bocacalles y de toda la toponimia existente como son los postes del sistema eléctrico, buzones de alcantarillado para el desagüe, cruces de canales, sistema de agua potable, veredas y viviendas en general. Los pasos por las zonas urbanas y centros poblados del Tramo son las siguientes:

- | | |
|---------------------------------------|------------------------------|
| • Asociación de Viviendas Miraflores | Del Km. 00+000 al Km. 03+300 |
| • Asociación de Viviendas Licenciados | Del Km. 03+300 al Km. 04+100 |
| • Asociación de Viviendas Yanama | Del Km. 07+100 al Km. 07+740 |
| • Ccasaorcco | Del Km. 11+600 al Km. 12+100 |

Levantamiento de Estructuras Existentes.

Para el levantamiento de las estructuras existentes se combinó la toma de detalles mediante la estación total y complementada con mediciones hechas con cintas métricas, con la finalidad de cuantificar los volúmenes de demolición de alcantarillas, muros, canales y pontones existentes.

Levantamiento de Quebradas Mayores.

Este trabajo se realizó en aquellas quebradas en donde se proyectarán alcantarillas de gran dimensión y principalmente los pontones. Los trabajos de levantamiento para el diseño las estructuras: alineamiento, niveles de desplante, etc., se realizaron con un detalle mayor y que se circunscribe a la zona de emplazamiento de la estructura y sus alrededores.

En el caso de pontones adicionalmente se ha procedido a realizar el levantamiento de la quebrada aguas arriba y aguas abajo, de la estructura existente, para el modelamiento hidráulico respectivo, teniendo en cuenta que el modelamiento requiere la pendiente y secciones transversales del cauce, la metodología de levantamiento ha sido por seccionamiento.

Estos trabajos fueron realizados en coordinación con el Especialista en Hidrológica y Drenaje y el Especialista en Geología y Geotecnia.

Levantamiento de Quebradas Menores y cruce o cauce de canales de riego

Estos trabajos consistieron básicamente en el seccionamiento del eje de la quebrada en donde se proyectarán las alcantarillas, así como de los cruces de canales, en estos últimos adicionalmente se ha procedido a intensificar los datos en vista de que se tratan sistemas hidráulicos definidos y que datan de muchos años de uso.

Como principales canales tenemos:

- El canal de riego en tierra que recorre la cuneta de corte por el lado derecho de la plataforma actual, del Km. 3+820 al Km. 4+700.
- El canal de riego en tierra que recorre la cuneta de corte por el lado derecho de la plataforma actual, del Km. 7+700 al Km. 8+300 y que pertenece al sistema de riego Ccasaorcco – Monasterio Yanama.
- Cruces de canales del sistema de riego Ccasaorcco que se ubican en las progresivas: 10+010, 10+590 y 11+775.
- Cruce del canal de riego revestido que se ubica a la altura del Km. 12+377.

- Sistema de riego de canales revestidos en la zona del Km. 14+800 al Km. 15+020.
- Sistema de riego con canal revestido en el sector del Km. 18+900 al Km. 19+080, que se ubica al lado derecho de la plataforma y trazo actual.
- Cruce del canal principal de riego revestido del proyecto Cachi que se ubica a la altura del Km. 22+640.

Levantamiento de Zonas de Muros

Los trabajos básicamente consistieron en seccionamientos cada 5 metros de la zona donde se emplazarán muros de contención, con la finalidad de que el Especialista realice trabajos de cálculos de cimentación.

Cabe precisar que se han identificado 5 cruces del Gasoducto de Camisea, los cuales son protegidos al pie del talud de la plataforma mediante gaviones.

Levantamiento de Zonas Críticas

Estos trabajos fueron realizados en coordinación con el Especialista en Geología y Geotecnia.

Entre el Km. 5+700 al Km. 6+760, se presenta un sector de taludes de cortes altos con presencia de material suelto en algunos tramos.

Entre el Km. 29+250 al Km. 32+600 del Estudio de FACTIBILIDAD se considera como zona critica por la presencia de sectores con filtraciones a causa de ojos de agua, especialmente el sector del Km. 31+800 al Km. 32+200 donde existen suelos completamente saturados y con presencia de turba en un 95%. Ante esta situación se ha realizado un levantamiento topográfico para la materialización de la VARIANTE CCEULLACCOCHA

Variante Cceullacocha

En el sector de la quebrada Cceullacocha, alertamos sobre los problemas de estabilidad de la estructura de la futura plataforma de la vía a construirse a causa del paso por terrenos de suelo inadecuado con presencia de bofedales saturados por ojos de agua que actualmente han creado mantos de turba que deben ser mejorados con pedraplenados y/o enrocados y que a pesar de la investigaciones a profundidad que realicemos en la actual etapa de Estudio Definitivo, no sería del todo suficiente para poder identificar plenamente los problemas para que soluciones asumidas tengan un metrado satisfactorio. En ese sentido, mediante Carta N° 017-2008/HOB-0802-E/JE, se adjuntó el Informe N° 001-2008/HOB-0802-E, alertando sobre el problema y a la vez se hizo el planteamiento de una variante con ventajas técnicas.

Al respecto, PROVIAS, mediante Oficio N° 004736-2008-MTC/20.6, se pronunció indicándonos que se debe materializarse la variante propuesta. Antes del inicio de la variante Cceullacocha, existen diversas mejoras a lo largo del trazo, lo que ha dado lugar a un alargamiento de:

Estudio de factibilidad = 28+343.47

Estudio definitivo = 28+687.77

Alargamiento 344.10 m.

Después de la variante Cceullacocha, las distancias acumuladas desde ayacucho son las siguientes

Estudio de Factibilidad = 32+548.86

Estudio definitivo = 31+177.46

Acortamiento 1,371.40 m

Longitudes reales en la variante

Longitud real de la factibilidad (32+548.86)- (28+343.47) = 4,205.39 m.

Longitud real de la variante (31+177.46) – (28+687.77) = 2,489.69 m

Acortamiento neto de la variante 1,715.70 m

Levantamiento de Canteras

Estos trabajos fueron realizados en coordinación con el Especialista en Suelos, Pavimentos y Canteras. A partir del levantamiento se obtuvieron la potencia de las diferentes canteras recomendadas.

- Cantera Rio Cachi (a 27 km del punto Inicial del tramo).
- Cantera Km 6+800
- Cantera Km 12+900
- Cantera Km 29+200

Levantamiento de Depósitos de Material Excedente (DME)

Estos trabajos se realizaron en coordinación con el Especialista en Impacto Ambiental, Suelos, Hidrología, Geología y Arqueología con la finalidad de obtener áreas convenientes de terrenos para el uso como botaderos de materiales excedentes.

Levantamiento de Accesos

Dentro del tramo existen variedad de accesos y todas fueron levantados topográficamente para ser diseñados de acuerdo a su importancia, entre estos tenemos los accesos a poblaciones aledañas, accesos a terrenos de cultivos para fines de colocación y extracción de productos y accesos dentro de las zonas urbanas.

Como accesos más importantes tenemos los siguientes:

- Acceso ubicado en la progresiva Km. 8+340 lado derecho, para dirigirse a la zona urbana del Distrito de Carmen Alto y a la zona turística del Mirador principal de Huamanga.
- Acceso ubicado en la progresiva Km. 18+150 lado izquierdo para dirigirse a la zona urbana y agrícola del Distrito de Chiara.
- Acceso ubicado en la progresiva Km. 24+080 lado izquierdo para dirigirse a la boca de salida del túnel del canal de riego del Proyecto Ichocruz (Chiara) y a la zona urbana/agrícola del Distrito de Chiara.
- Acceso ubicado en la progresiva Km 35+900: Por el lado derecho la vía que se dirige a las importantes poblaciones y zonas turísticas de Condorccocha, Cangallo, Huancapi, Vilcashuaman, Vischongos y otros; y por el lado izquierdo para dirigirse a la boca de salida del túnel del canal de riego del Proyecto Ichocruz y a la zona urbana/agrícola del Distrito de Chiara.

Otros accesos de obra son el producto del Estudio de la Carretera que servirán con fines de construcción como son los accesos a Canteras y a DME's.

Levantamiento de Terrenos y Viviendas Afectadas

Levantamiento para la elaboración del plano de distribución del predio afectado. Esta tarea se ha efectuado conjuntamente con el levantamiento topográfico general pero que ha sido complementado con mediciones de carácter arquitectónico para las viviendas y de lotización para los terrenos de cultivo y otros. Esta Información ha sido levantada para el desarrollo del PACRI (Plan de Compensación y Reasentamiento Involuntario).

Levantamientos Complementarios

El levantamiento topográfico complementario que se ha realizado en el Tramo, corresponde a zonas importantes como son:

- La zona del Km. 14+800 al Km. 15+080, donde existe actualmente un cruce mediante un acueducto de un canal de riego de concreto por sobre la trocha carrozable; en esta zona se ha realizado un levantamiento topográfico al detalle para diseñar el pase del canal de manera especial sin la necesidad de proyectar un nuevo acueducto y mejorar la geometría de la carretera.

- El cruce del canal principal de irrigación del Proyecto Cachi que se ubica a la altura del Km. 22+640, en esta zona se ha realizado un levantamiento topográfico al detalle con la finalidad de obtener datos de las obras existentes como son la estructura del canal, el pontón vehicular, los accesos vehiculares de mantenimiento del canal y el cruce de la plataforma de la carretera existente.
- Los cruces del gaseoducto que se encuentran ubicados a la altura de los Kilómetros 34+050, 38+940, 41+270, 41+730 y 45+740, donde se han realizado levantamientos topográficos al detalle para visualizar el ancho de cruce empleado y las obras de protección ejecutadas.

Cruce N° 1

- Progresiva de la Carretera Km. 34+050
- Progresiva de Gaseoducto = 291+620
- Profundidad lado derecho de la carretera (lado del muro) = 2.34 m medida desde la plataforma actual.
- Profundidad en el centro de la carretera (eje de estudio), se desconoce
- Profundidad lado izquierdo de la carretera = 3.38 m medida desde la plataforma actual.

Cruce N° 2

- Progresiva de la Carretera Km. 38+940
- Progresiva de Gaseoducto = 287+440
- Profundidad lado izquierdo de la carretera, se desconoce
- Profundidad en el centro de la carretera (eje de estudio) = 3.02 m medida desde la plataforma actual.
- Profundidad lado derecho de la carretera, se desconoce.

Cruce N° 3

- Progresiva de la Carretera Km. 41+270
- Progresiva de Gaseoducto = 285+264
- Profundidad lado izquierdo de la carretera (lado del muro), medida desde la plataforma actual = 1.96 m.
- Profundidad en el centro de la carretera (eje de estudio): Tubería alta = 1.93 y tubería baja = 2.46 m.
- Profundidad lado derecho de la carretera, medida desde la plataforma actual = 2.44 m.

Cruce N° 4

- Progresiva de la Carretera Km. 41+730
- Progresiva de Gaseoducto = 284+974
- Profundidad lado izquierdo de la carretera (lado del muro), se desconoce
- Profundidad en el centro de la carretera (eje de estudio), medida desde la plataforma actual:
Tubería alta = 3.78 y tubería baja = 4.27 m.
- Profundidad lado derecho de la carretera, medida desde la plataforma actual: Tubería alta 2.16 y tubería baja = 3.02 m.

Cruce N° 5

- Progresiva de la Carretera Km. 45+740
- Progresiva de Gaseoducto = 282+068
- Profundidad lado izquierdo de la carretera (lado del muro), se desconoce.
- Profundidad en el centro de la carretera (eje de estudio): Tubería alta (1) = 1.45 m, tubería baja (1) 2.54 m, tubería alta (2) = 1.37 m y tubería baja (2) = 2.16 m.
- Profundidad lado derecho de la carretera, se desconoce.

Ecuación de Empalme

Debido a las mejoras planteadas se han establecido las siguientes ecuaciones de empalme.

- EC. $11+815.857=11+840$ (Acortamiento 24.143mt)
- EC. $14+413.915=14+400$ (Alargamiento 13.915mt.)
- EC. $15+089.700=15+100$ (Acortamiento 10.3mt)
- EC. $16+155.52=16+140$ (Alargamiento 15.52mt).
- EC. $33+998.488=34+000$ (acortamiento 1.512).

Total, Acortamiento	6.52m
---------------------	-------

Anexo 3:

Estudio de trazo y topografía

Introducción

Los trabajos de trazo y Diseño Vial han sido desarrollados en base a lo establecido en los Términos de Referencia, debidamente concordados con las recomendaciones de los especialistas de Geología y Geotecnia, Hidrología y Drenaje y de Suelos y Pavimentos.

En cuanto a los trabajos de trazo, éstos se han desarrollado por los métodos Directo e Indirecto, debido a las variaciones que presentan las características topográficas, el tipo de vegetación y la visibilidad a lo largo de la carretera.

El método directo se distingue básicamente del método Indirecto por la manera como se obtienen las secciones transversales del terreno, en el caso del método directo las secciones transversales son tomadas empleando equipos topográficos como estaciones totales, niveles y/o eclímetros, las secciones transversales se toman en cada estaca colocada en el eje de la poligonal definitiva ya trazada, éste método se ha empleado con mayor frecuencia, en vista que los terrenos por donde se desarrolla la vía son agrícolas y pertenecen a zonas urbanas, que impiden tener una adecuada visibilidad la cual limita notablemente la toma de puntos con una estación total.

Toda la información de campo se encuentra debidamente registrada en libretas de campo y archivos electrónicos.

Antecedentes

Como principal antecedente se tiene el Estudio de Factibilidad y de Impacto Ambiental de la Carretera Ayacucho – Abancay, realizado por la empresa PRODEC Consultoría, el mismo que fue aprobado mediante Resolución Directoral N° 016-00-MTC/15.02.PRT-PERT, del 21.01.00 y la actualización del estudio de Factibilidad del Proyecto: Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho – Abancay, realizado por el Consorcio Vial Abancay, aprobado mediante Resolución Directoral N° 4294-2007-MTC/20

Otro antecedente importante es el estudio realizado por el consorcio TIG VIAL, quienes realizaron el Servicio Aerofotogramétrico para la actualización del estudio de factibilidad del Proyecto: Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho - Abancay, el cual es aprobado mediante Resolución Directoral N° 2424-2006-MTC/20 del 08.09.07

El estudio de tráfico realizado en el estudio de actualización de la factibilidad arrojó un IMD de 193 veh. para el tramo Ayacucho – Dv. Cangallo y 38 veh para la nueva trocha construida desde Chiara al Dv Cangallo. Por otro lado el tramo Dv. Cangallo – Km 50+000, presenta un tráfico insignificante, debido al mal estado de la carretera, por lo que existe un trafico que se desvía por la ruta varientedexistente por Matará, que de acuerdo a los conteos en Ocros suman aproximadamente 66 vehículos por día. Para todos los sectores el IMD es menor a los 400 vehículos, por lo tanto es una carretera de Tercer Orden.

La sección transversal determinada en el estudio de factibilidad para el presente tramo tiene un ancho de calzada de 6.00m y bermas de 0.50m a cada lado.

En cuanto a las cunetas el estudio de factibilidad ha considerado para la zona rural cunetas revestidas de concreto, de sección triangular, de 0.50 m de profundidad, ancho igual a 1.00 m, talud hacia el borde de la plataforma de 1.5:1, talud interior hacia el terreno de corte natural de 0.5:1 y para la zona urbana cunetas revestidas de concreto, de sección rectangular sin tapa, de 0.40x0.40.

Información Recopilada

Para la ejecución de los trabajos de trazo y levantamiento topográfico, se recopiló información de la topografía realizada por el Estudio “ACTUALIZACIÓN DEL ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL PROYECTO: REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA AYACUCHO – ABANCAY, del cual se rescató como apoyo lo siguiente:

- Expedientes del Diseño Vial, donde se explica la manera como se diseñó la carretera de acuerdo a las Normas de Diseño DG-2001.
- Planos del Diseño en General, donde se muestra el plano de Ubicación y los planos de Secciones Típicas
- Planos de Planta y Perfil Longitudinal.
- Planos de Secciones Transversales.
- Planos de la Restitución Aerofotogramétrica.

Trabajos desarrollados

Con respecto a los trabajos desarrollados, se ha incluido el levantamiento de la franja de la vía proyectada, a partir del cual se ha procedido a desarrollar el trazo de la carretera, el levantamiento topográfico de la franja de la vía, la nivelación de BM's y del eje de la carretera, y los levantamientos topográficos complementarios. Para el desarrollo de estos trabajos de campo, se contó con tres brigadas de topografía, cada brigada ha utilizado equipos de topografía de última generación, tanto estaciones totales como niveles. En el caso de las estaciones la información almacenada ha sido volcada a PC's para su procesamiento haciendo uso de software especializado.

Para los trabajos de levantamiento de la franja de la vía, así como para el replanteo del eje, se ha hecho uso de una Poligonal Básica de Apoyo. De acuerdo a las condiciones de terreno se generaron Poligonales, con el fin de realizar los levantamientos topográficos en zonas donde no alcanza la visibilidad desde los vértices de la Poligonal de Apoyo. Los trabajos del levantamiento de la franja de la carretera, han incluido el levantamiento de todas las estructuras existentes. La nivelación de los BM's ha sido referida a hitos geodésicos del IGN, el cálculo de cotas de los BM's ha sido determinado a partir de nivelaciones cerradas entre BM's, los mismos que han sido monumentados cada 500 metros, a partir de las cotas de los BM's se ha procedido a determinar las cotas de los hitos de la poligonal de apoyo, y a partir de éstos las cotas de las estacas replanteadas, que han permitido obtener el perfil longitudinal de la carretera.

A fin de contar con información básica para el desarrollo de la ingeniería de detalle, se procedieron a desarrollar los siguientes trabajos de levantamientos topográficos complementarios:

- Levantamiento de Zonas Urbanas
- Levantamiento de Quebradas Mayores y Menores.
- Levantamiento de emplazamientos de estructuras
- Levantamiento de Sectores Críticos
- Levantamiento de Canteras
- Levantamiento de Depósitos de Material Excedente (DME)
- Levantamiento de Accesos e Intersecciones
- Levantamiento de Terrenos y Viviendas Afectadas

El procesamiento de la data topográfica recopilada ha sido procesado haciendo uso de software de topografía y diseño geométrico de carreteras, “AIDC NS-PLUS” el cual ha permitido la elaboración de planos.

Descripción del tramo

El tramo se inicia a la salida de la ciudad de Ayacucho, en la intersección de la Av. Cuzco con la Av. Nicaragua (Km 0+000), y concluye en el Km 50+000, cerca del abra Huamina.

Desde el punto de vista de topografía y tráfico se distinguen 2 tramos bien diferenciados: el primer sector Ayacucho (km 0+000) hasta el Abra Tocto (km 35+900), donde se ubica el desvío hacia Cangallo, al lado derecho, y el desvío a Chiara, al lado izquierdo; y el segundo sector desde el abra Tocto hasta el Km 50+000, referido al estudio de factibilidad y Km 48+838 referido latrazo definitivo.

Sector: Ayacucho (Km 0+000) – Abra Tocto (Km 35+900) o (desvío Cangallo).

Este sector se caracteriza por presentar una topografía entre ondulada y accidentada. Se desarrolla en ascenso continuo, empleando pendientes entre 2% y 6% hasta la progresiva 16+000, donde la carretera presenta un contrapendiente de aproximadamente 2 km, para cruzar la quebrada de Chacapata. A partir de este punto, sigue ascendiendo a través de curvas de lazo en los kilómetros 10.3, 17.5, 18.7, 21.7 y 29.4 para luego llegar al Abra Tocto (Km. 35+900). Las curvas de lazo se caracterizan por tener pendientes suaves y radios menores de 15m.

Entre el Km 26 y 30+300, fin de este sector, la topografía se torna ondulada y la pendiente de la carretera suave, oscilando entre 2% y 3% hasta alcanzar el abra Toccto a 4,195 m.s.n.m., punto donde se ubica un cruce, hacia el lado izquierdo el desvío a Chiara y hacia el lado derecho el desvío a Cangallo. En este Sector se ha planteado estudiar la variante de la quebrada Cceullacocha.

Con respecto a la superficie de rodadura la carretera se encuentra afirmada, en regulares condiciones de conservación, por sectores tiene cunetas en tierra al lado del talud de corte que en muchos casos excede su capacidad y el agua discurre por la plataforma erosionando el afirmado existente. Los principales accesos de la vía, se muestran en la zona urbana de Ayacucho, el Dv. Chiara 1. (Km 18+150) y los desvíos a Cangallo y a Chiara 2 (Km. 35+900). Los controles principales de rasante obligados, se encuentran en las siguientes progresivas.

- Salida de Ayacucho (Zona urbana).
- Cruce con el canal de riego en el Km 12+380.
- Cruce con el Canal principal del Proyecto Cachi (Km 22+660), en forma esviada, lo cual debido al ensanchamiento se requiere demoler la losa del puente vehicular y construir nueva losa más amplia y muros a fin de no afectar la plataforma del canal.
- Cruce de tubería de gas de Camisea en el Km 34+050

Sector Abra Tocto o Dv. Cangallo (Km 35+900) – Abra Huamina (Km 48+838)

Este sector se desarrolla por una topografía mayoritariamente ondulada y en algunos sectores puntuales de forma semiaccidentada, desarrollándose en gran parte a media ladera con pendientes suaves, inclusive menores al 1%, que, ante la ausencia de obras de drenaje, y presencia de filtraciones y bofedales ha originado los problemas que causan el deterioro de la plataforma.

La sección transversal presenta una superficie de rodadura a nivel de afirmado entre 4.50m y 5.00 m. en pésimo estado, con presencia de baches debido a la falta de un adecuado sistema de drenaje y la pendiente casi horizontal de la rasante.

En este sector no existen desvíos importantes y los principales controles de rasante obligados se encuentran en las siguientes progresivas.

Cruce de tubería de gas de Camisea en el Km 38+930.

Cruce de tubería de gas de Camisea en el Km 41+270.

Cruce de tubería de gas de Camisea en el Km 41+730.

Cruce de tubería de gas de Camisea en el Km 45+740.

Con respecto a los cruces con el gasoducto de Camisea, se está coordinando con la Empresa TGP (Transportadora de Gas del Perú), con el fin de compatibilizar el diseño de la rasante por estos cruces detectado.

Anexo 4:

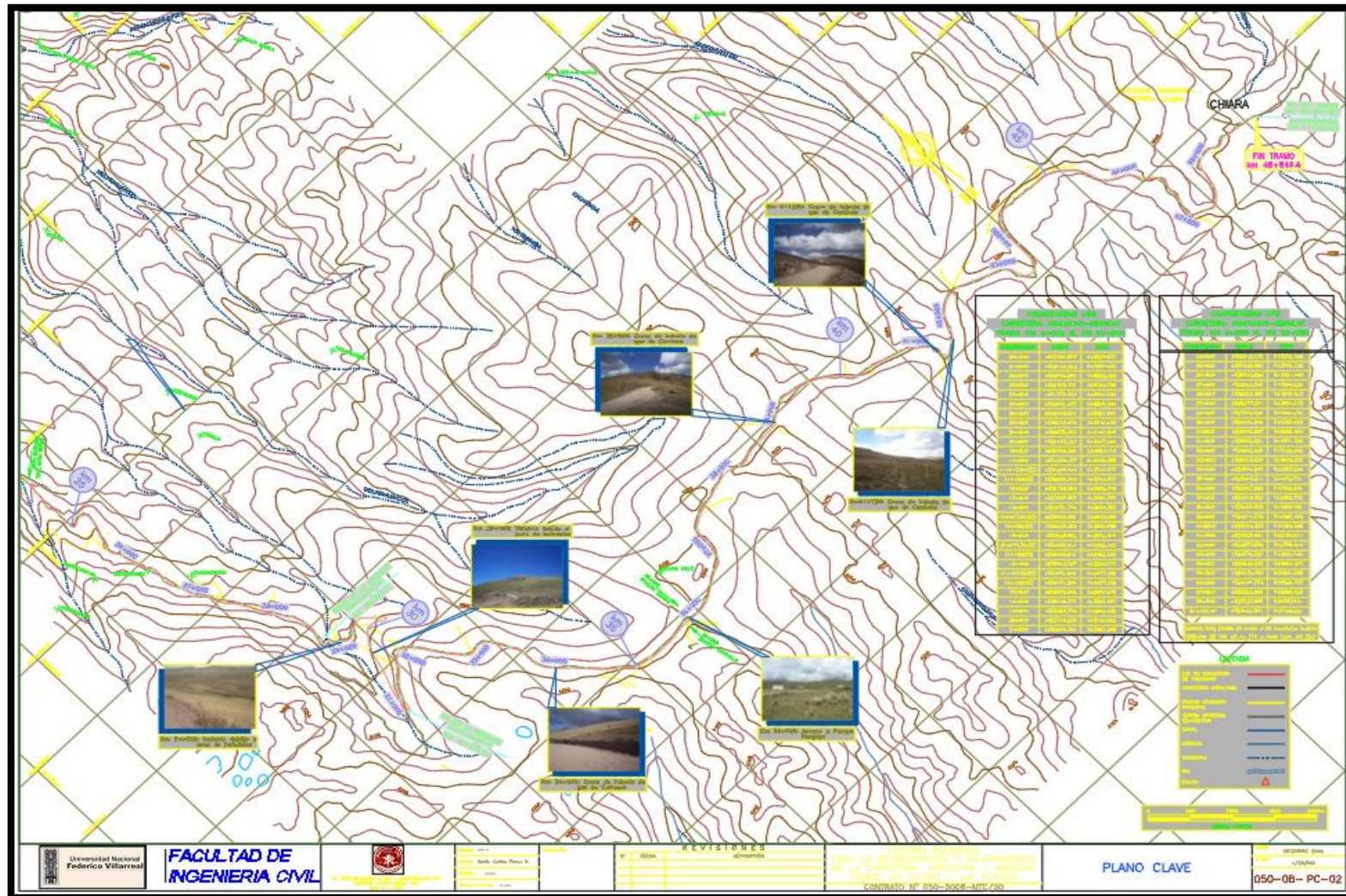
Planos

The figure consists of three maps illustrating the project's location:

- UBICACION A NIVEL NACIONAL:** A map of Peru showing the location of the project area in the central region, highlighted in red.
- UBICACION A NIVEL REGIONAL:** A map of the central region of Peru, showing the project area in red, with surrounding provinces like Huancayo, Huancavelica, and Tarma.
- PLANO CLAVE:** A detailed map of the project area, showing the proposed road alignment (red line) and existing infrastructure (yellow lines). Key locations marked include "INICIO TRAMO km 0+000" and "FIN TRAMO km 42+942.5".

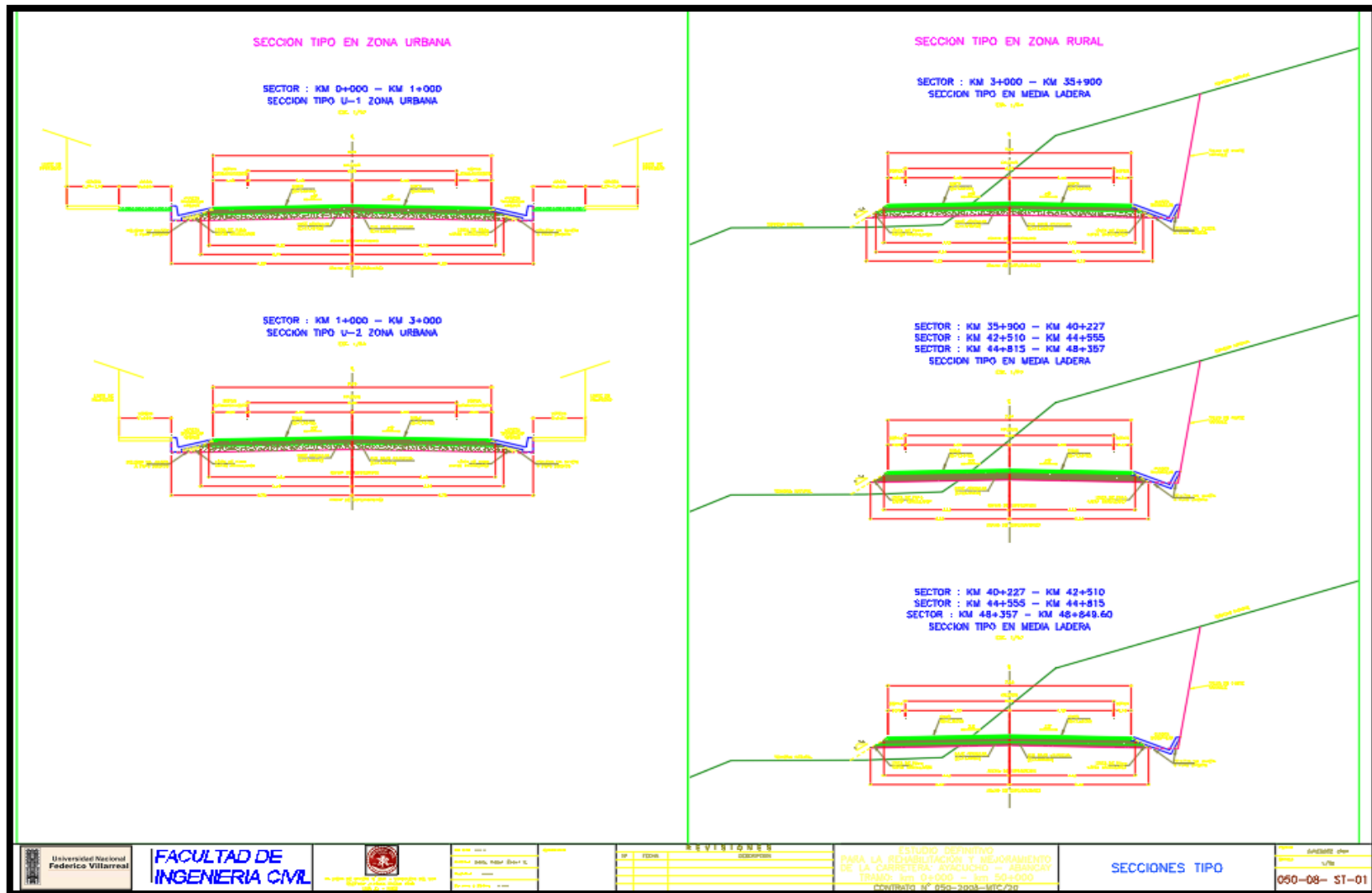
110

Figura 4: Plano Clave



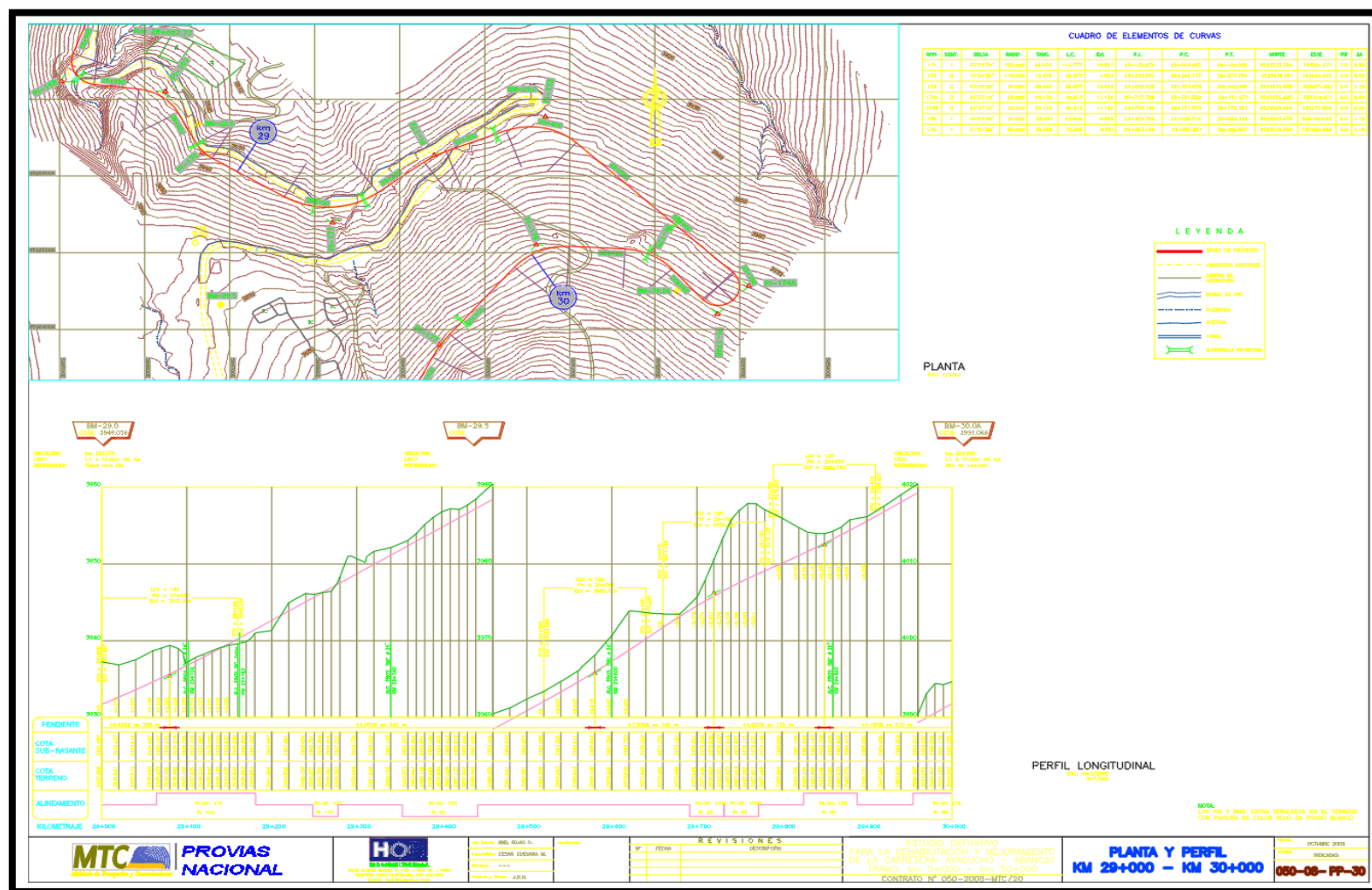
Fuente: Municipalidad de Ayacucho.

Figura 5: Plano de secciones tipo.



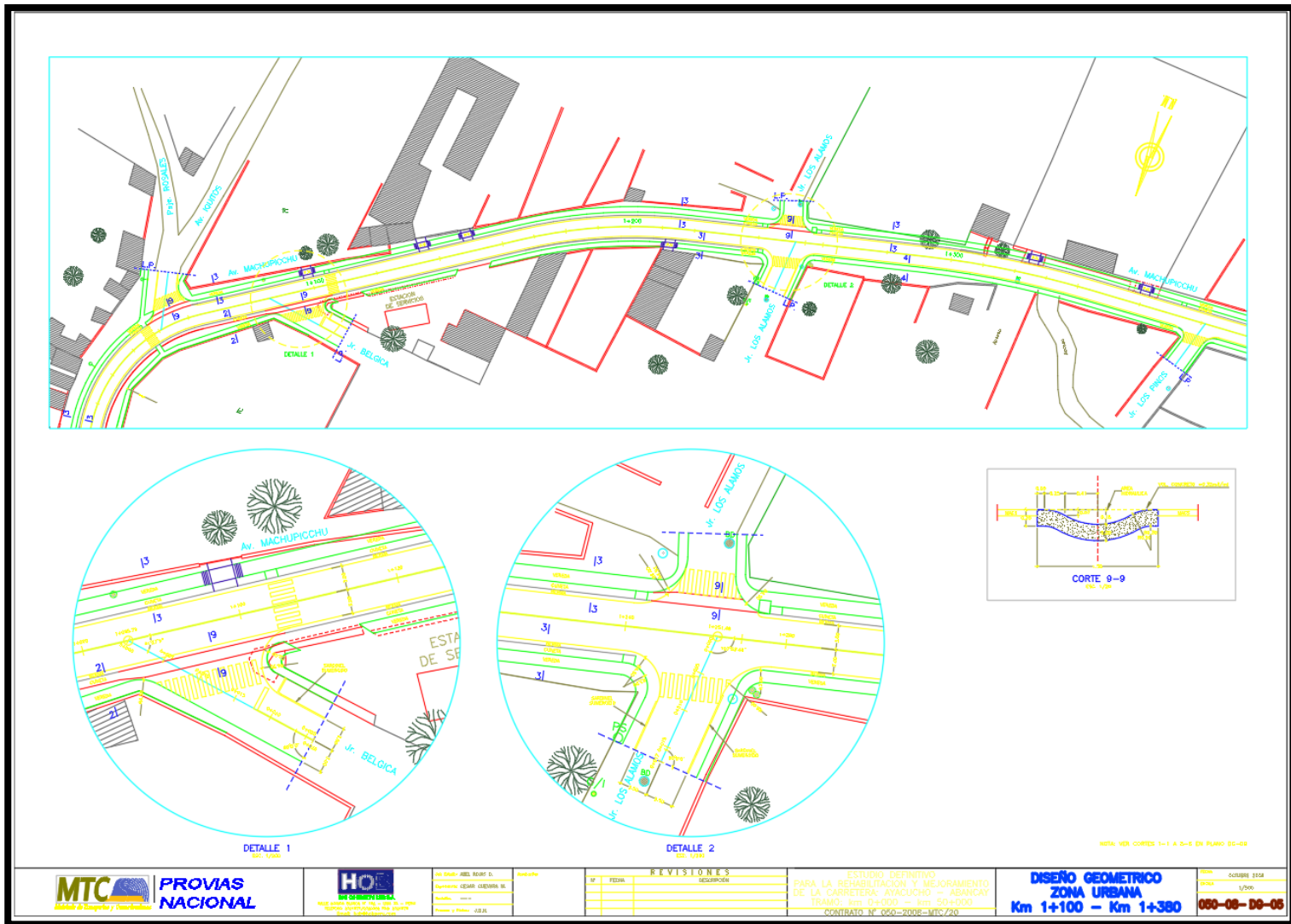
Fuente: Municipalidad de Ayacucho.

Figura 6: Plano de Planta y perfil km 29+000 – km 30+000



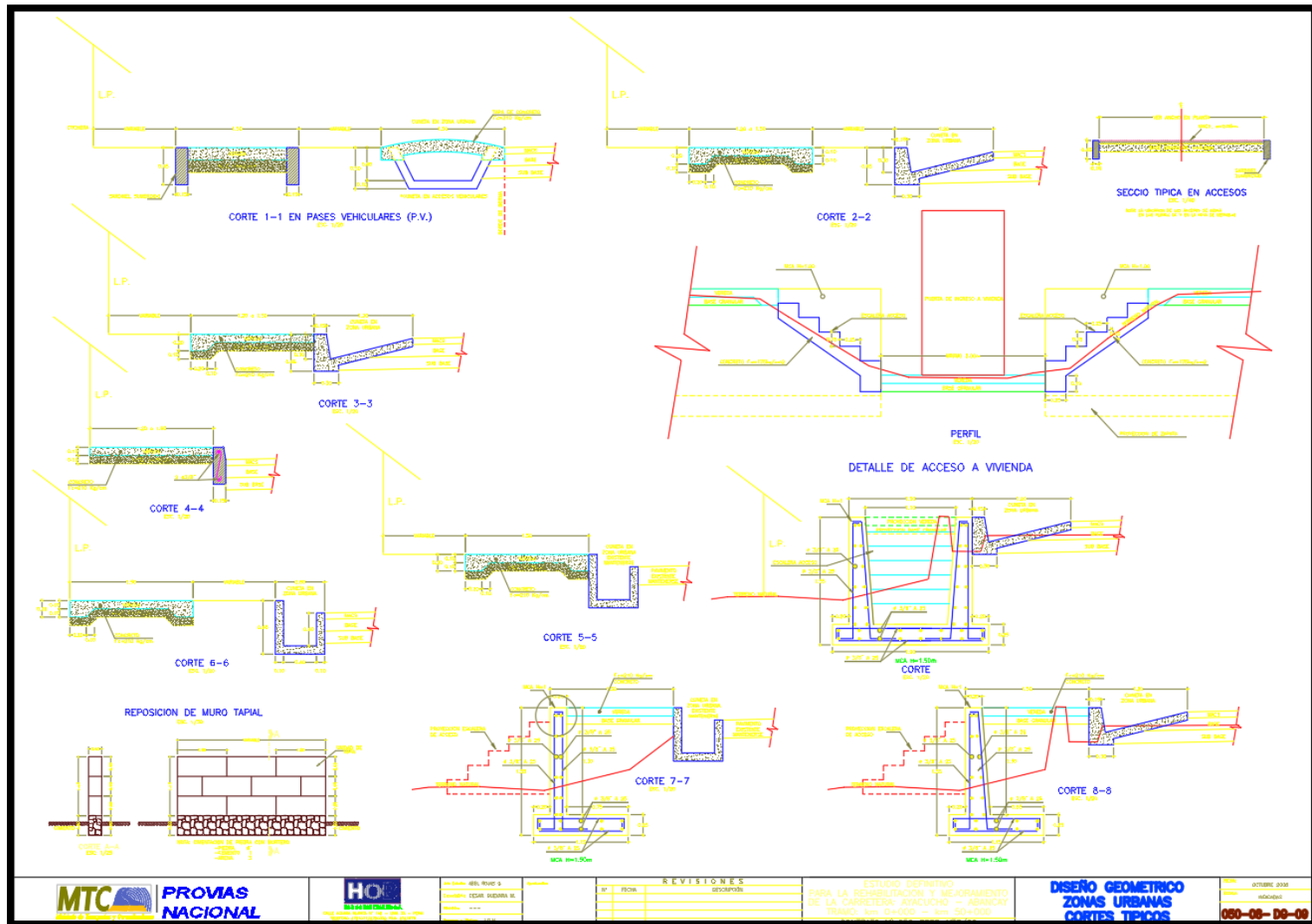
Fuente: MTC.

Figura 7: Plano de diseño geométrico – zona urbana km 1+100 – km 1+380



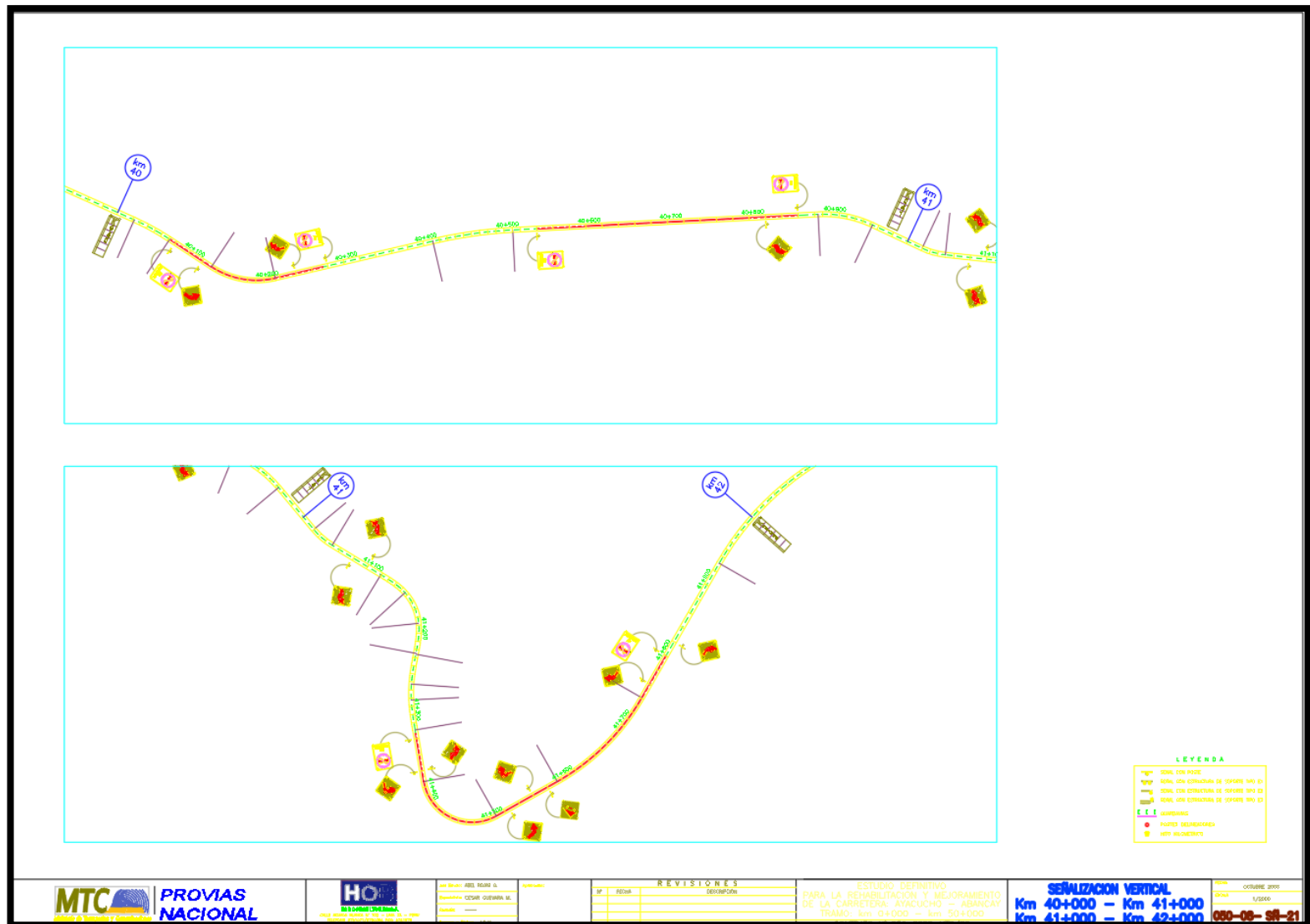
Fuente: MTC.

Figura 8: Plano de diseño geométrico zonas urbanas. Cortes típicos.



Fuente: MTC.

Figura 9: Plano de señalización vertical.



Fuente: MTC.