

Universidad Nacional  
**Federico Villarreal**

Vicerrectorado de  
**INVESTIGACIÓN**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**“DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA  
MEJORAMIENTO DE PRINCIPALES VÍAS DE LA UU.VV. POCHOCCOTA  
EN LA PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS – REGIÓN APURÍMAC”**

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

**PRESENTADO POR:**

**MAYTA POSADAS JOAN SEBASTIAN**

**ASESOR:**

**Ms. AYBAR ARRIOLA GUSTAVO ADOLFO**

**JURADO:**

**Dr. PUMARICRA PADILLA RAÚL VALENTÍN**

**Dr. BEDIA GUILLEN CIRO SERGIO**

**Ms. SALAZAR CORREA HUGO ALBERTO**

**LIMA - PERÚ**

**2019**

## **Dedicatoria**

A Dios, que es mi fuerza en cada instante de mi vida.

A mi familia, por su apoyo.

## **Agradecimiento**

A la prestigiosa Universidad Nacional Federico Villarreal, por brindarme una educación de calidad y excelencia en la carrera de Ingeniería Civil.

## **Resumen**

La presente tesis titulada “DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA MEJORAMIENTO DE PRINCIPALES VÍAS DE LA UU.VV. POCHCOTA EN LA PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS – REGIÓN APURÍMAC”, tiene por finalidad proponer la estructura del pavimento rígido a construirse para el mejoramiento de las vías en mención, estableciendo el módulo de diseño del concreto y determinando el espesor de pavimento rígido.

El tema elegido para la presente tesis es de vital importancia en la actualidad debido a que el mejoramiento de las principales vías de la unidad vecinal de Pochcota - Andahuaylas permitirá en gran medida mejorar la calidad de vida de los pobladores de la provincia de Andahuaylas y en especial de los habitantes de esta unidad vecinal, considerando el hecho de que por esta vía circulan un gran número de personas que viven en este sector de Andahuaylas de manera permanentemente y sectores aledaños; entre adultos y estudiantes de nivel inicial, primaria y secundario, para llegar a sus centros educativos que se ubican en los sectores aledaños a la UU.VV. y estudiantes de nivel universitario para cumplir sus actividades diarias.

**Palabras clave: Diseño de estructura de pavimento rígido.**

## **Abstract**

The present thesis entitled "DESIGN OF RIGID PAVEMENT STRUCTURE FOR IMPROVEMENT OF MAIN ROUTES OF THE UU.VV. POCHCOTA IN THE PROVINCE OF ANDAHUAYLAS - REGION APURIMAC ", aims to propose the structure of the rigid pavement to be built for the improvement of the mentioned roads, establishing the design module of the concrete and determining the thickness of rigid pavement.

The theme chosen for the present thesis is of vital importance at present because the improvement of the main roads of the Pochccota - Andahuaylas neighborhood unit will greatly improve the quality of life of the inhabitants of the province of Andahuaylas and in special of the inhabitants of this neighborhood unit, considering the fact that a large number of people living in this sector of Andahuaylas live permanently and surrounding areas; between adults and students of initial, primary and secondary level, to reach their educational centers that are located in the sectors surrounding the UU.VV. and university-level students to fulfill their daily activities.

**Keywords: Rigid pavement structure design.**

# Índice general

Dedicatoria .....	2
Agradecimiento .....	3
Resumen .....	4
Abstract .....	5
Capítulo I: Introducción .....	13
1.1 Descripción y formulación del problema .....	13
1.2 Antecedentes .....	14
1.3 Objetivos .....	20
1.4 Justificación e importancia.....	21
1.5 Hipótesis.....	22
Capítulo 2: Marco teórico.....	23
2.1 Definición de pavimentos.....	23
2.2 Tipos de pavimentos.....	23
2.3 Pavimentos flexibles .....	24
2.4 Pavimentos rígidos .....	24
Capítulo 3: Método.....	25

3.1 Tipo de investigación .....	25
3.2 Ámbito temporal y espacial.....	25
3.3 Variables.....	30
3.4 Población y muestra .....	31
3.5 Instrumentos .....	31
3.6 Procedimientos .....	32
3.7 Análisis de datos.....	32
3.7.1 Descripción de las vías en estudio.....	32
3.7.2 Levantamiento topográfico de la zona en estudio .....	40
3.7.3 Estudio de tráfico y análisis de capacidad de la vía por carril de diseño. ....	43
3.7.4 Estudio de suelos y geotecnia.....	47
3.7.5 Estudio de canteras y fuentes de agua.....	67
Capítulo IV: Resultados .....	77
4.1 Diseño de pavimentos .....	77
4.2 Estructuras del pavimento rígido.....	98
Capítulo V: Discusión de resultados .....	100
Conclusiones .....	102

Recomendaciones.....103

Referencias .....104

Anexo 1: Presupuesto.....106

Anexo 2: Planos.....110



## Índice de figuras

Figura 1: Foto de la UU.VV. Pochccota – Andahuaylas. ....	26
Figura 2: Fotos: A la izquierda Av. Malinas vía principal de UU.VV. y a la derecha Jr. Los Celajes. .....	36
Figura 3: Levantamiento topográfico de Jr. Los Codornices y pasaje Universitario respectivamente. .....	43
Figura 4: Plano geomorfológico de la provincia de Andahuaylas. ....	47
Figura 5: Sección Geológica Estratigráfica.....	48
Figura 6: Se observa C-02 ubicado en Jr. Los Zorzales y C-07 en Av. Malinas; el proceso de excavación y extracción de muestras. ....	57
Figura 7: El material es removido en la cantera Chuspi (material de base).....	68
Figura 8: Muestreo de agua para la compactación y preparación de concreto, presenta claridad en cauce.....	69
Figura 9: Estructura de pavimentos.....	79
Figura 10: Partes estructurales de pavimento rígido .....	88
Figura 11: Relación entre el módulo de reacción de la sub-rasante.....	88
Figura 12: Abaco de eje simple (ábaco de influencia para carga en junta transversal .....	91
Figura 13: Plano de ubicación de la zona del proyecto.....	111

Figura 14: Plano de secciones transversales. ....	111
Figura 15: Plano de detalle de construcción de graderías peatonales .....	111
Figura 16: Plano de planta, perfil y detalle de vía; jirón los cerezos. ....	111
Figura 17: Plano de planta, perfil y detalles de vía; jirón Los Cactus.....	111
Figura 18: Plano de planta, perfil y detalle de vía; Pasaje N° 01 y N° 02 .....	111
Figura 19: Planta, perfil y detalle de vías; Pasaje N° 03 .....	111

## Índice de tablas

Tabla 1: Conteo vehicular realizado.....	44
Tabla 2: Tránsito normalmente existente, el tránsito atraído y el generado. ....	45
Tabla 3: Cálculo del TDI.....	46
Tabla 4: Nivel de napa freática .....	58
Tabla 5: Ensayo de Características Físicas del Suelo .....	62
Tabla 6: Ensayo de Características Químicas del Suelo .....	62
Tabla 7: Resumen de los resultados de ensayos realizados en laboratorio .....	63
Tabla 8: Clasificación general de acuerdo al valor de CBR .....	65
Tabla 9: Valores máximos admisibles de sustancias .....	69
Tabla 10: Ensayo granulométrico .....	71
Tabla 11: Ensayo de proctor modificado .....	72
Tabla 12: Relación soporte de california (CBR).....	73
Tabla 13: Gráfico C.B.R. ....	74
Tabla 14: Ensayo granulométrico por tamizado .....	75
Tabla 15: Ensayo de límites de consistencia.....	76

Tabla 16: Valores de CBR para cada Calicata.....	84
Tabla 17: Estratigrafía del tráfico.....	85
Tabla 18: Resultados del CBR .....	89
Tabla 19: Presupuesto – Hoja 1.....	107
Tabla 20: Presupuesto – Hoja 2.....	108
Tabla 21: Presupuesto – Hoja 3.....	109

## Capítulo I

### Introducción

#### 1.1 Descripción y formulación del problema

En la actualidad las vías de la unidad vecinal de Pochcota – Andahuaylas se encuentran en estado natural sobre tierra, este hecho genera contaminación generalizada con polvo fino de la tierra al paso frecuente de los vehículos por las vías sin pavimento, en los meses de la temporada de lluvias entre los meses de diciembre y abril esta situación se empeora, al presentarse la intransitabilidad de estas vías por la aparición de baches, que por la presencia de agua se convierten en charcos de agua sucia, presentando un peligro latente para los transeúntes al no existir veredas y pistas en estas calles. Por ello el mejoramiento de las vías de dicha unidad vecinal permitirá mejorar enormemente la calidad de vida de la población relacionada.

Así, presente tesis busca responder las siguientes preguntas:

¿De qué manera se puede mejorar la transitabilidad vehicular en las vías de la unidad vecinal Pochcota – Andahuaylas?

¿Mediante un diseño eficiente de pavimento rígido se podrá optimizar la transitabilidad vehicular de las vías de la unidad vecinal Pochcota – Andahuaylas?

¿Cómo deberá estar conformada la estructura de pavimento rígido a construirse?

## **1.2 Antecedentes**

### **a) En el ámbito internacional**

Gaspar (2010) señala en el trabajo de graduación titulado “Diseño del pavimento rígido del camino que conduce a la aldea El Guayabal, Municipio de Estanduela del departamento de Zacapa”, trabajo de graduación para obtener el título profesional de Ingeniero Civil por la Universidad de San Carlos de Guatemala – Guatemala, tiene por objetivo principal, colaborar con el municipio de Estanduela del departamento de Zacapa, investigando las necesidades y proponiendo un proyecto priorizado de infraestructura como el diseño de la pavimentación de la carreta que conduce hacia la aldea El Guayabal, municipio de Estanduela, departamento de Zacapa.

Teniendo como resultado las siguientes conclusiones:

El proyecto tendrá una longitud de 5,755 metros, un ancho de calzada de 6 metros, el diseño basado en el método simplificado de la PCA determinó que el pavimento rígido tendrá un espesor de 15 centímetros, una subbase de 15 centímetros y un bombeo del 2%.

- El proyecto tiene un costo directo de once millones noventa y siete mil cuatrocientos un quetzales con ocho centavos (Q11, 097,401.08). El costo de construcción por metro cuadrado es de trescientos veinte quetzales con veintisiete centavos (Q320.27), este precio por metro cuadrado es similar al que se maneja para el pavimento rígido en el municipio de Estanduela.
- El pavimento rígido, desde el punto de vista técnico, tiene un mantenimiento mínimo a lo largo del período para el cual fue diseñado, en comparación con un pavimento flexible, que requiere de un mantenimiento constante para evitar el deterioro del mismo.
- La experiencia adquirida en la realización del Ejercicio Profesional Supervisado, contribuye a la formación del estudiante dándole la habilidad para resolver problemas y poder determinar la mejor solución.
- El estudio de impacto ambiental determinó que los impactos no serán de gran envergadura, las más importantes son: Impacto: deslaves de material, erosión de cortes. Medida de mitigación: prevención durante la construcción, prevención de erosión usando estabilización física. Impacto: disminución de la calidad del agua. Medida de mitigación: alteración mínima de corrientes de aguas naturales.

Mora & Argüelles (2015) señala en el trabajo de grado titulado “Diseño y construcción de pavimento rígido para la urbanización Caballero y Góngora, municipio de Honda – Tolima”, trabajo de grado para obtener el Título de Especialista en Ingeniería de Pavimentos por la Universidad Católica de Colombia – Colombia, tiene por objetivo principal, definir una estructura de pavimento rígido la cual garantice la resistencia a la acción de cargas impuestas por el tránsito en las vías de la urbanización Caballero y Góngora del municipio de Honda – Tolima.

Teniendo como resultados las siguientes conclusiones:

- Se recomienda utilizar módulos de rotura mayores para generar esfuerzos equivalentes bajos, que nos permitan diseñar espesores de losas mínimos.
- La metodología PCA 84 garantiza un análisis más específico y conveniente para el espesor de losa de pavimento cumpliendo con los parámetros de fatiga y erosión.
- El análisis de fatiga que se efectúa por la metodología de la PCA, controla los diseños de pavimentos delgados para bajo tránsito, independientemente del tipo de transferencia de carga en las juntas transversales.



- En el caso de presentarse fallos en el terreno natural se recomienda realizar la excavación y remplazo de material defectuoso con el material de buenas características como material tipo afirmado. De requerirse, se puede contemplar la instalación de un producto geosintético (geo-textil tejido referencia T2400 o 3\*3 HF o el equivalente de estos en el mercado) el cual debe cumplir con la normatividad vigente INVIAS 2013. este producto debe instalarse en las áreas en donde se va a intervenir para separar, estabilizar y evitar que se refleje los cambios volumétricos del suelo natural.

**b) En el ámbito nacional**

Calla (2015) señala en la tesis titulada “Pavimentación de los jirones Achaya, Manco Cápac, Conde de Lemus, Arica y Puno de la municipalidad distrital de Caminaca - Azángaro”, tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil por la Universidad Nacional del Altiplano – Perú, tiene por objetivo principal, elaborar el estudio definitivo de pavimentación en los jirones Achaya, Manco Cápac, Conde de Lemus, Arica, y Puno de la Municipalidad Distrital de Caminaca para brindar adecuadas condiciones de transitabilidad vehicular y peatonal.

Teniendo como resultado las siguientes conclusiones:

- Se ha elaborado el estudio definitivo de pavimentación en los jirones Achaya, Manco Capac, Conde de Lemus, Arica, y Puno-Caminaca, la cual constituye vías de suma importancia para la localidad de Caminaca.
- La determinación de los volúmenes de tránsito realizado en la zona de estudio presenta un TPDS de 20 Veh/día y un TPDA DE 24Veh/día. El tránsito principalmente está constituido por Autos y Camionetas, combis, camiones rurales. Se tomó en cuenta el Reglamento Nacional de Vehículos aprobado por D.S. N° 058-2003-MTC. Teniendo como resultado un ESAL de Diseño de:  $0.27 \times 10^6$  Número de Ejes Equivalentes.
- El CBR de diseño del terreno de fundación se halló tomando en cuenta las recomendaciones de AASHTO - 93. Para el proyecto teniendo un ESAL de Diseño de  $0.27 \times 10^6$  Número de Ejes Equivalentes corresponde un percentil del 75%, con lo que se obtiene un CBR de diseño de 11%.
- El caudal calculado crítico corresponde al Área Tributaria 1 y corresponde a 24.99 litros/seg. Los caudales obtenidos fueron usados para el diseño de cunetas, con lo que se obtiene, adoptando una cuneta de sección triangular, un ancho superficial igual a 0.26 m y un tirante de agua de 0.13m.

Solano (2014) señala en la tesis titulada “Evaluación del estado actual del pavimento rígido en el Jirón Junín de la ciudad de Jaén - Cajamarca”, tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil por la Universidad Nacional de Cajamarca – Perú, tiene por objetivo principal, evaluar el estado actual del pavimento rígido en el jirón Junín, cuadras 1, 2, 3, 4 y 5 de la ciudad de Jaén. El procedimiento consistió en la inspección donde se identificó las fallas teniendo en cuenta la clase, severidad y cantidad de las mismas; aplicando el método del PCI (índice de condición del pavimento) considerada una de las metodologías de evaluación más completa, y objetiva.

Teniendo como resultados las siguientes conclusiones:

- El estado actual del pavimento rígido en el jirón Junín de la ciudad de Jaén se clasificó como un pavimento bueno, sin embargo, existen losas que presentan fallas de severidad grave; ésta falla no influyó por presentar áreas no representativas comparada con el área total inspeccionada.
- El índice de condición del pavimento rígido nos arrojó 56,90%, este resultado es el promedio del PCI de 11 unidades de muestreo presentes en las 5 cuadras del jirón Junín que han sido evaluadas.

- El grado de severidad que presentaron las fallas son ligeras, moderadas y grave. Las fallas más frecuentes son grietas longitudinales de severidad grave, grietas transversales de severidad moderada, grietas de bloque de severidad moderada, daño del sello de la junta de severidad moderada y grave, y parche grande de severidad moderada.

### **1.3 Objetivos**

#### **a) Objetivo general**

Diseñar la estructura de pavimento rígido para mejoramiento de principales vías de la UU.VV. Pochocota en la provincia de Andahuaylas – región Apurímac.

#### **b) Objetivos específicos**

- Establecer el módulo de diseño del concreto para el pavimento rígido a emplearse.
- Determinar el espesor de pavimento rígido a emplearse para la construcción del futuro pavimento.

#### **1.4 Justificación e importancia**

El desarrollo de la tesis que se plantea se justifica en el hecho de que en la actualidad las vías de la unidad vecinal de Pochcota – Andahuaylas se encuentran en estado natural sobre tierra, este hecho genera contaminación generalizada con polvo fino de la tierra al paso frecuente de los vehículos por las vías sin pavimento, en los meses de la temporada de lluvias entre los meses de diciembre y abril esta situación se empeora, al presentarse la intransitabilidad de estas vías por la aparición de baches, que por la presencia de agua se convierten en charcos de agua sucia, presentando un peligro latente para los transeúntes al no existir veredas y pistas en estas calles.

El tema elegido para la tesis a desarrollarse es de vital importancia en la actualidad debido a que el mejoramiento de las principales vías de la unidad vecinal de Pochcota - Andahuaylas permitirá en gran medida mejorar la calidad de vida de los pobladores de la provincia de Andahuaylas y en especial de los habitantes de esta unidad vecinal, considerando el hecho de que por esta vía circulan un gran número de personas que viven en este sector de Andahuaylas de manera permanentemente y sectores aledaños; entre adultos y estudiantes de nivel inicial, primaria y secundario, para llegar a sus centros educativos que se ubican en los sectores aledaños a la UU.VV. y estudiantes de nivel universitario para cumplir sus actividades diarios, en vista que en este sector está ubicado la universidad San Antonio Abad del Cusco – Filial Andahuaylas.

## **1.5 Hipótesis**

Mediante un eficiente diseño de la estructura del pavimento rígido a construirse se podrá mejorar la serviciabilidad de las vías de la unidad vecinal de Pochcota – Andahuaylas.

## **Capítulo 2**

### **Marco teórico**

#### **2.1 Definición de pavimentos**

Gaspar (2010) señala que:

Un pavimento es una estructura cuya función fundamental es distribuir las cargas concentradas de las ruedas de los vehículos, de manera que el suelo subyacente pueda soportarlas sin falla o deformación excesiva. Las condiciones que debe reunir un pavimento son: una superficie lisa, no resbaladiza, que resista la intemperie y finalmente debe proteger al suelo de la pérdida de sus propiedades, por efecto del sol, las lluvias y el frío. (p.9)

#### **2.2 Tipos de pavimentos**

Gaspar (2010) señala que:

Históricamente hay dos tipos clásicos de pavimento, el rígido y el flexible, siendo la principal diferencia entre los dos la forma en que distribuyen la carga. (p.9)

### **2.3 Pavimentos flexibles**

Gaspar (2010) señala que:

Este tipo de pavimentos está constituido por asfaltos en los cuales, la carpeta de rodadura produce una mínima distribución de cargas. Éstas se distribuyen por el contacto de partícula a partícula, en todo el espesor del pavimento como una carga puntual. (p.9)

### **2.4 Pavimentos rígidos**

Gaspar (2010) señala que:

Un pavimento rígido consta de una losa de concreto de cemento Pórtland que se apoya sobre una capa de sub-base (se puede omitir esta última capa cuando el material de la sub-rasante es granular). La losa posee características de viga que le permiten extenderse de un lado a otro de las irregularidades en el material subyacente. Cuando se diseñan o construyen con propiedad, los pavimentos rígidos proporcionan muchos años de servicio con un mantenimiento relativamente bajo (p.10)



## **Capítulo 3**

### **Método**

#### **3.1 Tipo de investigación**

Aplicada.

#### **3.2 Ámbito temporal y espacial**

La presente tesis se basa en el proyecto de Mejoramiento de las vías principales de la UU.VV. Pochccota, el cual se encuentra ubicado en el Distrito de Andahuaylas, Provincia de Andahuaylas, departamento de Apurímac – Perú. El proyecto será ejecutado próximamente.

##### **Ubicación**

La presente tesis se centra en las vías de la UU.VV. Pochccota - Andahuaylas, es una de las unidades vecinales más pujantes de la ciudad de Andahuaylas, en el Departamento del Apurímac; por tanto, su desarrollo integral es en el distrito y provincia de Andahuaylas, departamento de Apurímac.

Figura 1: Foto de la UU.VV. Pochccota – Andahuaylas.



Fuente: Propia.

### **Acceso a la zona**

La vía principal de acceso a la unidad vecinal Pochccota desde la plaza de armas de la ciudad de Andahuaylas, es por el Jr. Constitución hasta el cruce entre la Av. Juan Antonio Trelles, hasta llegar al Puente Colonial límite de la unidad vecinal de Pochccota.

Mientras el acceso a la provincia de Andahuaylas es a través de la carretera Lima-Nazca – Puquio (vía asfaltada), desvío Puquio – Pampachiri- Andahuaylas (carretera afirmada), que se constituyó en la principal vía de comunicación terrestre a esta ciudad hasta algunos años atrás.

Por la carretera Nazca - Puquio – Abancay – Cusco, ramal de la carretera transoceánica, por donde transitan ómnibus y camiones de carga, de esta vía existe un ramal en el puente Sahuento (Abancay) hacia la ciudad de Andahuaylas.

La vía terrestre, Lima - Nazca – Puquio - Chalhuanca – puente Sahuento – Andahuaylas, tiene una distancia de 900 Km., aproximadamente, con una duración promedio de 18 horas de viaje en ómnibus.

Existe otra ruta terrestre de acceso: Lima - Huancavelica - Ayacucho - Chincheros – Andahuaylas, con una distancia de 871Km. aproximadamente, denominado como la vía "Los Libertadores" con una duración promedio de 16 horas de viaje en ómnibus.

Acceso vía aérea, se utiliza la ruta Lima - Andahuaylas con 55 minutos de vuelo, aterrizándose en el aeropuerto de Huancabamba y desde allí se traslada a la ciudad de Andahuaylas vía terrestre con una hora de viaje en auto.

## **Suelos**

Los suelos están desarrollados sobre una litología variada; están conformadas por paisajes de valles aluviales interandinos. Estos suelos en su proceso de formación han sufrido la influencia de factores internos y externos, principalmente de la roca madre y del clima, que finalmente son los que determinan su calidad y las características edafológicas como potencial de uso, los mismos que constituyen los diferentes tipos de suelos que nos indican su potencial de uso.

## **Clima**

El clima de este lugar es templado a frígido, muy característico de espacios geográficos ubicados en la zona sierra de nuestro territorio nacional, con marcadas diferencias de temperatura en las estaciones de invierno y verano.

## **Precipitación**

- La precipitación media acumulada anual para el periodo 1964-1980 fue de 595.6 mm.
- Para el periodo 1996 - 2006 se tiene un promedio anual de 76.6 mm.
- Obteniéndose al año 2000 como el promedio máximo anual con una precipitación de 93.2 mm y un promedio mínimo de 59.1 mm en el año 1998.

- La precipitación anual varía en la zona de 641 mm/año a 1,119 mm/año.

Por las razones ya expuestas, se debe indicar que el área en estudio es fuertemente afectada por las intensas lluvias temporales.

### **Temperatura**

Corresponde al clima BOSQUE SECO - MONTANO TROPICAL (bs-MBT).

### **Humedad relativa**

Según el diagrama Bioclimático de Holdridge, en esta zona de vida, el promedio de evapotranspiración potencial total por año varía entre 1 y 2 veces la precipitación, ubicando por lo tanto a esta zona de vida en la provincia de humedad: HUMEDO. Ref. Guía explicativa del Mapa Ecológico del Perú.

## **Hidrografía**

La provincia de Andahuaylas cuenta con recurso hídrico suficiente; al interior del territorio fluyen ríos y riachuelos que son tributarios del río Chumbao, siendo este río el principal torrente que recorre de noreste a sureste desembocando aguas abajo en el río Pampas. El caudal del río Chumbao se registra mediante aforos diarios clasificándose en tres caudales (Mínima  $0.15 \text{ M}^3/\text{seg}$ , media  $0.20 \text{ M}^3/\text{seg}$ , y máxima  $0.30 \text{ M}^3/\text{seg}$ ).

### **3.3 Variables**

- **Variable independiente**

Diseño de pavimento rígido.

- **Variable dependiente**

Mejoramiento de infraestructura vial.

### **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 está conformado por los pavimentos del distrito de Andahuaylas.

- **Muestra**

Un subconjunto específico y limitado que se separa de la población es definido como una muestra. En la presente tesis se toma como muestra de investigación las vías principales de la UU.VV. Pochccota, la cual se encuentra ubicada en el Distrito de Andahuaylas

### **3.5 Instrumentos**

- Revisión de documentos: a través de esta técnica se revisarán normas, manuales, libros, tesis, etc., respecto al tema de pavimentos rígidos.
- Observación: Esta técnica permitirá 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 ha llevado a cabo el reconocimiento de campo.
- Se han analizado las muestras de suelo obtenidas.
- Se ha procedido a realizar el diseño del pavimento rígido, calculando para comenzar los parámetros de diseño: factores de seguridad, el periodo de diseño, el CBR de diseño, etc.
- Se ha definido la estructura del pavimento.

### **3.7 Análisis de datos**

#### **3.7.1 Descripción de las vías en estudio**

##### **Antecedentes**

La vía principal de acceso a la unidad vecinal Pochccota, es por el puente colonial sobre el río Chumbao que conecta con la zona céntrica de Andahuaylas, desde este punto, se ingresa por Jirón Los Cactus primera cuadra, que llega hasta la intersección con la avenida Malinas, vía principal de la UU.VV Pochccota.



La primera cuadra de Jirón Los Cactus y las primeras cuabras de avenida Malinas, hasta la intersección de pasaje Las Gaviotas se encuentra pavimentadas con losa rígida, punto de inicio del actual proyecto.

El presente proyecto se desarrolla en las distintas vías que tiene la unidad vecinal Pochccota, entre estos son:

- Jirón los Zorzales primera y segunda cuadra con una longitud de 270.11m; la parte final de la vía tiene una pendiente pronunciada de 53.50% desde la progresiva Km00 + Est.24 + 7.59.
- La segunda cuadra de jirón Los Cactus con una longitud de 151.00m, igualmente la parte final de esta vía tiene una pendiente de 47.30% desde la progresiva Km00 + Est.12 + 9.10.
- Existen tres pasajes, cada uno de 45.00m lineales, que intersecan con jirón Los Cactus.
- Pasaje Mayma con 98.98m de longitud.
- Primera y segunda cuadra de jirón Los Cerezos con longitud de 262.37m.
- Primera y segunda cuadra de jirón Los Sauces con 365.30m de longitud, la parte final de esta vía tiene pendiente pronunciada de 41.27% desde la progresiva Km00 + Est.34 + 0.30.

- Jirón los Manzanos con longitud de 195.22m, de la misma forma, la parte final de esta vía tiene una pendiente que alcanza hasta 58.47% desde la progresiva Km00 + Est.17+6.22.
- Primera y segunda cuadra de jirón Los Codornices con longitud de 363.60m, esta vía también tiene pendiente pronunciada de 30.51% en la parte final de la segunda cuadra, desde la progresiva Km00 + Est.34 + 2.80.
- Pasaje Gaviota con longitud de 131.24m.
- Jirón Arenales con longitud de 59.50m.
- Pasaje Miraflores con 60.60m de longitud.
- Jirón Miraflores con 147.12m de longitud.
- Primera y segunda cuadra de jirón Los Celajes con 353.00m de longitud.
- Primera cuadra de jirón Los Girasoles con 183.00m y segunda cuadra de esta misma vía con 183.30m; igualmente, esta vía en la segunda cuadra desde la progresiva Km00 + Est.16 + 8.30 tiene pendiente acentuado de 53.26%.
- Pasaje Universitario con 182.14m, con pendiente acentuado de 41.19% desde la progresiva Km00 + Est.17 + 2.84.

- Jirón las Palmeras primera y segunda cuadra con 341.30m de longitud.
- Avenida Malinas, considerada como la vía principal de la unidad vecinal Pochccota con una longitud de 483.44m de longitud.

De acuerdo a los trabajos de campo efectuados, las vías tienen ancho de plataforma variable y tangentes largos y con presencia de pocas curvas verticales, con pendientes entre 2% y 10% promedio en la parte baja, y en la parte alta con pendientes bastante pronunciados de hasta 53%. En la actualidad, estas vías se encuentran en mal estado de conservación en estado natural sobre tierra sin ningún tipo de mejoramiento, este hecho genera contaminación generalizada con polvo fino de la tierra al paso frecuente de los vehículos por las vías sin pavimento, en los meses de la temporada de lluvias entre los meses de diciembre y abril esta situación se empeora, al presentarse la intransitabilidad de estas vías por la aparición de baches, que por la presencia de agua se convierten en charcos de agua sucia, presentando un peligro latente para los transeúntes al no existir veredas y pistas en estas vías.

Estas vías tienen una sección variable, entre 4.00m y 13.00m., de ancho y carecen de bermas. Igualmente, estas vías no tienen drenaje longitudinal (cunetas), actualmente existen cunetas de tierra que se han formado en forma natural por el agua proveniente de las lluvias que discurre libremente por las arterias. Es importante mencionar que la unidad vecinal Pochccota cuenta con servicios básicos de agua y desagüe en toda la zona. Así como también, con energía eléctrica (alumbrado público con postes de concreto armado) que cobertura toda la zona de estudio de manera integral por encontrarse en una zona urbana de la ciudad.

Figura 2: Fotos: A la izquierda Av. Malinas vía principal de UU.VV. y a la derecha Jr. Los Celajes.



Fuente: Propia.

### **Velocidad directriz**

La velocidad directriz en las distintas vías de la unidad vecinal difieren en función a las facilidades topográficas y las restricciones urbanísticas que condicionan las vías, en promedio la velocidad directriz en concordancia a la Norma Técnica de Diseño de Carreteras es de 30 Km/h, exceptuándose en la zona escolar, donde la velocidad máxima de un vehículo no debe exceder de 25 Km/hora, en la zona del proyecto no existen desarrollos ni curvas de volteo por tratarse de vías urbanas, por lo que la velocidad directriz para el diseño será de 30 Km/hora.

## Sección de las vías en estudio

La sección de las vías de la unidad vecinal Pochccota presenta ancho de superficie de rodadura variable, tanto de carril como de berma y se detalla a continuación:

- Jirón Los Zorzales primera cuadra de 146.80m y 7.00m de ancho de vía.
- Jirón Los Zorzales segunda cuadra de 92.87m de longitud de y 7.50m de ancho de vía, la parte final de la vía desde la progresiva Km00+Est.06+9.87m existe pendiente acentuada de 53.50% en una longitud de 23.00m.
- Jirón Los Cactus segunda cuadra de 151.00m de longitud, con 11.20m de de ancho, desde la progresiva Km00+Est.12+9.72m, existe fuerte pendiente de 47.30% en una longitud de 21.28m.
- Existen dos pasajes de 45.00m de largo cada uno y de 4.20m de ancho, estas dos vías intersecan con jirón Los Cactus.
- Existe un pasaje de 45.43m lineales y de 4.80m de ancho, esta vía interseca con jirón Los Cactus. Pasaje Mayma de 98.98m lineales de longitud y de 5.90m de ancho de vía.

- Jirón Los Cerezos primera y segunda cuadra de 262.37m de longitud y 8.10m de ancho de vía.
- Jirón Los Sauces primera cuadra de 167.07m lineales de longitud, con 12.00m de ancho de vía.
- Jirón Los Sauces segunda cuadra de 198.23m de longitud y de 7.20m de ancho, esta vía en la parte final presenta pendiente pronunciada de 41.27% desde la progresiva Km00+Est.17+4.08, en longitud de 24.15m.
- Jirón los Manzanos con longitud de 195.22m, y con 6.00m de ancho de vía, igualmente la parte final de esta vía tiene una pendiente exagerada de 58.47% desde la progresiva Km00 + Est.17+6.22, en longitud de 19.00m.
- Jirón Los Codornices primera cuadra de 176.60m de longitud y con 8.80m de ancho de vía.
- Jirón Los Codornices segunda cuadra de 187.00m de longitud y 7.00m de ancho, esta vía igualmente presenta pendiente acentuado de 30.51% en la parte final de la cuadra, desde la progresiva Km00+Est.16+6.20.
- Jirón Los Gaviota de 131.24m de longitud y 8.90m de ancho de vía.
- Jirón Arenales de 59.50m de longitud y 5.80m de ancho de vía.

- Pasaje Miraflores de 60.60m de longitud y 5.90m de ancho de vía.
- Jirón Miraflores de 147.12m de longitud y 6.00m de ancho de vía.
- Jirón Los Celajes primera cuadra de 180.00m de longitud y 7.60m de ancho de vía.
- Jirón Los Celajes segunda cuadra de 173.00m de longitud y 12.10m de ancho de vía.
- Jirón Los Girasoles primera cuadra de 183.00m y 9.50m de ancho de vía, y la segunda cuadra de esta misma vía tiene 183.30m lineales y 8.10m de ancho; en la segunda cuadra desde la progresiva Km00+Est.16+8.30 tiene pendiente acentuado de 53.26% en una longitud de 14.70m.
- Pasaje Universitario de 182.14m de longitud y 6.00m de ancho de vía, existe pendiente acentuado de 41.19% desde la progresiva Km00+Est.17+2.84 de 9.30m.
- Jirón Las Palmeras primera cuadra de 173.30m de longitud y 12.60m de ancho de vía.
- Jirón Las Palmeras segunda cuadra de 168.00m de longitud y 13.40m de ancho de vía. Jirón Las Palmeras ramal de 72.90m de longitud y 8.10m de ancho de vía.
- Avenida Malinas, considerada como la vía principal de la unidad vecinal Pochccota con una longitud de 483.44m y 12.60m de ancho de vía.

### **3.7.2 Levantamiento topográfico de la zona en estudio**

El trabajo de campo se realizó en la unidad vecinal Pochccota, provincia de Andahuaylas— departamento de Apurímac.

El Expediente Técnico “Mejoramiento de las Principales Vías UU.VV. Pochccota – Andahuaylas”, se dio por inicio en la intersección de la Avenida Los Cedros con jirón Los Zorzales primera cuadra. En el mencionado lugar se dejó marcado el Km. 00 en la pared de una vivienda ubicada al lado izquierdo de jirón Los Zorzales.

Previo al inicio de los trabajos de levantamiento topográfico de la unidad vecinal Pochccota, se ejecutó un levantamiento topográfico con estación total electrónica con base en el BM ubicado en la intersección del jirón Los Celajes y el jirón Los Girasoles, BM utilizado por la empresa constructora de la carretera Andahuaylas-Ayacucho, que fue denominado como JN 105, donde se indica una altitud de 2,918.284 m.s.n.m.

Desde este BM, mediante un proceso de nivelación se verificó la altitud del BM<sub>1</sub> situado sobre el estribo Izquierdo del puente colonial sobre el rio Chumbao a la altura de jirón Los Celajes, cuya altitud resultante es 2,915.00 m.s.n.m., y el BM<sub>2</sub> en la intersección de avenida Malinas y el jirón Los Zorzales que cuya altitud resulta a 2,923.836 m.s.n.m.



Al iniciar las operaciones de campo, previamente se realizó el reconocimiento de campo, para luego proceder con el levantamiento topográfico de cada una de las arterias a intervenir, estableciéndose los BM<sub>s</sub> en los lugares más apropiados (construcción de hitos de concreto), ubicación de detalles, obras de arte y niveles de tapa y fondo de Buzones (se procedió a excavar en la mayoría de casos para ubicar la tapa de buzones), ubicación de estructuras de vivienda, postes de luz, teléfono y postes de alta tensión.

Como metodología de trabajo se levantó una poligonal abierta con inicio en la intersección de avenida Malinas y jirón Los Zorzales, monumentado de BMs con nivel óptico, referido al BM oficial, y se culminó en la intersección de jirón Las Palmeras y avenida Los Libertadores.

El equipo logístico utilizado para el levantamiento topográfico, fue la siguiente:

- 01 Estación Total Topcon
- 01 Nivel de Ingeniero Topcon Automático
- 01 camionetas 4 x 4
- 02 Prismas
- 01 Equipo de Radio
- 01 Mira
- 01 Ingeniero
- 01 Topógrafo
- 03 Ayudantes

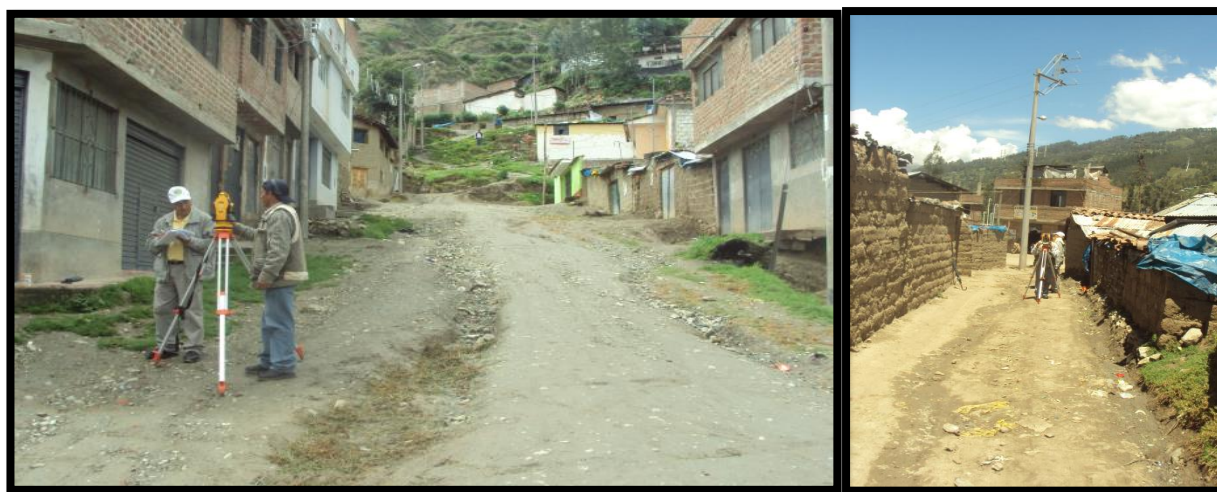
La monumentación de los puntos de control situados en el área de estudio, fueron ubicados en lugares estratégicas para facilitar su uso en la ubicación de las futuras estructuras planificadas por el estudio.

Como precisión planimétrica, por los equipos utilizados, se debe afirmar en cuanto a ángulos es de 2 segundos y en longitud es de 1/12000, que permiten calcular coordenadas en el sistema elegido, con un error de llegada por sector de 0.012m en el norte y de 0.036m en el este, esta abertura ha sido compensada en el mismo equipo utilizando el método de los mínimos cuadrados, reduciendo así el error de llegada por cada tramo observado.

Como parte de los cálculos de gabinete, la información recepcionada de la Estación Total en campo, fue procesada en gabinete, para lo cual se utilizó el software Topcon CTS 3005, para procesamiento y ajuste de datos, de esta forma se obtuvo las coordenadas geodésicas para luego transformar en coordenadas UTM.

En conclusión, se debe afirmar que la precisión obtenida es alta, por tanto, se recomienda el uso de las coordenadas. El dato proporcionado con respecto a la precisión altimétrica por la estación total, es el mismo rango de precisión indicada para la precisión planimétrica.

Figura 3: Levantamiento topográfico de Jr. Los Codornices y pasaje Universitario respectivamente.



Fuente: Propia.

### **3.7.3 Estudio de tráfico y análisis de capacidad de la vía por carril de diseño.**

Se ha efectuado tareas de conteo y clasificación de tráfico vehicular, la misma que ha comprendido en realizar el conteo durante las veinticuatro horas por un período de siete días consecutivos; igualmente se ha realizado encuestas de origen y destino (aquel tránsito existente en otras vías de transporte como rutas alternas) y pesos por eje de vehículos de carga que transitan por la vía.

Como el punto de conteo vehicular se estableció en avenida Malinas, considerado como la vía principal y el de más tránsito en la unidad vecinal de Pochccota. Para las labores de encuestas de origen, destino y pesos de ejes se ha ubicado la avenida Los Zorzales primera cuadra.

Una vez consolidado el conteo de los siete días de la semana, el aforo vehicular obtenido se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla 1: Conteo vehicular realizado

MEDIO DE TRANSPORTE	DOMINGO	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	TRAFICO SEMANAL
Automóviles, Station Wagon y Camionetas	68	55	52	61	58	53	57	404
Camioneta rural (Combi)	35	32	18	22	29	28	33	197
Omnibus (B2)	18	15	11	21	25	20	16	126
Omnibus (B3-1)	10	9	4	4	4	2	4	37
Camión 2 ejes (C2)	11	8	4	5	2	1	0	31
Camión 3 ejes (C3)	8	5	6	4	5	4	3	35
Semi trayler T2S1 ó 2S1	1	2	2	1	1	3	3	13
<b>TOTAL</b>	151	126	97	118	124	111	116	<b>843</b>

Fuente: Municipalidad de Andahuaylas.

Efectuado el análisis correspondiente, el Transito Promedio Diario Semanal (TPDS) es igual a 120 vehículos, mientras el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) es de 133 vehículos en avenida Malinas.

Por otro lado, para el cálculo del Tránsito Diario Inicial (TDI) para cada vehículo, se considera el tránsito promedio diario de vehículos que pasan durante el primer año, es decir el tránsito promedio diario anual (TPDA), que será igual a la sumatoria del tránsito normalmente existente, el tránsito atraído y el generado.

Tabla 2: Tránsito normalmente existente, el tránsito atraído y el generado.

MEDIO DE TRANSPORTE	TPDA	TRANSITO GENERADO (7,5%)	TRANSITO ATRAIDO (4%)	TDI
Automóviles, Station Wagon y Camionetas	63.54	3.18	2.54	69.26
Camioneta rural (Combi)	30.98	1.55	1.24	33.77
Omnibus (B2)	19.82	0.99	0.79	21.60
Omnibus (B3-1)	5.82	0.29	0.23	6.34
Camión 2 ejes (C2)	4.88	0.24	0.20	5.31
Camión 3 ejes (C3)	5.50	0.28	0.22	6.00
Semi trayler T2S1 ó 2S1	2.04	0.10	0.08	2.23
<b>TOTAL</b>	<b>133</b>	<b>7</b>	<b>5.30</b>	<b>145</b>

Fuente: Municipalidad de Andahuaylas.

Como resultado, el IMD es igual a 145.

Para el cálculo de Tránsito Diario Inicial para el carril de diseño, es aquel tránsito que se espera que pase o circule con mayor volumen los vehículos pesados.

En las vías de dos carriles, el carril de diseño puede ser cualquiera de los dos, puede darse el caso en que más camiones transiten en una dirección que en la otra, entonces lo que se debe tener en cuenta al determinar el volumen de tránsito es el más crítico. Es decir, el carril que recibe el servicio más severo. De acuerdo al conteo de vehículos realizado en campo se determina que el % de camiones en el carril de diseño es de 50% del total en avenida Malinas y se muestra los cálculos en el siguiente cuadro.

Tabla 3: Cálculo del TDI

MEDIO DE TRANSPORTE	TDI	TDI*F.P	TDI*0,50
Automóviles, Station Wagon y Camionetas	69.26	105.28	53
Camioneta rural (Combi)	33.77	51.34	26
Omnibus (B2)	21.60	32.84	16
Omnibus (B3-1)	6.34	9.64	5
Camión 2 ejes (C2)	5.31	8.08	4
Camión 3 ejes (C3)	6.00	9.12	5
Semi trayler T2S1 ó 2S1	2.23	3.39	2
<b>TOTAL</b>	<b>145</b>	<b>220</b>	<b>110</b>

Fuente: Municipalidad de Andahuaylas.

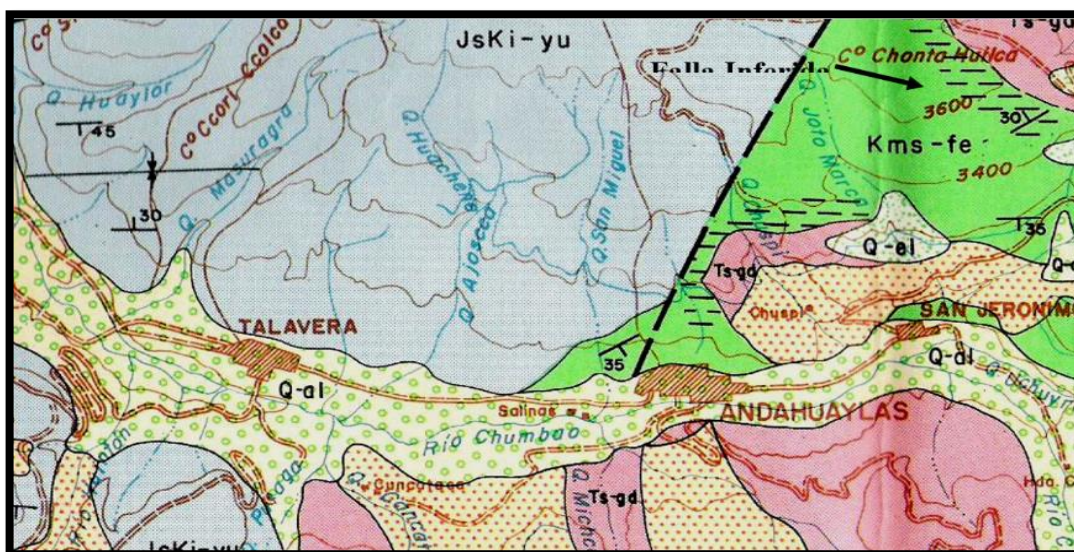
Por tanto, en la Estratigrafía de Tráfico para el número de repeticiones por día, para vehículos EJES TANDEM de 16 y 18 toneladas será igual a 5.

### 3.7.4 Estudio de suelos y geotecnia

#### Estudio geomorfológico de Andahuaylas

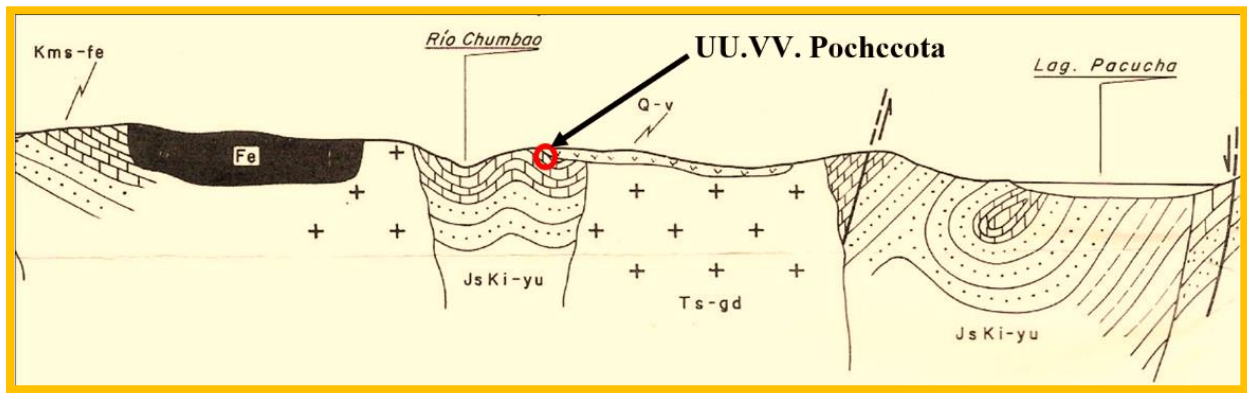
Es necesario echar una vista general el mapa geológico del valle del Chumbao y apreciar la ubicación de la ciudad de Andahuaylas y la zona en estudio (unidad vecinal de Pochccota), considerando que está situado en la zona urbana de la ciudad y al margen derecha del río Chumbao; lugar donde se aprecia el depósito fluvio aluvial del río Chumbao en el mapa. Igualmente se puede observar la ubicación de la cantera Chuspi, una de las canteras principales de Andahuaylas, que fue determinado para abastecer de material de base al proyecto.

Figura 4: Plano geomorfológico de la provincia de Andahuaylas.



Fuente: IGN.

Figura 5: Sección Geológica Estratigráfica.



Fuente: Propia.

La sección geológica estratigráfica que se observa en la figura pertenece a la ubicación del proyecto en estudio, donde se puede confirmar que se ubica muy próximo al margen derecha del cauce del río Chumbao. Además, en el seccionamiento del mapa geológico de Andahuaylas, se observa con mucha claridad los plegamientos que forman el valle y las intrusiones volcánicas que flanquean la formación de la mina Ferrobamba (Kms-fe) y que probablemente son las que alimentan de clastos para los depósitos aluviales que conforman la plataforma toda esta zona.

### Unidades geomorfológicas.

**Cerros escarpados:** Es una unidad que se encuentra al sur del área de estudio y es caracterizada por tener pendientes abruptas entre 70 y 80%. En esta geoforma se dan los procesos de captación del agua de lluvia, por lo que cumple la función de una cuenca de recepción del agua que fluirá por las cárcavas.



**Cárcavas:** Son geoformas originadas por la erosión hídrica, por allí discurre el agua en épocas lluviosas. Las cárcavas observadas en la zona, alcanzan los 15m aproximadamente.

**Conoide de depósito de flujos de barro I:** Depósitos formados en épocas pasadas, cuando la incidencia de lluvias era mayor en comparación con los actuales niveles, en el área de estudio los flujos de barro se deslizaron quebrada abajo y formaron un conoide que superficialmente tienen forma de abanico.

**Conoide de depósitos de flujo de barro II:** Son depósitos formados por erosión del flujo de barro antiguo I, esta erosión formó las cárcavas y esos materiales fueron depositados al pie de éstas a manera de pequeños conos.

**Grietas y Cavernas de Disolución:** Las rocas por acción de las aguas de las lluvias o escorrentías tienden a disolverse formando grietas y cavernas de diversas dimensiones, pudiendo alcanzar hasta los 4m. Algunas de estas grietas corren en forma transversal a las cárcavas en la zona.

### **Geología general**

Haciendo un recuento de la estratigrafía del suelo del área donde se asentarán las obras que competen al proyecto “Mejoramiento de las Principales Vías UU.VV. Pochccota – Andahuaylas”, se tiene lo siguiente:

### **Depósitos Fluviales (Q-fl)**

Ubicado en las partes altas (cumbres y colinas), fruto del intemperismo y meteorización de las rocas granodioríticas, así como depósitos glaciáricos y fluvio-glaciáricos eluviados posteriormente. La capa de suelos eluviales es muy pequeña (menores a 50cm. en promedio); asimismo la superficie de roca alterada es pequeña en las zonas positivas de la topografía (menores a un metro); mientras que, en la topografía negativa, esta capa podría ser mayor a un metro, debido a la actividad del agua subterránea en los diferentes lodazales.

### **Depósitos aluviales (Q-al)**

Constituyen sedimentitas fluvioaluviales semiconsolidadas a inconsolidadas, que han sido depositadas desde el Pleistoceno superior hasta inicios del Holoceno. Las acumulaciones de estas secuencias se desarrollaron en un ambiente de dinámica fluvial bastante activa, relacionada siempre a las fluctuaciones de los lechos de los ríos y a los procesos de inundación, que en terrenos depresionados dejaban indicios de sedimentos fluvio-lacustres, que está constituida por acumulaciones de materiales finos como arenas, limos y arcillas, no consolidadas a ligeramente consolidadas.

### **Depósitos Morrénicos (Q-mo)**

Los depósitos morrénicos se derivan del arrastre originado por el movimiento de un glaciar, el material de estos depósitos generalmente es material de fragmentos de roca, de formas subangulosas a angulosas con matriz limo arenoso y arcilloso.

### **Grupo Yura (JsKi-yu)**

Este grupo está compuesto por areniscas cuarzosas, de tonalidades blanquecinas a marrones, de grano fino a medio, duras a muy duras, poco alteradas y moderadamente fracturadas y plegadas. El eje de plegamiento se propaga con dirección NO -SE. A las cuarcitas Yura se les asigna la edad Jurásica Superior.

### **Grupo Mitu (Pms-mi)**

El grupo Mitu son depósitos Continentales rojos compuestos por areniscas de grano grueso y lutitas arenosas rojas, conglomerados, feldespáticas brunáceas con bancos andesíticos.

El Grupo Mitu (palabra quechua que significa barro) está conformado por lutitas que se transforman en barro rojo por acción de la lluvia. Por la ausencia de fósiles, la edad del grupo Mitu sólo se puede afirmar por relación estratigráfica en la zona.

### **Geodinámica externa**

De acuerdo a las condiciones climatológicas que existen en la unidad vecinal Pochccota, podrían darse los siguientes fenómenos:

Flujos de barro y torrenteras: La ocurrencia de lluvias torrenciales excepcionales de gran magnitud, podrían formar flujos de barro por lavado de los cerros y removilización de los depósitos de lodo y barro existentes, bajando estos flujos pueden causar daño en las estructuras especialmente de drenaje. Pero estos fenómenos sólo son de carácter excepcional, lo que va a ocurrir frecuentemente es la escorrentía de aguas por los canales formados en las épocas de lluvia y obras de drenaje proyectados.

Grietas y cavernas de disolución: Las aguas corren generalmente por fracturas o fallas o alguna superficie de discontinuidad y poco a poco va horadando las rocas y en parte esta disolución vuelve a redepositarse en otro lugar; pero, lo que al final podemos tener es cavernas y grietas que pueden causar daños o inestabilidad a obras que se construyan sobre ellas.

Deslizamiento y hundimientos de suelos y rocas: Estos procesos pueden generarse por acción de la meteorización y erosión, principalmente por el proceso de disolución, el cual con el correr de los años puede ocasionar que los bloques expuestos se deslicen. Asimismo, podría ocurrir pequeños hundimientos debido a la formación de cavernas. En cuanto a deslizamiento y hundimientos de suelos y rocas, es poco probable que esto ocurra, ya que estos fenómenos ocurren en varias decenas y/o centenas de años. Actualmente, las evidencias del campo indican estabilidad del área. Del reconocimiento efectuado se concluye que la geodinámica externa en el área de estudio presenta riesgo moderado de posibles filtraciones superficiales y sub-superficiales. De lo observado a la fecha de la visita a la zona, no se prevé la ocurrencia de fenómenos de geodinámica externa, como deslizamiento del tipo rotacional, derrumbes, huaycos, etc.; que puedan afectar la estabilidad de las construcciones consideradas para este proyecto. Además, por sus características geomorfológicas, presenta un relieve estable de laderas con pendiente suave.

### **Clasificación de suelos con fines de excavación**

#### **“Suelo normal”**

Es aquel terreno suelto, consolidado o compactado que puede ser excavado a pulso o con excavadoras; este grupo está formado por piedra (3” a 6”), grava (1/4”- 3”), arena, limo, arcilla o combinación de estos suelos.

Suelos cuya característica es de Cohesivo y se ubica próximo a las faldas del cerro y a granular en las proximidades al lecho del Rio Chumbao. Tal como se detallan en cada uno de los resultados de los ensayos de laboratorio adjuntados al presente Informe.

### **“Suelo semirocoso”**

Es aquel que está constituido por roca descompuesta o terreno con bolonería y bloques menores y se precisa a continuación:

**Roca descompuesta:** Es aquel terreno constituido por roca fracturada que para su extracción no requiere del uso de explosivos o procedimientos especiales de excavación.

**Suelo con bolonería y bloques menores:** Es aquel terreno con presencia significativa (más del 33%) de bolonería (6” a 12”) y/o bloques o fragmentos de roca de tamaño entre 30 y 75cm.

**Roca:** Es el terreno rocoso o aquel que contiene bloques mayores, como se precisa a continuación:

**Terreno rocoso:** Es aquel terreno constituido por roca sana que para su extracción requiere uso de explosivos o procedimientos especiales de excavación.

**Terreno con bloques mayores:** Es aquel terreno con presencia de bloques o fragmentos de roca mayores a 75cm.

### **Trabajo de investigación de campo**

### **Reconocimiento de terreno y exploración**

El trabajo de campo radicó en el reconocimiento de terreno de la unidad vecinal Pochccota, además de las áreas circundantes a este para determinar el tipo de exploración a realizar, así como el número de excavaciones. Una vez efectuado el reconocimiento de terreno, se determinó que el área en estudio se ubica dentro de la zona periférica pero urbana de la ciudad de Andahuaylas; para determinar el programa de exploración, se ha verificado las Condiciones de frontera establecidas en el Reglamento Nacional de Edificaciones (R.N.E.)

### **Aplicación del programa de exploración**

Para cumplir a satisfacción los fines propuestos, se realizaron los siguientes trabajos:

## **Exploración de calicatas**

Con la finalidad de identificar y realizar la evaluación geotécnica del suelo de cimentación existente, se llevó a cabo un programa de exploración de campo, excavación de 10 calicatas y recolección de muestras para ser ensayadas en el laboratorio.

C-1: Jirón Los Zorzales

C-2: Jirón Los Zorzales (segunda cuadra)

C-3: Jirón Los Cactus

C-4: Jirón Los Sauces

C-5: Jirón Los Manzanos

C-6: Jirón Las Gaviotas

C-7: Avenida Malinas

C-8: Jirón Los Celajes

C-9: Jirón Las Palmeras

C-10: Jirón Los Girasoles



Figura 6: Se observa C-02 ubicado en Jr. Los Zorzales y C-07 en Av. Malinas; el proceso de excavación y extracción de muestras.



Fuente: Propia.

#### Nivel de la napa friática

A pesar que las exploraciones se efectuaron a 1.20m de profundidad en las calicatas, se buscó ubicar la Napa Friática a profundidades de hasta 1.50m en lugares apropiados de manera excepcional y no se encontró.

Tabla 4: Nivel de napa freática

<b>N°</b>	<b>UBICACIÓN</b>	<b>PROFUNDIDAD (m)</b>	<b>NIVEL DE N.F. (m)</b>
C-01	Jirón Los Zorzales	1.20	NS
C-02	Jirón Los Zorzales	1.20	NS
C-03	Jirón Los Cactus	1.20	NS
C-04	Jirón Los Sauces	1.20	NS
C-05	Jirón Los Manzanos	1.20	NS
C-06	Jirón Las Gaviotas	1.20	NS
C-07	Avenida Malinas	1.20	NS
C-08	Jirón Los Celajes	1.20	NS
C-09	Jirón Las Palmeras	1.20	NS
C-10	Jirón Los Girasoles	1.20	NS

Fuente: Elaboración propia.

### **Profundidad de las exploraciones**

Las recomendaciones para este de proyecciones nos indican que es suficiente efectuar investigaciones del comportamiento de los suelos hasta una profundidad de 1.20 m por debajo de la rasante del proyecto.

En el presente estudio, considerando que se trata de vías en un sector periférico de Andahuaylas pero dentro de la zona urbana de la ciudad, recoge las recomendaciones indicadas líneas arriba; además, se hace la aclaración que para el presente caso se emplea el vehículo estándar de diseño del pavimento (EAL), que es el vehículo más pesado que transitaría con un número de repeticiones en el pavimento; sin dejar de lado, a aquel vehículo que eventualmente podría ingresar a la vía aunque sea por única vez, considerando la condición más crítica de la vía en ese momento.

### **Extracción de muestras**

Paralelamente al muestreo se realizó el registro de exploraciones, en los que se detallaron las diferentes características de los estratos subyacentes, tales como tipo de suelo, espesor del estrato, color, humedad, plasticidad, consistencia y/o compacidad, gradación, etc.

En cada calicata se registró el perfil estratigráfico del suelo de cimentación, clasificándolo visualmente los materiales mediante el procedimiento de campo, establecido por el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.). Cuando se detectó la presencia de cambios en las características de los materiales encontrados en el proceso de excavación, se tomó una muestra representativa para la evaluación e identificación correspondiente, considerando el TDR y la Indicación de tomar 05 muestras cada Km o una cada 200 m.

Sobre la base de la clasificación visual de los suelos, se elaboró un perfil estratigráfico preliminar del tramo, el cual permitió determinar secciones de características similares, determinándose puntos representativos generales y puntos específicos, los generales se utilizaron para determinar las características de los suelos predominantes y similares en las calicatas escogidas, y los específicos para determinar las características mecánicas de los suelos.

### **Registro de exploraciones**

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

### **Características específicas del proyecto**

### **Obras a desarrollarse en el proyecto**

Se considera la pavimentación de pistas (superficie de rodadura para vehículos), construcción de veredas y graderías peatonales, cunetas, obras de evacuación de aguas pluviales con sus respectivas Instalaciones y obras de drenaje.

## **Obras de prevención**

De acuerdo al estudio de la Geodinámica Externa efectuado, un probable evento que podría ocurrir en el tiempo son las filtraciones superficiales y sub-superficiales de agua, originadas por lluvias persistentes sobre la falda de las formaciones orogénicas. Para lo cual se prevé la construcción de una red de alcantarillado y cunetas de recolección de aguas superficiales que descarguen a las alcantarillas de concreto a ser construidas en el presente proyecto.

## **Ensayos de laboratorio**

### **Ensayos estándar**

A las muestras obtenidas, se les ha ejecutado los ensayos estándar para la clasificación, así mismo se realizaron ensayos especiales para verificar las características mecánicas del suelo.

Los resultados parciales de los ensayos de laboratorio se presentan en el anexo correspondiente.

Será importante indicar que todos los ensayos se realizaron en estricto cumplimiento de las normas:

Tabla 5: Ensayo de Características Físicas del Suelo

Ensayo Granulométrico por Tamizado	AASHTO T 88	ASTM D 422	MTC E 107
Límite Líquido	AASHTO T 89	ASTM D 4318	MTC E 110
Límite Plástico	AASHTO T 90	ASTM D 4318	MTC E 111
Contenido de Humedad		ASTM D 2216	NTP 339.127

Fuente: Propia.

Tabla 6: Ensayo de Características Químicas del Suelo

Potencial de Hidrógeno (pH).		ASTM D 4972	MTC E 129
Sales Solubles Totales (ppm)			NTP 339.152
Cloruros Solubles (Cl-) (ppm)	AASHTO T 291		NTP 339.177
Sulfatos Solubles (SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> ) (ppm)	AASHTO T 290		NTP 339.178

Fuente: Propia.

## Resumen de resultados de ensayos en laboratorio

Los resultados obtenidos de las observaciones de campo, así como de los ensayos de laboratorio efectuados en los suelos analizados, son presentados en el anexo respectivo.

El siguiente cuadro, presentan los resultados de ensayos realizados en laboratorio de manera resumida, efectuadas a las muestras obtenidas en campo, del terreno donde se proyectan el mejoramiento de las obras viales.

Tabla 7: Resumen de los resultados de ensayos realizados en laboratorio

<b>CALICATA</b> <b>ENSAYO</b>	<b>C - 1</b>	<b>C - 2</b>	<b>C - 3</b>	<b>C - 4</b>	<b>C - 5</b>	<b>C - 6</b>	<b>C - 7</b>	<b>C - 8</b>	<b>C - 9</b>	<b>C - 10</b>
LL (%)	NP	29.00	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	25.20
LP (%)	NP	23.50	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	23.10
IP (%)	NP	5.50	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	2.10
Densidad Máx. (kg/cm <sup>2</sup> )	1.97	1.84	1.99	1.96	2.10	2.11	1.96	1.93	2.15	1.81
Humedad óptima (%)	9.32	13.82	10.27	11.51	11.42	9.24	10.66	10.84	8.12	13.94
CBR (%)	32.90	11.13	35.10	36.70	37.20	35.50	33.50	32.80	39.10	15.40
Clasificación SUCS	SM	ML	SM	SM	SM	SM	SM	SM	GM	ML
Granulometría (N° 200)	18.29	66.90	22.81	27.19	17.93	18.99	36.31	31.68	25.48	63.84

Fuente: Propia.

Resumen de la relación de Soporte de California (CBR) encontrados en laboratorio, para las distintas investigaciones efectuados son las siguientes:

- C-1: = 32.90%
- C-2: = 11.13%
- C-3: = 35.10%
- C-4: = 36.70%
- C-5: = 37.20%
- C-6: = 35.50%
- C-7: = 33.50%
- C-8: = 32.80%
- C-9: = 39.10%
- C-10: = 15.40%

Considerando que el valor de la relación de Soporte de California (CBR), tendrá los siguientes rangos:



Tabla 8: Clasificación general de acuerdo al valor de CBR

VALOR DE CBR	CLASIFICACIÓN GENERAL
< 15%	Suelos muy malos
16% a 25%	Suelos malos
26% a 50%	Suelos regulares
51% a 75%	Suelos buenos
76% a 100%	Suelos muy buenos

Fuente: Propia.

### Clasificación del suelo encontrado

Con el resultado obtenido de los ensayos de laboratorio, se confeccionó la clasificación de los tipos de suelo que se encontraron en el terreno en la etapa de exploración, de acuerdo a su textura y características principales y son:

Los suelos del tipo **ML** tienen las siguientes descripciones: Limo inorgánico, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos.

El suelo **ML** encontrado en el Jr. Los Zorzales y Jr. Los Girasoles tienen características físico-mecánicas malas, los cuales deberán de ser tratados adecuadamente.

Los suelos **GM** encontrado en Jr. Las Palmeras tiene características de de suelo grava limosa, mezclas mal graduadas de grava, arena y limo, con mejores características físico mecánicas.

Los suelos encontrados en las otras calicatas son **SM** (arenas limosas, mezclas de arena y limo mal graduadas), las cuales tienen mejores características físico mecánicas.

### **Características químicas de los suelos**

A partir de la definición de tipos de suelos se ha logrado efectuar la caracterización de los suelos para las vías del área en investigación.

Con la finalidad de conocer las características químicas de los tipos de suelos encontrados, se consideró los valores del análisis de los suelos y los resultados químicos de los suelos: Sulfatos, Cloruros, Sales Solubles Totales y pH; se puede afirmar que los suelos no son agresivos al concreto ni al acero de refuerzo; en consecuencia, se determina que no existe agresividad del suelo.

## **Perfil estratigráfico del suelo**

Con los trabajos de campo, ensayos de laboratorio y la inspección visual realizada, se elaboraron el perfil estratigráfico de toda el área en donde se desarrollará el proyecto “Mejoramiento de las Principales Vías UU.VV. Pochccota – Andahuaylas”, se define que el suelo es de origen aluvional, existiendo superficialmente material de relleno contaminado, subyacen capas de arenas limosas en profundidades mayores a 1.5m en proximidades al cauce del río Chumbao, igualmente se identifica suelo con presencia de gravas con cantos rodados de distinto diámetro.

### **3.7.5 Estudio de canteras y fuentes de agua**

#### **Estudio de canteras**

El análisis de las canteras es de suma importancia porque permite localizar y clasificar el material de préstamo a emplearse en la conformación de la estructura del pavimento (pistas y veredas) y obras de drenaje. El objetivo de precisar los bancos de material de préstamo se realiza para detectar los volúmenes que satisfagan la demanda del proyecto y que cumplan con las especificaciones técnicas requeridas.

Figura 7: El material es removido en la cantera Chuspi (material de base).



Fuente: Propia.

### **Estudio de fuentes de agua**

Otro de los factores importantes es determinar las fuentes de agua para la preparación del concreto, en el lugar no existe fuentes de agua limpia que cumplan con las Especificaciones Técnicas, sino el único canal que cruza junto al almacén de la Gerencia Sub Regional Chanka Andahuaylas; en vista que los cursos de agua naturales como el rio Chumbao y canales próximos al proyecto presentan turbiedad, mal olor y notablemente inapropiados para la preparación de la mezcla de concreto.

Figura 8: Muestreo de agua para la compactación y preparación de concreto, presenta claridad en cauce.



Fuente: Propia.

El agua a utilizar en la elaboración del concreto, en concordancia con la Norma E. 060 Concreto Armado del Reglamento Nacional de Edificaciones, no debe exceder valores máximos admisibles de sustancias, según el siguiente cuadro:

Tabla 9: Valores máximos admisibles de sustancias

SUSTANCIA	CANTIDAD	UNIDADES
Cloruros	300	mg / l
Sulfatos	300	mg / l
Sales solubles totales	1500	mg / l
PH	10.5	---
Sólidos en suspensión	1000	mg / l
Materia orgánica	10	mg / l

Fuente: Propia.

## **Problemas especiales de la cimentación**

### **Licuefacción de los suelos**

En aplicación de la metodología establecida en la Norma Técnica E.050 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), el fenómeno denominado licuación de suelos (pérdida momentánea de la resistencia al corte del suelo), estos fenómenos se presentan en suelos granulares finos ubicados bajo la napa freática y algunos suelos cohesivos. Los suelos de la zona están constituidos en su mayoría por arcillas de baja y mediana plasticidad (CL), arena arcillosa (SC), gravas bien y mal graduadas y gravas con limos (GW-GP), GM; etc. El contenido de humedad, sin la presencia de napa freática alguna, consiguientemente, los suelos de la zona en estudio no presentan el fenómeno de licuefacción.

### **Tablaestacas**

Realizar estas labores no serán necesarias en el proyecto, puesto que los suelos predominantes de la zona son arcillas de baja y media plasticidad (CL) y arena arcillosa y presencia de gravas las excavaciones proyectadas, son del tipo superficial, menores a 2m. Para el caso de excavación de buzones para de evacuación de aguas pluviales.

## Resultados de ensayos de laboratorio de suelos

Tabla 10: Ensayo granulométrico

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES GRANULOMETRICO POR TAMIZADO MTC E107-2000				
PROYECTO	MEJORAMIENTO DE LAS PRINCIPALES VIAS DE LA UNIDAD VECINAL DE POCHCCOTA DEL DISTRITO DE ANDAHUAYLAS, PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS - APURIMAC			
UBICACION	UNIDAD VECINAL DE POCHCCOTA, DEL DISTRITO Y PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS, REGION APURIMAC			
MUESTRA	JR. LOS ZORZALES, CALICATA C-1			
SOLICITANTE	MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE ANDAHUAYLAS			
FECHA	Andahuaylas, Enero del 2012			
TAMAÑO DE TAMIZES		Gr	%	%
(Pulg.)	(mm.)	RETENIDO	RETENIDO	PASA
4"	101,60	0	0	100
2"	50,80	0	0,0	100
1 1/2"	38,10	0	0,0	100
1"	25,40	0	0,0	100
3/4"	19,10	57	7,7	92
1/2"	12,70	0	0,0	92
3/8"	9,52	44	6,0	86
Nº 4	4,76	36	4,9	81
Nº 10	2,00	153	20,7	61
Nº 40	0,43	179	24,3	36
Nº 50	0,30	68	9,2	27
Nº 100	0,15	51	6,9	20
Nº 200	0,07	15	2,0	18
-200		135	18,3	0
TOTAL :		738	100	

**CURVA GRANULOMETRICA**

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS				DATOS PARA CLASIFICACION	
SUELO DE GRANO GRUESO, MAS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA Nº 200	GRAVA Y SUELO GRAVOSO, más del 50% retiene malla Nº 4	GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos	RETIENE Nº	19
	ARENA Y SUELO ARENOSO, más del 50% pasa malla Nº 4	GP	Gravas mal graduadas, mezcla de grava y arena con poco o nada de finos	PASA Nº 4	81,44
		GM	Gravas Limosas, mezclas de grava, arena y limo	PASA Nº 10	60,70
		GC	Gravas Arcillosas, mezclas de grava, arena y arcilla	PASA Nº 40	36,45
SUELO DE GRANO FINO, 50% O MAS PASA LA MALLA Nº 200	LIMOS Y ARCILLAS (LL < 50)	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava con poco o nada de finos	PASA Nº 200	18,29
		SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava con poco o nada de finos	D10	
	LIMOS Y ARCILLAS (LL > 50)	SM	Arenas Limosas, mezcla de arena y limo	D30	
		SC	Arenas Arcillosas, mezcla de arena y arcilla	D60	
Altamente Orgánico	LIMOS Y ARCILLAS (LL < 50)	ML	Limo Inorgánicos, polvo de roca, limo arenosos, o arcillosos ligeramente plásticos	Cu	
		CL	Arcillas Inorgánicas de baja plasticidad, arcillas con grava, arcillas areno-limosas	Cc	
	LIMOS Y ARCILLAS (LL > 50)	OL	Limos Orgánicos y Arcillas Limosas Orgánicas de baja plasticidad	LL (%)	
		MH	Limos Inorgánicos, Limos micáceos, o diatomizados, Limos elásticos	LP (%)	
Altamente Orgánico	LIMOS Y ARCILLAS (LL > 50)	CH	Arcillas Inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas	IP	
		OH	Arcillas Orgánicas de media a alta plasticidad, Limos orgánicos de media plasticidad		
Altamente Orgánico	Pt	Turba y otros suelos altamente orgánicos			

CLASIFICACION	
AASHTO	A-2-4
SUCS	SM

Fuente: Municipalidad de Andahuaylas.

Tabla 11: Ensayo de proctor modificado

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES PROCTOR MODIFICADO MTC E 115 - 2000																
PROYECTO	MEJORAMIENTO DE LAS PRINCIPALES VIAS DE LA UNIDAD VECINAL DE POCHCCOTA DEL DISTRITO DE ANDAHUAYLAS , PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS - APURIMAC															
UBICACION	UNIDAD VECINAL DE POCHCCOTA, DEL DISTRITO Y PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS, REGION APURIMAC															
MUESTRA	JR. LOS ZORZALES, CALICATA C-1															
SOLICITANTE	MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE ANDAHUAYLAS															
FECHA	Andahuaylas, Enero del 2012															
Peso del Molde (gr) :	3.324,00	Cajas y golpes por capa :	5x56													
Diametro del molde (Cm) :	15,30	Altura (Cm) :	11,66	Volumen (c.c.) :	2144											
<b>MOLDE No</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>											
Peso del Suelo Humedo+Molde (gr)	7420,00	7720,00	7935,00	7785,00	7565,00											
Peso del Molde (gr)	3324,00	3324,00	3324,00	3324,00	3324,00											
Peso del Suelo Humedo sin Molde (gr)	4096,00	4396,00	4611,00	4461,00	4241,00											
Volumen del Molde (Cc)	2144	2144	2144	2144	2144											
Densidad Humeda (Tn/m <sup>3</sup> )	1,91	2,05	2,15	2,08	1,98											
<b>CAPSULA No</b>	<b>1</b>		<b>2</b>		<b>3</b>		<b>4</b>		<b>5</b>							
Peso Capsula + Suelo Humedo (gr)	34,20	35,90	37,20	36,40	36,60	36,00	35,90	37,70	38,10	34,80						
Peso Capsula + Suelo Seco (gr)	32,70	34,30	35,30	34,60	34,60	34,10	33,70	35,30	35,50	32,60						
Peso Suelo Humedo (gr)	1,50	1,60	1,90	1,80	2,00	1,90	2,20	2,40	2,60	2,20						
Peso de la Capsula (gr)	13,00	13,30	13,50	13,40	13,20	13,70	13,20	13,30	13,00	13,50						
Peso Suelo Seco (gr)	19,70	21,00	21,80	21,20	21,40	20,40	20,50	22,00	22,50	19,10						
Contenido de Humedad (w)	7,61	7,62	8,72	8,49	9,35	9,31	10,73	10,91	11,56	11,52						
Contenido de Humedad real	7,62		8,60		9,33		10,82		11,54							
Densidad Seca (Tn/m <sup>3</sup> )	1,78		1,89		1,97		1,88		1,77							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>HUMEDAD OPTIMA (%)</td> <td>=</td> <td>9,33</td> </tr> <tr> <td>DENSIDAD SECA MAXIMA (Tn/m<sup>3</sup>)</td> <td>=</td> <td>1,97</td> </tr> </table>											HUMEDAD OPTIMA (%)	=	9,33	DENSIDAD SECA MAXIMA (Tn/m <sup>3</sup> )	=	1,97
HUMEDAD OPTIMA (%)	=	9,33														
DENSIDAD SECA MAXIMA (Tn/m <sup>3</sup> )	=	1,97														
<div style="text-align: center;"> <p><b>CURVA DE DENSIDAD</b></p> </div>																

Fuente: Municipalidad de Andahuaylas.

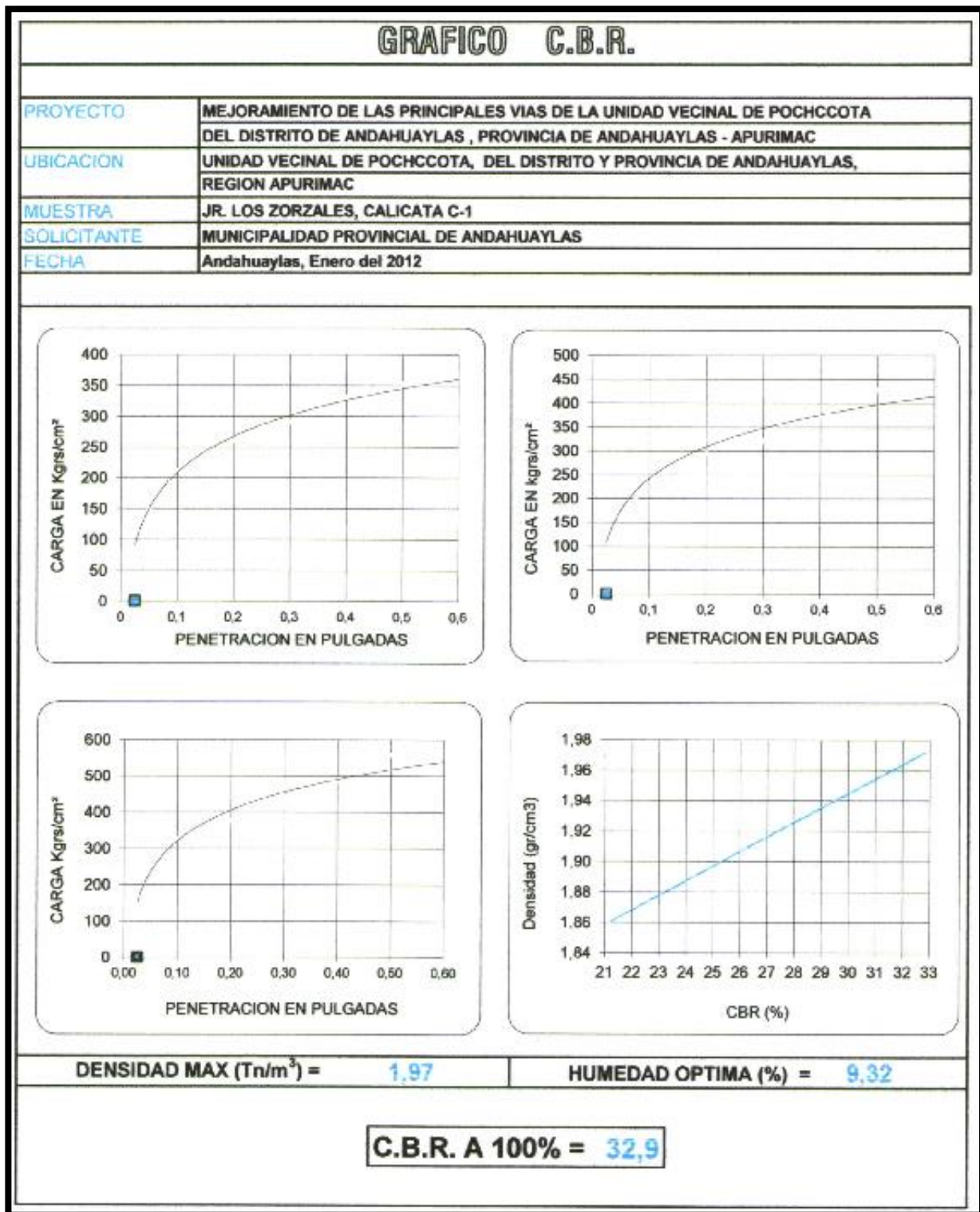


Tabla 12: Relación soporte de california (CBR)

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES												
RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR) MTC - E 132 - 2000												
PROYECTO	MEJORAMIENTO DE LAS PRINCIPALES VIAS DE LA UNIDAD VECINAL DE POCHCOTA DEL DISTRITO DE ANDAHUAYLAS , PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS - APURIMAC											
UBICACION	UNIDAD VECINAL DE POCHCOTA, DEL DISTRITO Y PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS, REGION APURIMAC											
MUESTRA	JR. LOS ZORZALES, CALICATA C-1											
SOLICITANTE	MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE ANDAHUAYLAS											
FECHA	Andahuaylas, Enero del 2012											
MOLDE N°	CN - 450 1			CN - 450 2			CN - 450 3					
N° de capas	5			5			5					
N° de golpes	12			25			56					
Condición de la muestra	SIN MOJAR		MOJADA	SIN MOJAR		MOJADA	SIN MOJAR		MOJADA			
Peso Molde + suelo Húmedo	8805		9025	9020		9150	9205		9275			
Peso del molde	4124		4124	4215		4215	4236		4236			
Peso del suelo Húmedo	4681		4901	4805		4935	4969		5039			
Volumen del suelo	2.300		2.300	2.302		2.302	2.305		2.305			
Densidad Húmeda	2,035		2,131	2,087		2,144	2,156		2,187			
% de Humedad	9,39		16,96	9,36		14,04	9,32		12,20			
Densidad Seca	1,86		1,82	1,91		1,88	1,97		1,95			
Cond. de la Muestra	SIN MOJAR		MOJADA	SIN MOJAR		MOJADA	SIN MOJAR		MOJADA			
ENVASE N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
Envase + suelo Húmedo	37,20	36,10	39,40	36,80	38,10	39,40	37,20	38,10	36,50			
Envase + suelo seco	35,20	34,10	35,60	34,80	36,00	36,20	35,20	36,00	34,00			
Peso del Agua	2,00	2,00	3,80	2,00	2,10	3,20	2,00	2,10	2,50			
Peso del envase	13,80	12,90	13,20	13,40	13,60	13,40	13,70	13,50	13,50			
Peso del suelo seco	21,40	21,20	22,40	21,40	22,40	22,80	21,50	22,50	20,50			
% de Humedad	9,35	9,43	16,96	9,35	9,38	14,04	9,30	9,33	12,20			
Promedio de Humedad	9,39			9,36			9,32					
<b>EXPANSION</b>												
MOLDE N°	CN - 450 1			CN - 450 2			CN - 450 3					
FECHA	HORA	TIEMPO	EXPANSION			EXPANSION						
			DIAL	PULG.	%	DIAL	PULG.	%	DIAL	PULG.	%	
16/01/2012	11:20	00 Hs.	0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	
17/01/2012	11:20	24 Hs.	0	0,000	0,00	0	0,000	0,00	0	0,000	0,00	
18/01/2012	11:20	48 Hs.	0	0,000	0,00	0	0,000	0,00	0	0,000	0,00	
19/01/2012	11:20	72 Hs.	1	0,001	0,02	0	0,000	0,00	0	0,000	0,00	
20/01/2012	11:20	96 Hs.	1	0,001	0,02	1	0,001	0,02	0	0,000	0,00	
<b>PENETRACION</b>												
MOLDE N°	CN - 450 1			CN - 450 2			CN - 450 3					
PENET. PULG.	CARG. STD.PSI	CARGA LB.	CORR.			CARGA LB.	CORR.			CARGA LB.	CORR.	
			LB.	PSI		LB.	LB.	PSI		LB.	LB.	PSI
0,025		286	3	95		367	3	122		502	3	167
0,050		446	3	149		500	3	167		690	3	230
0,075		558	3	186		610	3	203		865	3	288
0,100	1000	634	3	211		785	3	262		986	3	329
0,200	1500	781	3	260		890	3	297		1134	3	378
0,300	1900	874	3	291		964	3	321		1280	3	427
0,400	2300	994	3	331		1120	3	373		1467	3	489
0,500	2600	1059	3	353		1286	3	422		1624	3	561

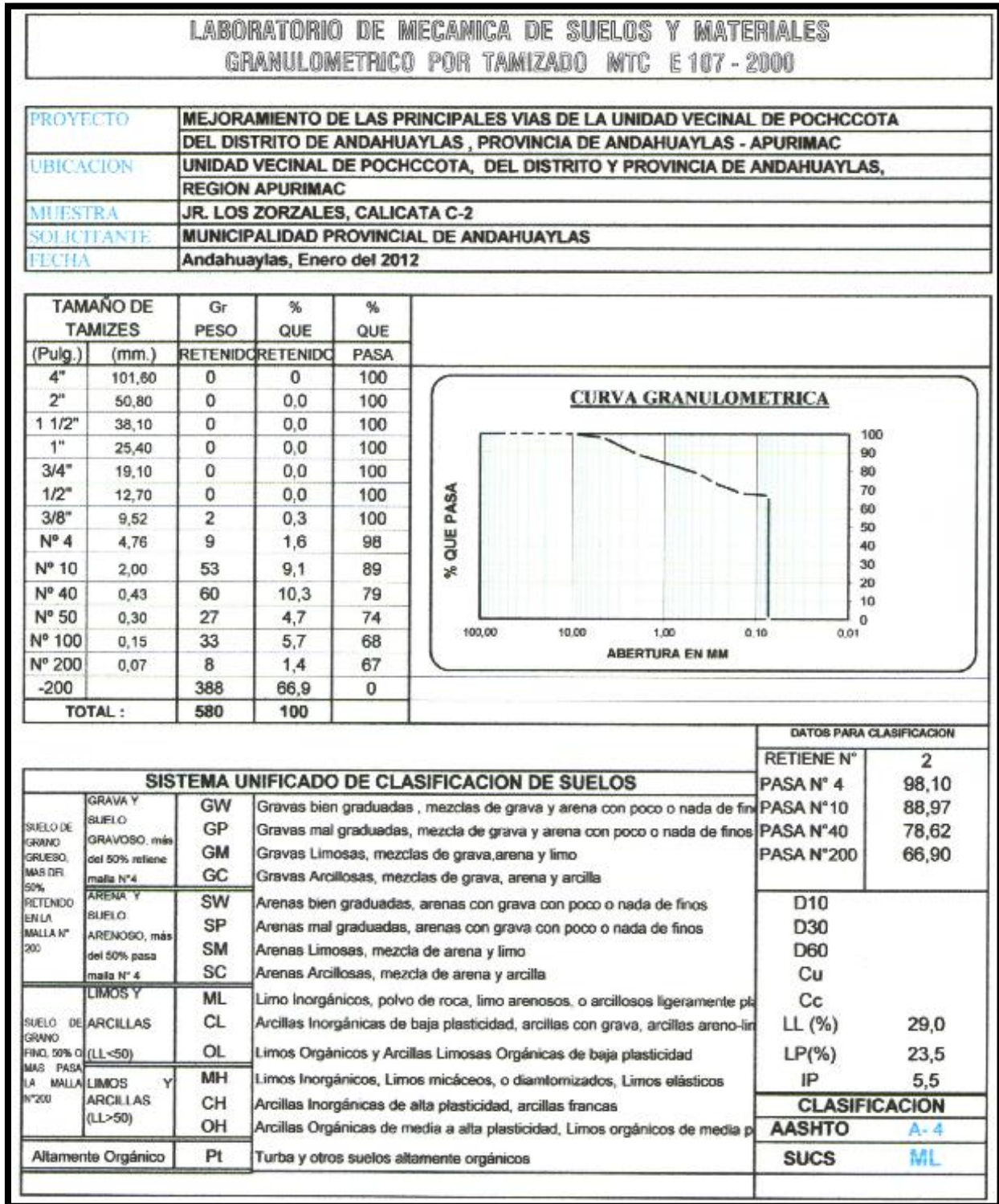
Fuente: Municipalidad de Andahuaylas.

Tabla 13: Gráfico C.B.R.



Fuente: Municipalidad de Andahuaylas.

Tabla 14: Ensayo granulométrico por tamizado



Fuente: Municipalidad de Andahuaylas.

Tabla 15: Ensayo de límites de consistencia

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES				
ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA				
PROYECTO	MEJORAMIENTO DE LAS PRINCIPALES VIAS DE LA UNIDAD VECINAL DE POCHCCOTA DEL DISTRITO DE ANDAHUAYLAS , PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS - APURIMAC			
UBICACIÓN	UNIDAD VECINAL DE POCHCCOTA, DEL DISTRITO Y PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS, REGION APURIMAC			
MUESTRA	JR. LOS ZORZALES, CALICATA C-2			
SOLICITANTE	MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE ANDAHUAYLAS			
FECHA	Andahuaylas, Enero del 2012			
LIMITE LIQUIDO MTC E 110 - 2000				
MUESTRA	1	2	3	4
Peso de la Cápsula (gr)	13,60	13,00	13,30	13,70
Peso de la Cápsula+Suelo Humedo (gr)	39,60	40,00	43,90	42,80
Peso de la Cápsula+ Suelo Seco (gr)	34,50	34,30	37,00	35,90
Número de golpes	49	30	24	16
Peso del Suelo Seco (gr)	20,90	21,30	23,70	22,20
Contenido de Humedad (w)	24,40	26,76	29,11	31,08
LIMITE PLASTICO MTC E 111 - 2000				
MUESTRA	1	2	3	
Peso de la Capsula (gr)	20,20	19,70	13,70	
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (gr)	22,30	21,80	19,50	
Peso de la Capsula+ Suelo Seco (gr)	21,90	21,40	18,40	
Peso del Suelo Seco (gr)	1,70	1,70	4,70	
Contenido de Humedad (w)	23,53	23,53	23,40	
<b>LIMITE LIQUIDO (%)</b>	<b>=</b>	<b>28,99</b>		
<b>LIMITE PLASTICO (%)</b>	<b>=</b>	<b>23,49</b>		
<b>INDICE DE PLASTICIDAD (%)</b>	<b>=</b>	<b>5,50</b>		
<p style="text-align: center;"><b>GRAFICO DE FLUIDEZ</b></p>				

Fuente: Municipalidad de Andahuaylas.

## Capítulo IV

### Resultados

#### 4.1 Diseño de pavimentos

Existen dos métodos de diseño de pavimentos de losa rígida o concreto, el de la American Association of State Highways and Transportation Officials (AASHTO) y el de la Portland Cement Association (PCA) corresponden a los métodos de diseño de espesores de pavimentos más ampliamente usados a nivel mundial. Por este motivo se ha determinado utilizar el método (PCA) para el diseño del pavimento rígido de las vías de la unidad vecinal Pochccota - Andahuaylas.

Las variables de diseño que considera el método (PCA) para pavimentos rígidos, son: Espesor, tráfico (ejes equivalentes), transferencia de carga, propiedades del concreto (módulos de ruptura y elasticidad), resistencia de la subrasante (módulo de reacción), drenaje, confiabilidad (confiabilidad y desviación estándar). En realidad, el diseño de un pavimento rígido está referido fundamentalmente a que la infraestructura debe estar capacitada para resistir los esfuerzos producidos por el tránsito y los efectos de la intemperie, y además proporcionar una superficie de rodamiento segura, cómoda y de características permanentes bajo el efecto combinado del tránsito y de los factores ambientales durante su vida útil, de manera que sólo deban ser necesarias algunas actuaciones locales y esporádicas y de bajo costo para su conservación.

## **Geotecnia de la estructura de un pavimento**

En una estructura del pavimento uno de los componentes de suma importancia es la subrasante y este será el componente que proporcionará a la vía de una superficie plana, firme y con la rugosidad necesaria para la circulación de vehículos.

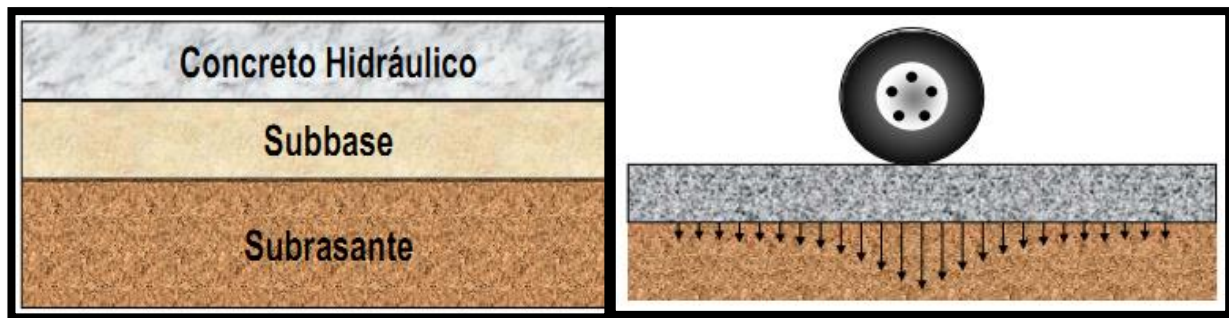
Esta superficie debe mantenerse en condiciones óptimas para soportar las cargas que le transmitirá las ruedas de los vehículos por intermedio de las capas superiores.

En la actualidad, se viene empleando dos posibilidades de pavimento en las vías de transporte para mejorar la superficie de rodadura; dependiendo de la importancia, del tipo de vía y la ubicación de la misma se podrá emplear: pavimento flexible (asfalto) y pavimento rígido (concreto).

Los pavimentos rígidos (concreto) tienen muy buenas cualidades estructurales y muchas ventajas para vías de poca longitud y en zonas urbanas como el caso de unidad vecinal de Pochccota. Para la pavimentación de tramos largos donde la velocidad directriz es mayor que en la zona urbana, se recomienda optar por pavimentos flexibles porque presentan mayores ventajas en este tipo de vías, proporcionando una superficie de mejor calidad y libre de juntas que incomodan el tránsito prolongado y más económicos.

La estructura de un pavimento rígido está conformada por distintas capas y se denominan: Losa rígida, Base, Sub-Base y Sub-Rasante.

Figura 9: Estructura de pavimentos



Fuente: Propia.

La subrasante en realidad es el suelo de fundación en un pavimento rígido, es el suelo natural cortado durante la etapa de conformación de la plataforma, sobre el cual se colocará la base del pavimento. En algunos casos la subrasante será lo que queda del material en corte (suelo inalterado), pero en otros casos podrá ser material de relleno (suelo compactado) para dar uniformidad a la pendiente de la vía o material de relleno (suelo mejorado).

La base es la capa de suelo granular compactado que tiene la función de distribuir los esfuerzos que recibe del tráfico a través de la losa en un área mayor, para que estos esfuerzos que llegan al suelo sean bajos y no produzcan deformaciones ni fallas.

Mientras la losa rígida es una capa de concreto (mezcla de cemento - hormigón), que se coloca sobre la base para proporcionar una superficie plana y con la rugosidad adecuada para proporcionar comodidad y seguridad a los vehículos que transitan sobre la vía.

### **Fatiga del concreto**

EL concreto, al igual que otros materiales, se ve afectado por la repetición de esfuerzos a los que está sometido. Este fenómeno recibe el nombre de fatiga.

Cuando la tensión de trabajo no excede el 50% del módulo de rotura, el concreto puede aceptar un número ilimitado de solicitudes sin llegar a la falla. En este caso, incluso los esfuerzos repetidos son beneficiosos e incrementan su resistencia última. En caso contrario, si el esfuerzo aplicado excede el 50 % del Módulo de rotura ( $M_r$ ), el concreto terminará por fallar después de un cierto número de aplicaciones de carga.



Razón de esfuerzo = tensión de trabajo/Mr.

Razón de esfuerzo > 0.5; si se produce el consumo del pavimento y por lo tanto, entonces el concreto si fatiga.

Razón de esfuerzo < 0.5; el concreto no se fatiga y en consecuencia no se produce consumo por servicio.

### **Resistencia del concreto de diseño**

Será importante conocer la resistencia al flexo – tracción del concreto, esta resistencia se logra a los 90 días. La resistencia conseguida a los 90 días es aproximadamente igual a 1.10 veces de su resistencia a los 28 días.

$$f'c (90 \text{ días}) = 1.10 * f'c (28 \text{ días})$$

## Cálculo de factor de seguridad

El factor de seguridad aumenta la carga del tráfico. Este factor depende de la importancia de la vía a diseñarse y se considera de acuerdo al tráfico al cual va estar sometido dicho pavimento.

- Para vías interestatales y otros proyectos de vías múltiples como flujo ininterrumpido de tráfico elevado y volumen de tráfico de camiones FS=1.2.
- Para carreteras y calles arteriales donde exista un volumen moderado de tránsito de camiones FS=1.1.
- Para carreteras, calles residenciales, y otras calles que llevan volumen bajo de tráfico de camiones FS=1.0

En resumen:

FS = 1.20 Para tráfico pesado

FS = 1.10 Para tráfico moderado

FS = 1.00 Para tráfico normal

Para el presente proyecto, la vía principal de avenida malinas tiene un tráfico Moderado, por esta razón se usa un factor de seguridad de FS=1.10.

$$F.S = 1.10$$

### **Periodo de diseño**

La vida de los pavimentos puede variar entre 20 y 40 años.

El periodo de diseño seleccionado afecta al espesor del diseño ya que determina los años de servicio de la infraestructura y en consecuencia predice a cuantos camiones debe servir el pavimento. La selección de un periodo de diseño para un proyecto específico está basada en criterios ingenieriles y en el análisis económico de costos del pavimento, así como los servicios obtenidos en todo el periodo.

Para el presente proyecto se asume un periodo de diseño de 20 años.

$$n = 20$$

## Capacidad de soporte del suelo (k) con relación al CBR

La capacidad de soporte del suelo se mide en términos del módulo de reacción de la subrasante "K", que se determina en base a un ensayo de carga directa; Este valor puede obtenerse por correlación a partir de la relación soporte de california.

De acuerdo a los estudios realizados en las calicatas de los avenidas, jirones y pasajes intervenidos se obtuvo los siguientes valores:

Tabla 16: Valores de CBR para cada Calicata.

CALICATA	CBR
C-01	32.90
C-02	11.13
C-03	35.10
C-04	36.70
C-05	37.20
C-06	35.50
C-07	33.50
C-08	32.80
C-09	39.10
C-10	15.40

Fuente: Propia.

Se asume el menor valor, que en este proyecto será 11.13.

CBR de la Subrasante            11.13%

### **Estratigrafía del tráfico**

Tabla 17: Estratigrafía del tráfico

<b>EJES SIMPLES Tn</b>	<b>Rep/Día</b>	<b>EJES TANDEM</b>	<b>Rep/Día</b>
5	157	16 Tn	5
7	32	18 Tn	0
11	24		

Fuente: Propia.

### **Determinación de la carga de diseño**

A diferencia de los pavimentos flexibles, en los pavimentos rígidos no existe el concepto de factor de equivalencia de carga y debe determinarse por el volumen total esperado, para cada grupo de cargas, separadamente debe tabularse la información.

Es decir que la carga por eje simple promedio se repite con más frecuencia y no produzca fatiga.

La PCA se considera en base a los ensayos experimentales de 550,000 pasadas en un periodo de 25 años. Es decir, igual a 60 repeticiones/día.

De acuerdo al sistema de tránsito vial urbano, las avenidas, los jirones y los pasajes intervenidos; en especial avenida Malinas está proyectada como la vía principal de la unidad vecinal de Pochccota, como vía de primer orden; en el cual son frecuentes cargas de 8 y 9 TN, para el presente estudio la carga de diseño será de eje Simple 11 toneladas.

$$\mathbf{CD= \quad 11 \text{ Tn}}$$

### **Determinación de la capacidad de soporte del suelo (kc)**

La capacidad de soporte de un suelo se expresa en términos de la reacción de la sub rasante del suelo K, este valor se modifica debido a la colocación de una base granular o de una base de suelo cemento, determinando un valor de reacción combinado Kc del suelo y la base, donde Kc es igual:

$$K_c = K + 0.02 * \left( 1.2 * e + \frac{e^2}{12} \right) \text{ Para base granular}$$

$$K_c = K + \frac{e^2}{18} \text{ Para base de cemento}$$

Donde:

$K$  = Módulo de reacción de la subrasante ( $\text{kg/cm}^2$ )

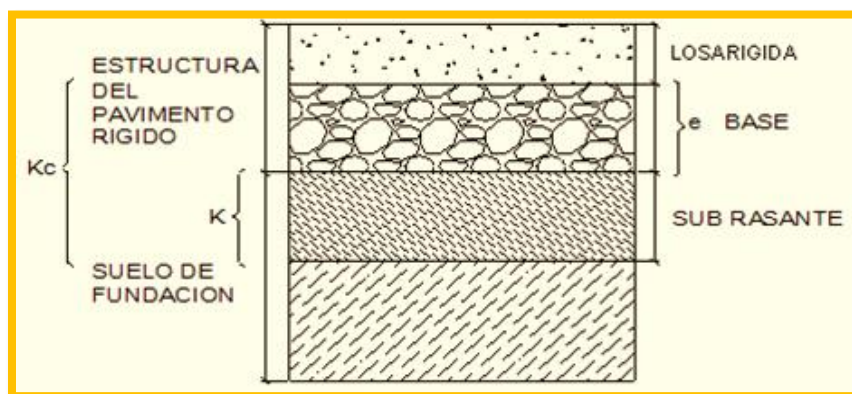
$K_c$  = Módulo de reacción combinado de la base ( $\text{kg/cm}^2$ )

$e$  = Espesor del base en cm

(Para el caso de pavimento rígido la base puede ser sustituida por la sub base)

Fórmula válida para  $e < 30$  cm

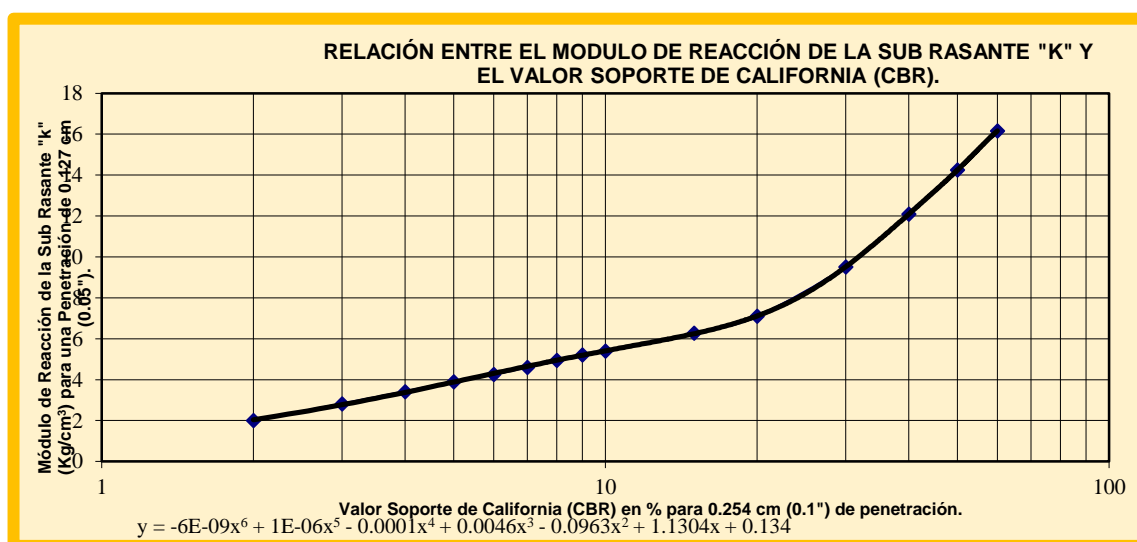
Figura 10: Partes estructurales de pavimento rígido



Fuente: MTC.

El módulo de compacidad de soporte de la sub rasante  $K$  se obtiene de la prueba de carga directa (ensayo en placa) pero también se puede obtener de forma indirecta a partir del CBR de diseño o CBR representativo usando el ábaco siguiente:

Figura 11: Relación entre el módulo de reacción de la sub-rasante.



Fuente: Propia.



También se puede determinar las ecuaciones de la curva logarítmica, las mismas que se obtuvieron programa de Excel.

$$K = 2.1366 * \ln(X) + 0.4791 \quad \text{Para CBR} \leq 7.3\%$$

$$K = -0.0009 * X^2 + 0.2985 * X + 1.4950 \quad \text{Para CBR} > 7.3\%$$

De los ensayos de laboratorio el CBR promedio calculado será de 10.90% y asumiendo una base granular de 20cm se tiene los siguientes resultados:

Tabla 18: Resultados del CBR

CBR	11.30%	%
K	4.18	kg/cm <sup>2</sup>
Base	20	cm
Kc	5.33	kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: Propia.

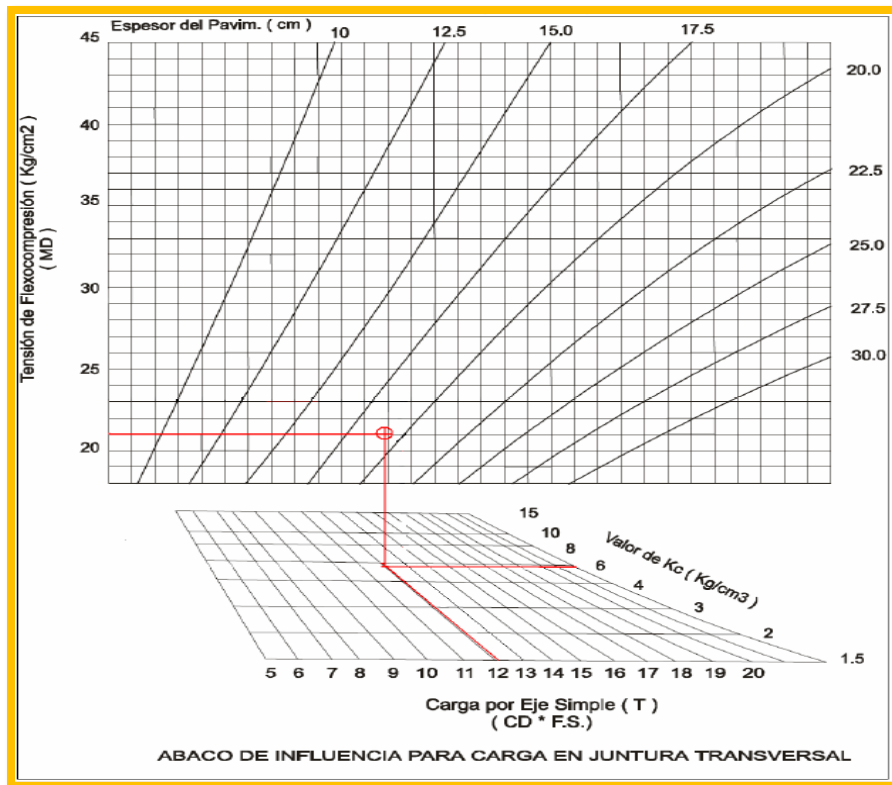


## Determinación del espesor del pavimento

CD*FS	12.1	Tn
Kc	5.33	kg/cm <sup>3</sup>
MD	23.10	kg/cm <sup>2</sup>
e	20	cm
Base + sub base	40	cm

e = 20 cm (espesor de pavimento de concreto). Base + sub base = 40 cm (espesor de la sub base)

Figura 12: Abaco de eje simple (ábaco de influencia para carga en junta transversal)



Fuente: MTC.

De acuerdo al ábaco anterior; en la gráfica se observa que el espesor del pavimento se ubica entre 17.5 cm y 20 cm. Por lo tanto, para este proyecto, asume un espesor de 20 cm.

e                      20 cm

### **Determinación de las juntas en los pavimentos de concreto**

Debido a los cambios volumétricos que presenta en el proceso de fraguado el concreto, que, por la naturaleza misma y los sistemas constructivos, es necesaria la construcción de juntas entre los paños y las losas de un pavimento. La función de las juntas radica en mantener las tenciones producidas por las estructuras del pavimento dentro de los valores admisibles y disipar las tensiones debido a los agrietamientos causados debajo de estas juntas.

### **Tipos de juntas**

#### Juntas longitudinales

Las juntas longitudinales son construidas paralelas al borde o al eje de la vía, básicamente a las juntas de construcción se hace coincidir con el ancho de la vía.

Las juntas longitudinales se emplean para evitar la formación de grietas longitudinales irregulares.

### **Juntas Transversales**

Se ubican perpendicularmente a las juntas longitudinales y sirven para estabilizar los esfuerzos producidos por las contracciones y las dilataciones de la losa del concreto.

Las juntas de contracción, se construyen en ranuras y tienen la función de direccionar las rajaduras por contracción, porque el pavimento siempre se rajará por el fenómeno de la contracción en las juntas donde se ha colocado el refuerzo de acero, por el tránsito pesado existente en la zona.

### **Dimensionamiento de Juntas de Contracción**

El espaciamiento “L” de las juntas transversales de contracción está dado por la siguiente fórmula:

$$L = 2 \frac{Sc}{\gamma_c \times f}$$

Donde:

L = Espaciamiento de Juntas de Contracción

Sc = Esfuerzo resistente a la tracción de concreto, evaluada a edad temprana  
 $1.5 \leq Sc \leq 3.0 \text{ kg/cm}^2$ .

f = Fricción entre el concreto y el suelo, que varía entre 0.5 y 2.5.

$\gamma_c$  = Peso específico del concreto =  $2.4 \text{ tn/m}^3$

Cálculo de los valores con datos del proyecto:

$$Sc = 1.50 \text{ kg/cm}^2$$

$$f = 2.50$$

$$\gamma_c = 0.0024 \text{ kg/cm}^2$$

$$L = 3125 \text{ cm}$$

$$L = 3.125 \text{ m}$$

El espaciamiento permisible recomendado por la norma es de 4.00m.

Para el proyecto se asume 3.00m de espaciamiento entre paños.

### **Diseño de pasadores en el pavimento**

La determinación del espaciamiento entre pasadores y longitud de los pasadores en las juntas longitudinales, se calcula en aplicación de las siguientes fórmulas:

$$L = 2 \times b + e$$

$$b = \frac{A_s \times f_s}{P \times U}$$

$$S = \frac{A_s \times f_s}{\gamma_c \times h \times a \times f}$$

Donde:

L : Longitud de las varillas (cm)

As : Área de acero (cm<sup>2</sup>)

fs : Tensión del trabajo del fierro; fs = 0.50” fy

P : Perímetro del acero (cm)

U : Adherencia entre concreto y acero;  $U = (16'' (f'c))^{1/2}$

S : Espaciamiento entre varillas (m)

$\gamma_c$  : Peso específico del concreto = 2.4tn/m<sup>3</sup>

h : Espesor de la losa (m)

a : Ancho de la losa (m)

f : Coeficiente de rozamiento entre el suelo y la losa.

Cálculo del espaciamiento y longitud de los pasadores del proyecto:

a = 2.00 m

h = 0.20 m

$\gamma_c$  = 2400 kg/m<sup>3</sup>

$f'c$  = 210 kg/cm<sup>2</sup>

$f_s$  = 0.50 \* 4200 = 2100 kg/cm<sup>2</sup>

$A_s$  = 2.00 cm<sup>2</sup> (Ø de 5/8'')

P = 5.00 cm (Ø de 5/8'')

U = 1.6 (210) \* 1/2 = 168 kg/cm

F = 2



Se tiene:

$$B = 2.00 * 2100/5.00 * 168 = 14.11 \text{ m}$$

$$L = 2 * 14.11 + 20 = 48.22 \approx 50 \text{ cm}$$

$$S = 2.00 * 2100 / (2400 * 0.200 * 2.5) * 2 = 1.75 \text{ m} \approx 1.00 \text{ m}$$

El método de PCA recomienda  $S < 75 \text{ cm}$ .

Resumen de los valores calculados:

$$H = 0.20 \text{ m}$$

$$\emptyset = 5/8''$$

$$L = 0.50 \text{ m}$$

$$S = 0.75 \text{ m}$$

## **4.2 Estructuras del pavimento rígido**

### **Terreno natural de cimentación**

Se define como la franja de terreno que es afectada por la construcción de la vía y que su función es la de soportar las cargas de la estructura del pavimento y de la base sin olvidar las cargas del tránsito aplicadas a la vía.

### **Sub-base**

Tiene múltiples funciones como la de recibir y resistir las cargas del tránsito transmitidas por la capa del pavimento y transmitir las en forma adecuada a las capas inferiores; además:

- Evitar que se contaminen las capas del pavimento cuando el terreno natural sea de material fino o arcilloso.
- Evitar que sean absorbidas las capas superiores por el agua.

- Evitar que se reflejen las imperfecciones en los cortes hacía las capas de pavimento para lograr espesores constantes.

## **Base**

Sirve para proporcionar una superficie uniforme que sirva de apoyo a la losa y facilite su colocado; protege también a la losa de cambios volumétricos en la subrasante, que de otra manera inducirían esfuerzos adicionales.

## **Losa**

Las funciones de la losa en el pavimento rígido son las mismas de la carpeta asfáltica en el pavimento flexible, más la función estructural es de soportar y transmitir en el nivel adecuado las cargas que se le apliquen.

## **Capítulo V**

### **Discusión de resultados**

Las obras a desarrollarse se encuentran dentro de la zona urbana de la ciudad de Andahuaylas, en un sector con mucho movimiento comercial y tránsito de vehículos livianos y pesados.

Con respecto al estudio de suelo se debe afirmar, de los trabajos realizados en campo para obtener las muestras, auscultaciones de los materiales y de los resultados obtenidos de los laboratorios, a lo largo de las distintas vías en las zonas de pavimentación; se concluye que no existen mayores dificultades para efectuar la pavimentación de vías y obras de alcantarillado.

Igualmente se concluye y se afirma en cuanto a los resultados de laboratorio de suelos; que los resultados de CBR (VALOR DE SOPORTE DEL SUELO) de las calicatas de toda el área del proyecto, según manual de diseño de Caminos de bajo volumen de tránsito, el valor del CBR debe ser mayor a 20. En nuestro caso en aéreas donde se pavimentará el mínimo valor es de 11.13, por esta razón, en las vías con CBR menores a 20; se consideró en la construcción de la sub base.

No se encontró el nivel freático, no existe por las características geográficas de la zona, no obstante, a la proximidad al lecho o cauce del Río Chumbao.

La única cantera más cercana y seleccionada para material de base por sus características de comportamiento mecánico, accesibilidad y explotación ES LA CANTERA CHUSPI y la cantera de agregado para la preparación del concreto y piedra chancada para áridos de concreto se ha elegido las canteras de ubicadas a orillas del río Chumbao; Andahuaylas - Talavera.

Para la conformación de la sub base, en aquellas vías con valor bajo en CBR, el material a usar tendrá que ser grueso o fragmentos de roca de diferentes diámetros, con el cual se mejorará el suelo rasante.

En la conformación de la capa de la base granular se compactará hasta alcanzar un grado de compactación de 95 % de la máxima densidad seca y un óptimo contenido de humedad, determinados mediante el ensayo de Proctor Modificado de la cantera determinada.

Se deberá minimizarse en lo posible los daños al medio ambiente en el proceso de explotación de canteras y la ejecución de movimiento de tierras, y para los trabajos de pavimentación de vías se deberá de dotar de los implementos de seguridad a los trabajadores.

## Conclusiones

Existen dos métodos de diseño de pavimentos de losa rígida o concreto, el de la American Association of State Highways and Transportation Officials (AASHTO) y el de la Portland Cement Association (PCA) corresponden a los métodos de diseño de espesores de pavimentos más ampliamente usados a nivel mundial. Por este motivo en la presente tesis se decidió utilizar el método (PCA) para el diseño del pavimento rígido de las vías de la unidad vecinal Pochccota - Andahuaylas. Las variables de diseño que considera el método (PCA) para pavimentos rígidos, son: Espesor, tráfico (ejes equivalentes), transferencia de carga, propiedades del concreto (módulos de ruptura y elasticidad), resistencia de la subrasante (módulo de reacción), drenaje, confiabilidad (confiabilidad y desviación estándar).

Dentro de los cálculos llevados a cabo en la presente tesis se ha realizado el cálculo del módulo de diseño del concreto (MD), obteniendo un resultado de  $MD = 23.10 \text{ kg/cm}^2$ .

De acuerdo a lo desarrollado en la presente tesis la estructura del pavimento rígido estará conformado por:  $e = 20 \text{ cm}$  (espesor de pavimento de concreto) y  $\text{base} + \text{sub base} = 40 \text{ cm}$  (espesor de la sub base).

## **Recomendaciones**

Se recomienda, para la conformación de la sub base en aquellas vías con valor bajo en CBR, usar un material grueso o fragmentos de roca de diferentes diámetros, con lo cual se mejorará el suelo rasante.

En la conformación de la capa de la base granular se recomienda que se compacte hasta alcanzar un grado de compactación de 95 % de la máxima densidad seca y un óptimo contenido de humedad, determinados mediante el ensayo de Proctor Modificado de la cantera determinada.

Se deberá minimizarse en lo posible los daños al medio ambiente en el proceso de explotación de canteras y la ejecución de movimiento de tierras, y para los trabajos de pavimentación de vías se deberá de dotar de los implementos de seguridad a los trabajadores. Se recomienda que, concluida la pavimentación de las vías, estas deberán poseer un programa de mantenimiento, en especial los sistemas de evacuación de aguas pluviales para evitar su colapso, durante el tiempo de servicio.

## Referencias

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

Calla, E. (2015). *Pavimentación de los jirones Achaya, Manco Cápac, Conde de Lemus, Arica y Puno de la municipalidad distrital de Caminaca – Azángaro* (Tesis de Pregrado), Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.

Gaspar, R. (2010). *Diseño del pavimento rígido del camino que conduce a la aldea El Guayabal, Municipio de Estanzuela del departamento de Zacapa* (Trabajo de graduación), Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, Guatemala.

Mora, A. & Argüelles, C. (2015). *Diseño y construcción de pavimento rígido para la urbanización Caballero y Góngora, municipio de Honda – Tolima* (Trabajo de grado), Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia.

Solano, B. (2014). *Evaluación del estado actual del pavimento rígido en el Jirón Junín de la ciudad de Jaén – Cajamarca* (Tesis de Pregrado), Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.



# **ANEXOS**

**Anexo 1**

**Presupuesto**

Tabla 19: Presupuesto – Hoja 1

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	<b>OBRAS PROVISIONALES</b>				<b>46,855.19</b>
01.01	CARTEL DE IDENTIFICACION DE LA OBRA DE 3.60X2.40M	und	1.00	1,329.49	1,329.49
01.02	CAMPAMENTO PROVISIONAL DE LA OBRA	GLB	3.00	1,841.90	5,525.70
01.03	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS PARA LA OBRA	est	2.00	20,000.00	40,000.00
02	<b>SISTEMA DE DRENAJE DE AGUAS PLUVIALES</b>				<b>689,698.18</b>
02.01	<b>SISTEMA ENTUBADO</b>				<b>333,678.88</b>
02.01.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>2,435.55</b>
02.01.01.01	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO	KM	1.71	1,424.30	2,435.55
02.01.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>44,425.21</b>
02.01.02.01	EXCAVACION DE ZANJA EN TERRENO COMPACTO HASTA H=1.40M	m3	890.07	33.62	29,924.15
02.01.02.02	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE C/MAQUINARIA	m3	1,157.09	6.09	7,046.68
02.01.02.03	REFINE, NIVELACION COMPACTACION DE ZANJA PARA TUB. 8"-10"	m	1,271.53	1.78	2,263.32
02.01.02.04	PREPARACION DE CAMA DE APOYO E= 0.10M PARA TUBERIA	m3	89.01	58.32	5,191.06
02.01.03	<b>INSTALACION DE TUBERIA PARA ALCANTARILLADO PLUVIAL</b>				<b>148,539.80</b>
02.01.03.01	TENDIDO Y COLOCADO TUBERIA PVC SAL D=8" PESADO	m	455.49	85.77	39,067.38
02.01.03.02	TENDIDO Y COLOCADO TUBERIA PVC SAL D=10" PESADO	m	890.07	116.82	103,977.98
02.01.03.03	COLOCACION DE SILLAS YEE PVC-SAL 8" X 10"	und	62.00	88.62	5,494.44
02.01.04	<b>OBRAS DE CONCRETO SIMPLE</b>				<b>90,656.56</b>
02.01.04.01	CONCRETO EN SUMIDEROS Fc=175KG/CM2	m3	78.44	445.57	34,950.51
02.01.04.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE SUMIDEROS	m2	856.80	38.55	33,029.64
02.01.04.03	CONSTRUCCION DE BUZONES Fc= 175 KG/CM2	m3	42.09	538.76	22,676.41
02.01.05	<b>OBRAS DE CONCRETO ARMADO</b>				<b>37,109.23</b>
02.01.05.01	CONCRETO Fc=210 KG/CM2. Para lecho de Buzon	m3	8.06	493.87	3,980.59
02.01.05.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN TECHO DE BUZON	m2	40.31	38.55	1,553.95
02.01.05.03	ACERO DE REFUERZO FY=4200KG/CM2	kg	495.47	6.69	3,314.69
02.01.05.04	TAPA PARA BUZON DE F*F*	und	29.00	540.00	15,660.00
02.01.05.05	TAPA PARA SUMIDERO Fc=175kg/cm2	und	105.00	120.00	12,600.00
02.01.06	<b>PRUEBAS HIDRAULICA</b>				<b>2,112.53</b>
02.01.06.01	PRUEBA A ZANJA TAPADA PTUBERIA DESAGUE 10"	m	1,345.56	1.57	2,112.53
02.01.07	<b>CARPINTERIA METALICA</b>				<b>8,400.00</b>
02.01.07.01	REGILLA DE FIERRO D=3/8"	und	105.00	80.00	8,400.00
02.02	<b>SISTEMA DE DRENAJE CON CANAL DE CONCRETO TAPADO</b>				<b>356,019.30</b>
02.02.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>954.28</b>
02.02.01.01	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO	KM	0.67	1,424.30	954.28
02.02.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>24,647.69</b>
02.02.02.01	EXCAVACION DE CAJA DE CANAL EN TIERRA ( A MANO)	m3	469.66	42.02	19,735.11
02.02.02.02	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE C/MAQUINARIA	m3	610.56	6.09	3,718.31
02.02.02.03	REFINE, NIVELACION COMPACTACION DE ZANJA	m	670.94	1.78	1,194.27
02.02.03	<b>OBRAS DE CONCRETO ARMADO</b>				<b>330,417.33</b>
02.02.03.01	CONCRETO Fc=210 KG/CM2 PARA CANAL	m3	174.44	519.01	90,536.10
02.02.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO CANALES	m2	2,217.00	47.77	105,906.09
02.02.03.03	ACERO DE REFUERZO FY=4200KG/CM2	kg	12,828.87	6.69	85,825.14
02.02.03.04	TAPA PREFABRICADA PARA CANAL	und	107.00	450.00	48,150.00
03	<b>PAVIMENTO RIGIDO</b>				<b>3,525,779.33</b>
03.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>53,437.89</b>
03.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	35,328.06	0.70	24,729.64
03.01.02	TRAZO Y REPLANTEO DE OBRA	m2	18,641.72	1.54	28,708.25
03.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>342,059.45</b>
03.02.01	CORTE MASIVO CON MAQUINARIA	m3	16,936.15	12.28	207,975.92
03.02.02	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE C/MAQUINARIA	m3	22,017.00	6.09	134,083.53

Fuente: Municipalidad de Andahuaylas.

Tabla 20: Presupuesto – Hoja 2.

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio \$/.	Parcial \$/.
03.03	<b>MEJORAMIENTO DE TERRENO</b>				<b>297,358.43</b>
03.03.01	EXTRACCION Y APILAMIENTO DE MATERIAL DE SUB BASE Y BASE	m3	4,345.19	36.41	158,208.37
03.03.02	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUB RASANTE	m2	18,641.72	5.21	97,123.36
03.03.03	CARGUIO Y TRANSPORTE DE MATERIAL DE SUB BASE Y BASE	m3	5,648.75	7.44	42,026.70
03.04	<b>SUB BASE DE 0.20M DE ESPESOR</b>				<b>15,251.36</b>
03.04.01	TRAZO Y REPLANTEO DURANTE EL PROCESO	m2	3,197.35	1.99	6,362.73
03.04.02	EXTENDIDO Y COMPACTADO DE MATERIAL DE SUB BASE E=0.20M	m2	3,197.35	2.78	8,888.63
03.05	<b>BASE DE 0.20M DE ESPESOR</b>				<b>88,921.00</b>
03.05.01	TRAZO Y REPLANTEO DURANTE EL PROCESO	m2	18,641.72	1.99	37,097.02
03.05.02	EXTENDIDO Y COMPACTADO DE MATERIAL DE BASE E=0.20M	m2	18,641.72	2.78	51,823.98
03.06	<b>CONCRETO EN LOZA MACIZA (PAVIMENTO RIGIDO) e=0.20m</b>				<b>2,728,751.20</b>
03.06.01	TRAZO Y REPLANTEO DURANTE EL PROCESO	m2	18,641.72	1.99	37,097.02
03.06.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN PAVIMENTO	m2	3,754.00	41.86	157,142.44
03.06.03	PAVIMENTO DE CONCRETO Fc=210Kg/cm2 e=20cm, e=15cm c/mezcl.	M3	3,728.34	513.17	1,913,272.24
03.06.04	ACERO ESTRUCTURAL TRABAJADO PARA LOSAS MACIZAS	kg	55,749.38	6.66	371,290.87
03.06.05	CURADO DE CONCRETO	m2	18,641.72	1.01	18,828.14
03.06.06	JUNTA ASFALTICA DE 1"	m	17,014.14	6.38	108,550.21
03.06.07	PINTADO DE VIA SEÑALIZACION HORIZONTAL (RENDIMIENTO 400 ML/DIA)	m	11,949.33	3.58	42,778.60
03.06.08	CARTEL CON IDENTIFICACION DE CALLES	und	62.00	120.00	7,440.00
03.06.09	SEÑALIZACIONES-DESVIOS EN VIA DE GRAN TRANSITO	und	6.00	2,975.28	17,851.68
03.06.10	SEÑALIZACION HORIZONTAL Y VERTICAL	GLB	80.00	400.00	32,000.00
03.06.11	PARADEROS	GLB	5.00	4,500.00	22,500.00
04	<b>BERMAS DE CONCRETO</b>				<b>291,248.70</b>
04.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>4,057.63</b>
04.01.01	TRAZO Y REPLANTEO DE OBRA	m2	2,039.01	1.99	4,057.63
04.02	<b>MEJORAMIENTO DE TERRENO</b>				<b>65,130.93</b>
04.02.01	EXTRACCION Y APILAMIENTO DE MATERIAL DE SUB BASE Y BASE	m3	407.80	36.41	14,848.00
04.02.02	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUB RASANTE	m2	2,039.01	5.21	10,623.24
04.02.03	CARGUIO Y TRANSPORTE DE MATERIAL DE SUB BASE Y BASE	m3	530.14	7.44	3,944.24
04.02.04	EXTENDIDO Y COMPACTADO DE MATERIAL DE SUB BASE E=0.20M	m2	2,039.01	2.78	5,668.45
04.02.05	EXTENDIDO Y COMPACTADO DE MATERIAL DE BASE E=0.20M	m2	2,039.01	2.78	5,668.45
04.02.06	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN BERMAS	m2	741.44	32.88	24,378.55
04.03	<b>CONCRETO EN LOZA MACIZA (PAVIMENTO RIGIDO) e=0.20m</b>				<b>222,060.14</b>
04.03.01	PAVIMENTO DE CONCRETO Fc=210Kg/cm2 e=20cm, e=15cm c/mezcl.	M3	407.80	513.17	209,270.73
04.03.02	JUNTA ASFALTICA DE 1"	m	2,004.61	6.38	12,789.41
05	<b>VEREDAS DE CONCRETO</b>				<b>1,473,059.12</b>
05.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>22,859.28</b>
05.01.01	TRAZO Y REPLANTEO DE OBRA	m2	10,534.23	2.17	22,859.28
05.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>215,880.50</b>
05.02.01	EXCAVACION EN TERRENO COMPACTO A NIVEL DE SUB RASANTE	m3	2,106.85	48.96	103,151.38
05.02.02	ACARREO MANUAL DE MATERIAL EXCEDENTE D=50M	m3	2,738.91	9.52	26,074.42
05.02.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE DIST. 5KM	m3	2,738.91	11.60	31,771.36
05.02.04	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUB RASANTE	m2	10,534.23	5.21	54,883.34
05.03	<b>OBRAS DE CONCRETO SIMPLE</b>				<b>1,234,319.34</b>
05.03.01	CONCRETO Fc=175KG/CM2 PARA SARDINEL DE VEREDA	m3	537.72	500.57	269,166.50
05.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN SARDINELES	m2	9,725.60	38.70	376,380.72
05.03.03	EMPEDRADO PARA VEREDA TAMAÑO MAX. 6"	m2	9,399.00	18.05	169,651.95
05.03.04	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN VEREDAS	m2	626.80	26.85	16,829.58
05.03.05	CONCRETO Fc=175 KG/CM2 EN VEREDAS	m3	751.92	454.64	341,852.91
05.03.06	JUNTA ASFALTICA DE 1"	m	3,512.40	6.38	22,409.11

Fuente: Municipalidad de Andahuaylas.

Tabla 21: Presupuesto – Hoja 3.

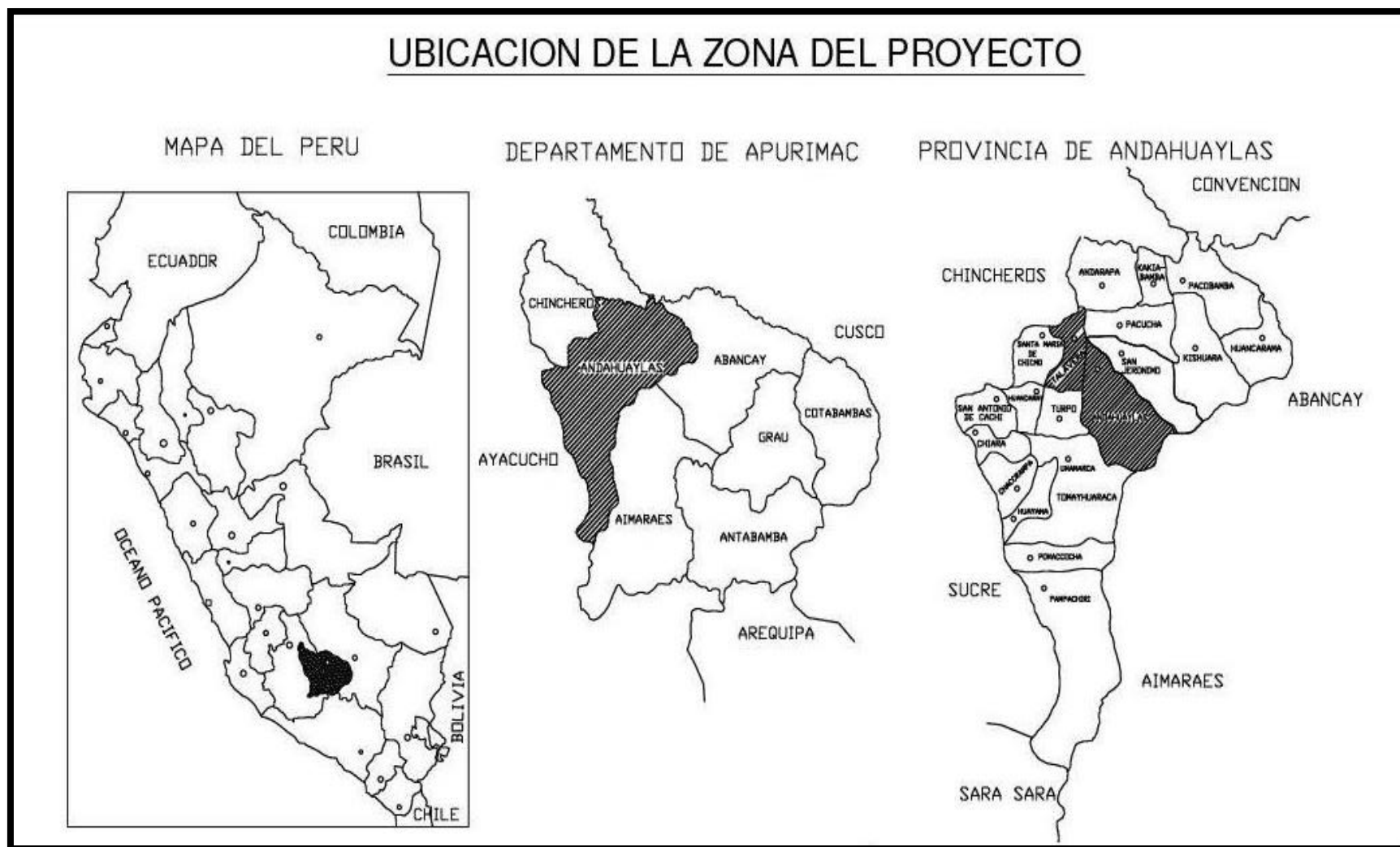
Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
05.03.07	BRUÑAS EN VEREDAS	m	10,534.23	3.61	38,028.57
06	<b>CUNETAS PARA LA EVACUACION DE AGUAS PLUVIALES</b>				<b>154,355.39</b>
06.01	TRAZO Y REPLANTEO DE OBRA	m2	2,389.87	2.17	5,186.02
06.02	CONCRETO Fc=210KG/CM2	m3	254.92	546.02	139,191.42
06.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN CUNETAS	m2	84.99	53.60	4,555.46
06.04	JUNTA ASFALTICA DE 1"	m	849.92	6.38	5,422.49
07	<b>CONSTRUCCION DE VIAS PEATONALES CON GRADERIAS</b>				<b>162,889.18</b>
07.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>2,919.33</b>
07.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	1,017.19	0.70	712.03
07.01.02	TRAZO Y REPLANTEO DE OBRA	m2	1,017.19	2.17	2,207.30
07.02	<b>PREPARACION DE SUB RASANTE, SUB BASE Y BASE</b>				<b>28,557.20</b>
07.02.01	EXTRACCION Y APILAMIENTO DE MATERIAL DE BASE	m3	406.87	36.64	14,907.72
07.02.02	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUB RASANTE	m2	1,017.19	5.21	5,299.56
07.02.03	CARGUIO Y TRANSPORTE DE MATERIAL DE BASE	m3	528.94	10.44	5,522.13
07.02.04	EXTENDIDO Y COMPACTADO DE MATERIAL DE BASE E=0.20M	m2	1,017.19	2.78	2,827.79
07.03	<b>OBRAS DE CONCRETO SIMPLE</b>				<b>131,412.65</b>
07.03.01	CONCRETO Fc=175KG/CM2 PARA SARDINEL DE GRADERIAS	m3	39.60	500.57	19,822.57
07.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN SARDINELES	m2	528.04	38.70	20,435.15
07.03.03	CONCRETO Fc=175 KG/CM2 EN GRADERIAS	m3	153.77	524.36	80,630.84
07.03.04	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN GRADERIAS	m2	363.75	21.55	7,838.81
07.03.05	CONCRETO Fc=210 KG/CM2 PARA CUNETAS	m3	5.28	423.63	2,236.77
07.03.06	JUNTA ASFALTICA DE 1"	m	70.30	6.38	448.51
08	<b>AREAS VERDES EN BERMAS</b>				<b>66,650.44</b>
08.01	<b>JARDINERIAS</b>				<b>66,650.44</b>
08.01.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN SARDINELES	m2	477.66	38.70	18,485.44
08.01.02	CONCRETO Fc=175KG/CM2 PARA SARDINEL DE JARDINERIAS	m3	35.82	414.84	14,859.57
08.01.03	TARRAJEO MEZCLA 1:5	m2	593.88	28.44	16,889.95
08.01.04	PINTURA ESMALTE EN SARDINELES DE JARDINERIA	m2	223.79	18.64	4,171.45
08.01.05	TIERRA DE CHACRA O VEGETAL	m3	92.66	60.51	5,606.86
08.01.06	SEMBRADO DE PLANTONES	und	84.00	53.40	4,485.60
08.01.07	SEMBRADO DE GRASS	m2	185.32	11.61	2,151.57
09	<b>PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD</b>				<b>18,980.00</b>
09.01	ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO	und	20.00	120.00	2,400.00
09.02	ENSAYO DE DENSIDAD DE AFIRMADO	und	29.00	150.00	4,350.00
09.03	DISEÑO DE MEZCLAS	und	2.00	250.00	500.00
09.04	PRUEBA DEL CONCRETO (PRUEBA DE COMPRESION)	und	94.00	120.00	11,280.00
09.05	PLACA RECORDATORIA	und	1.00	450.00	450.00
10	<b>FLETE TERRESTRE LOCAL</b>				<b>68,221.74</b>
10.01	FLETE TERRESTRE LOCAL	GLB	1.00	68,221.74	68,221.74
11	<b>MITIGACION AMBIENTAL</b>				<b>27,000.00</b>
11.01	MITIGACION AMBIENTAL	GLB	1.00	27,000.00	27,000.00
12	<b>LIMPIEZA FINAL DE OBRA</b>				<b>39,567.43</b>
12.01	LIMPIEZA FINAL DE OBRA	m2	35,328.06	1.12	39,567.43
	<b>Costo Directo</b>				<b>6,564,304.70</b>
	<b>SON : SEIS MILLONES QUINIENTOS SESENTICUATRO MIL TRESCIENTOS CUATRO Y 70/100 NUEVOS SOLES</b>				

Fuente: Municipalidad de Andahuaylas.

## **Anexo 2**

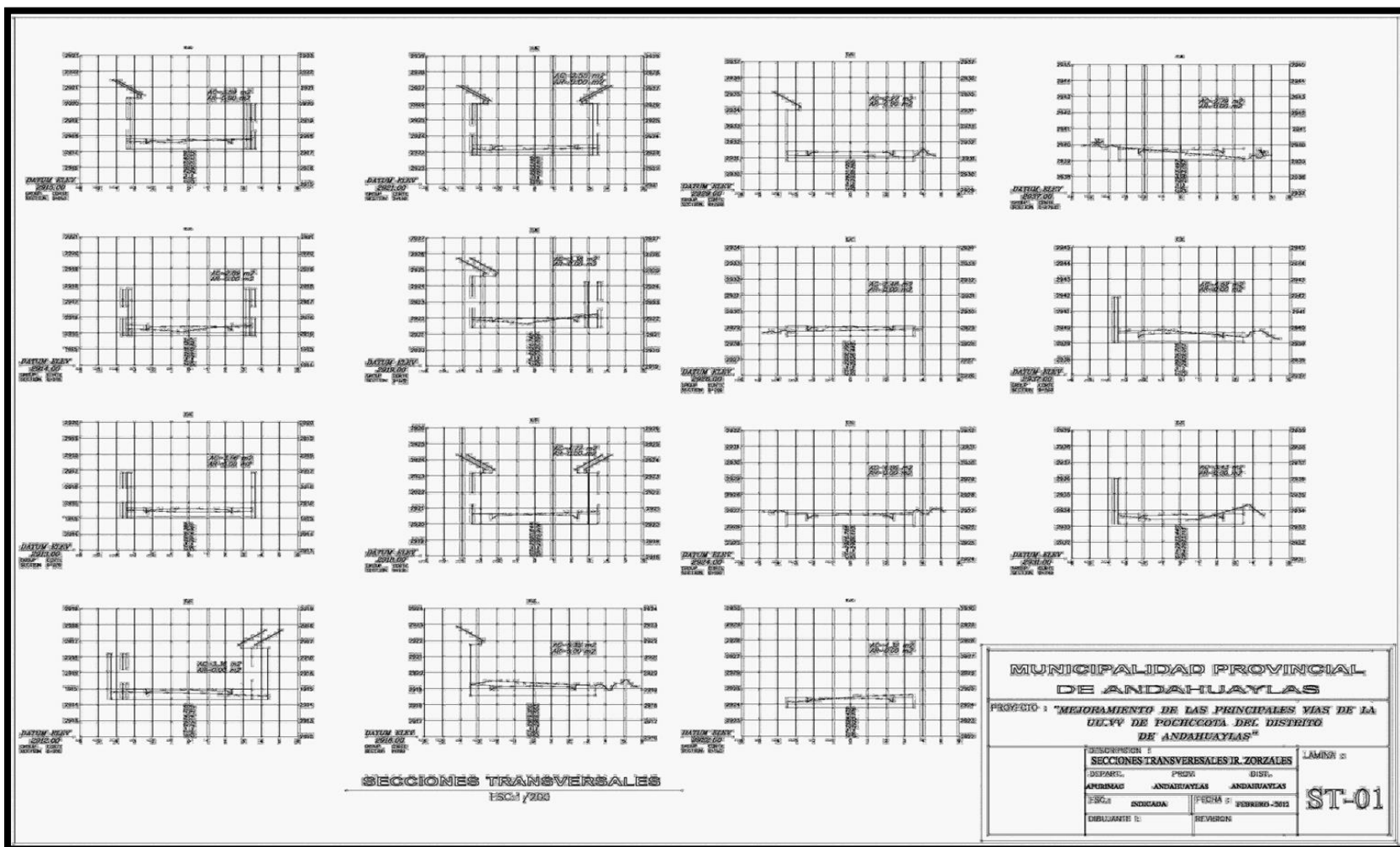
### **Planos**

Figura 13: Plano de ubicación de la zona del proyecto.



Fuente: Municipalidad de Andahuaylas.

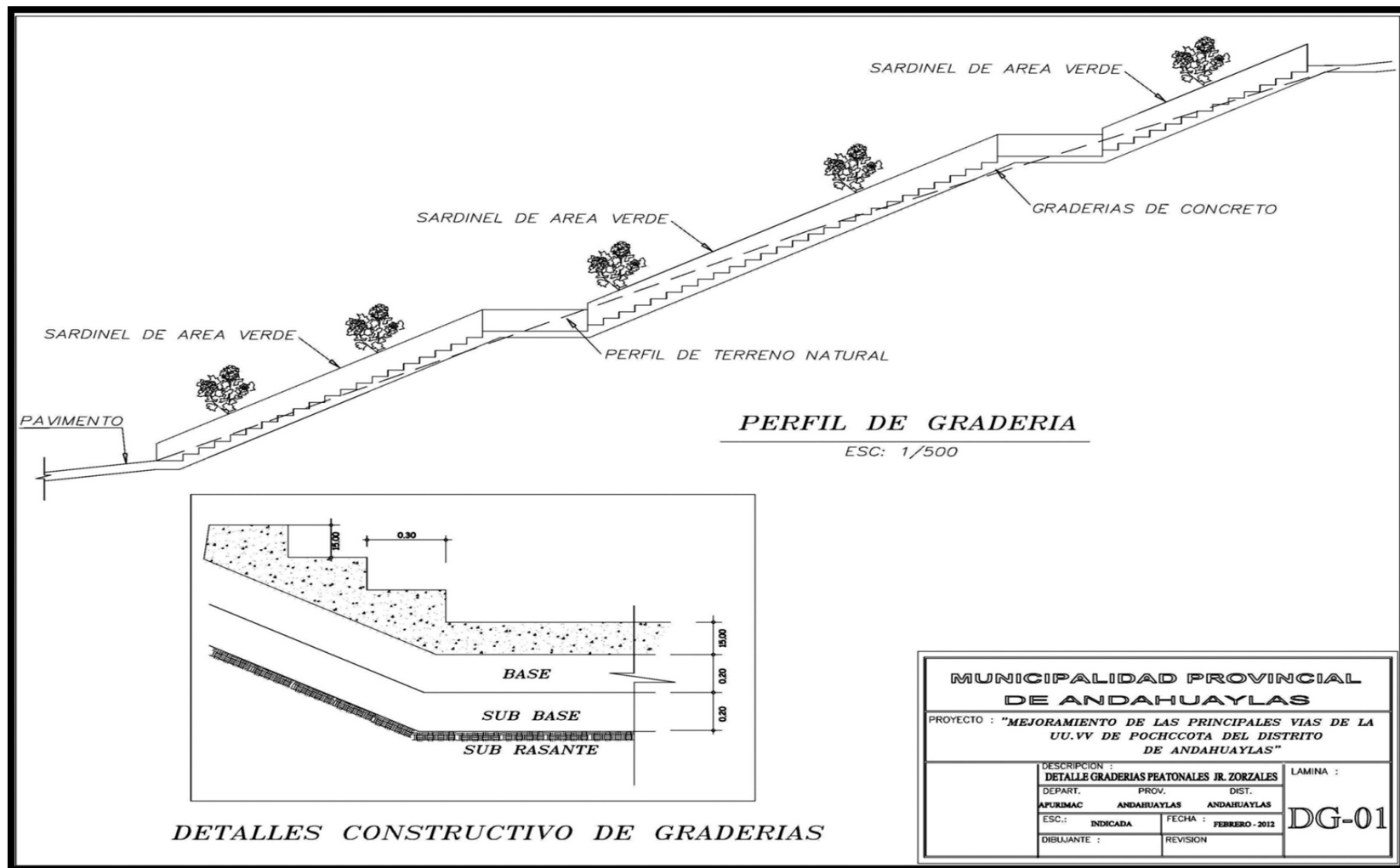
Figura 14: Plano de secciones transversales.



Fuente: Municipalidad de Andahuaylas.

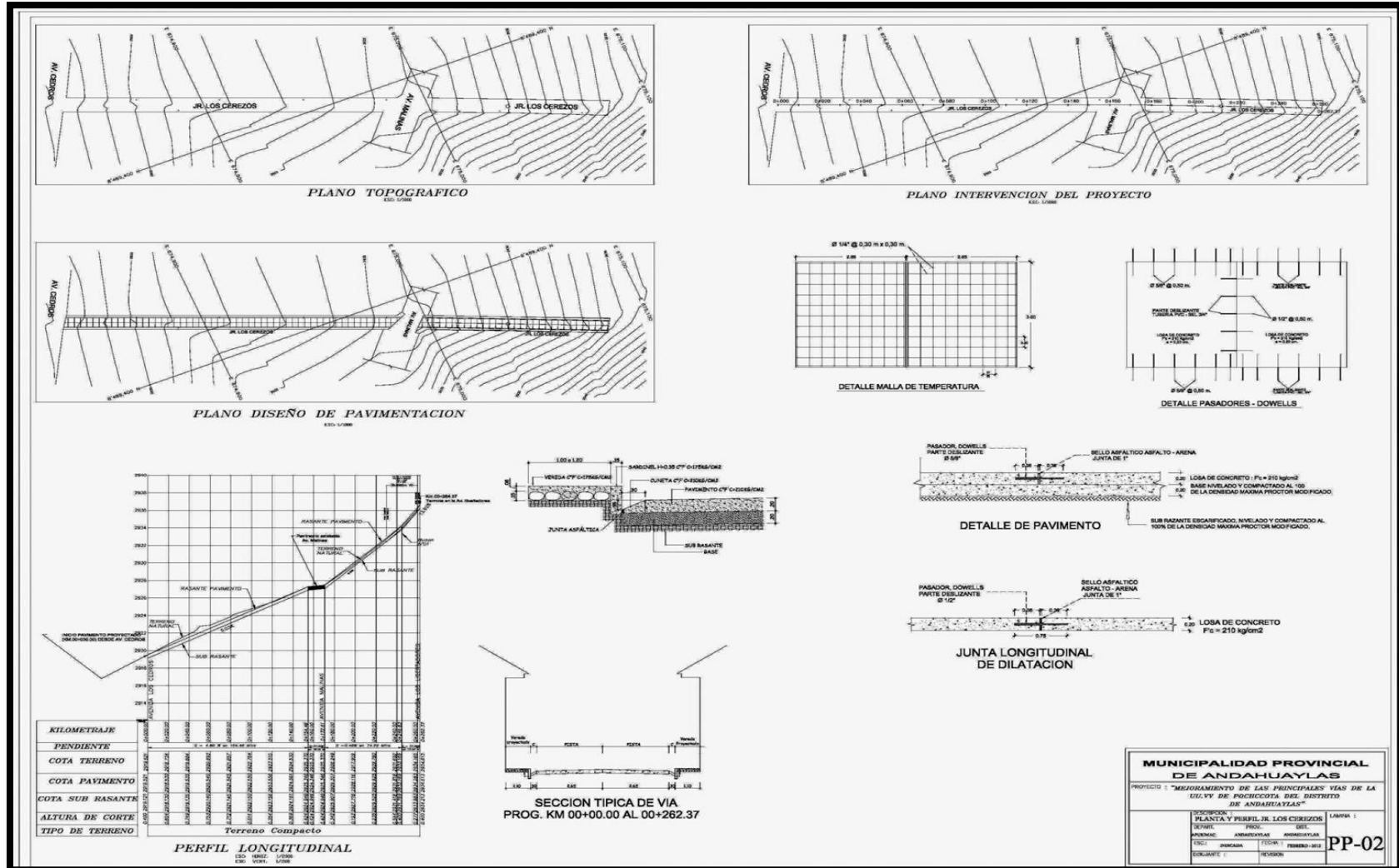


Figura 15: Plano de detalle de construcción de graderías peatonales



Fuente: Municipalidad de Andahuaylas.

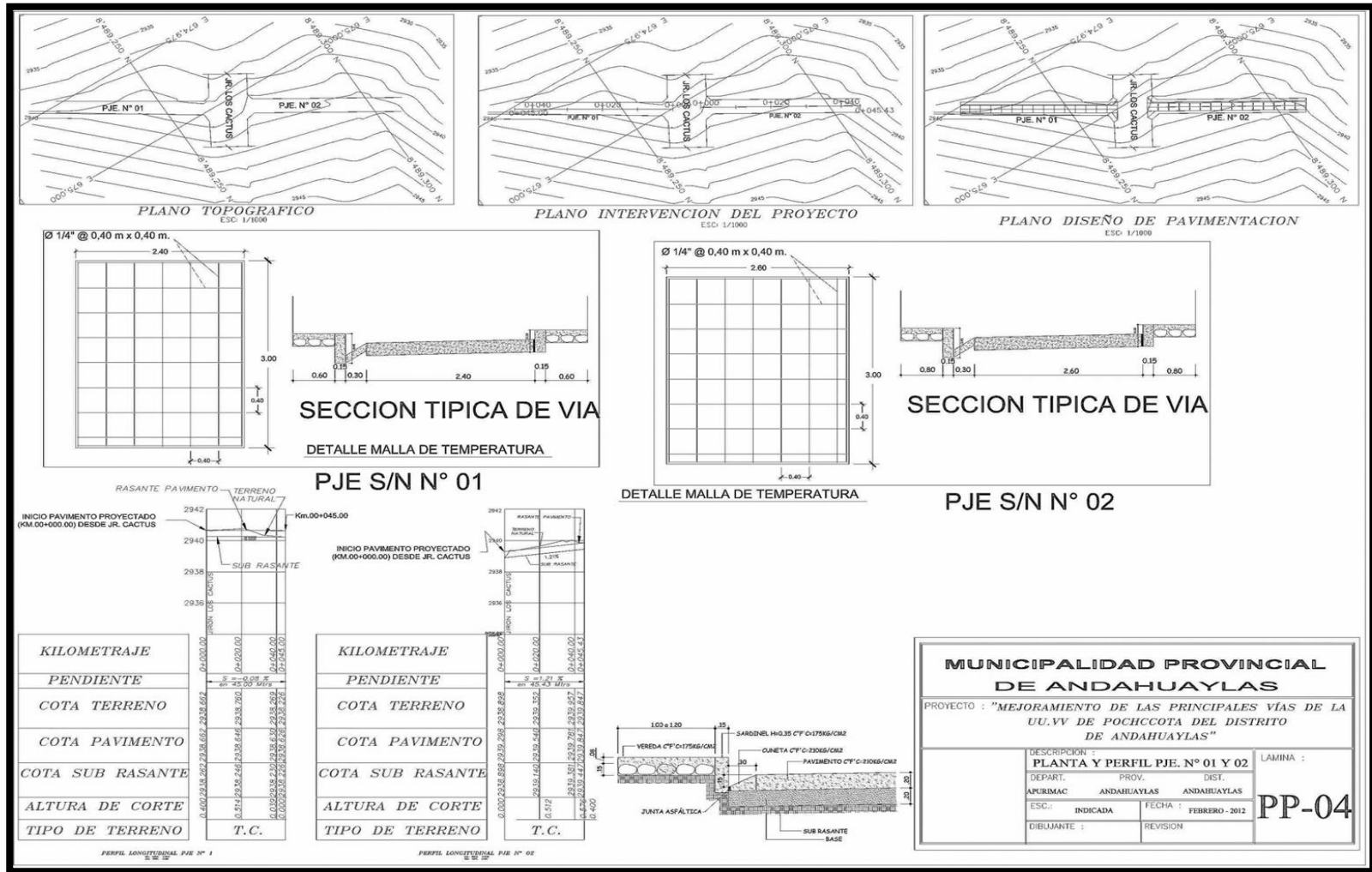
Figura 16: Plano de planta, perfil y detalle de vía; jirón los cerezos.



Fuente: Municipalidad de Andahuaylas.

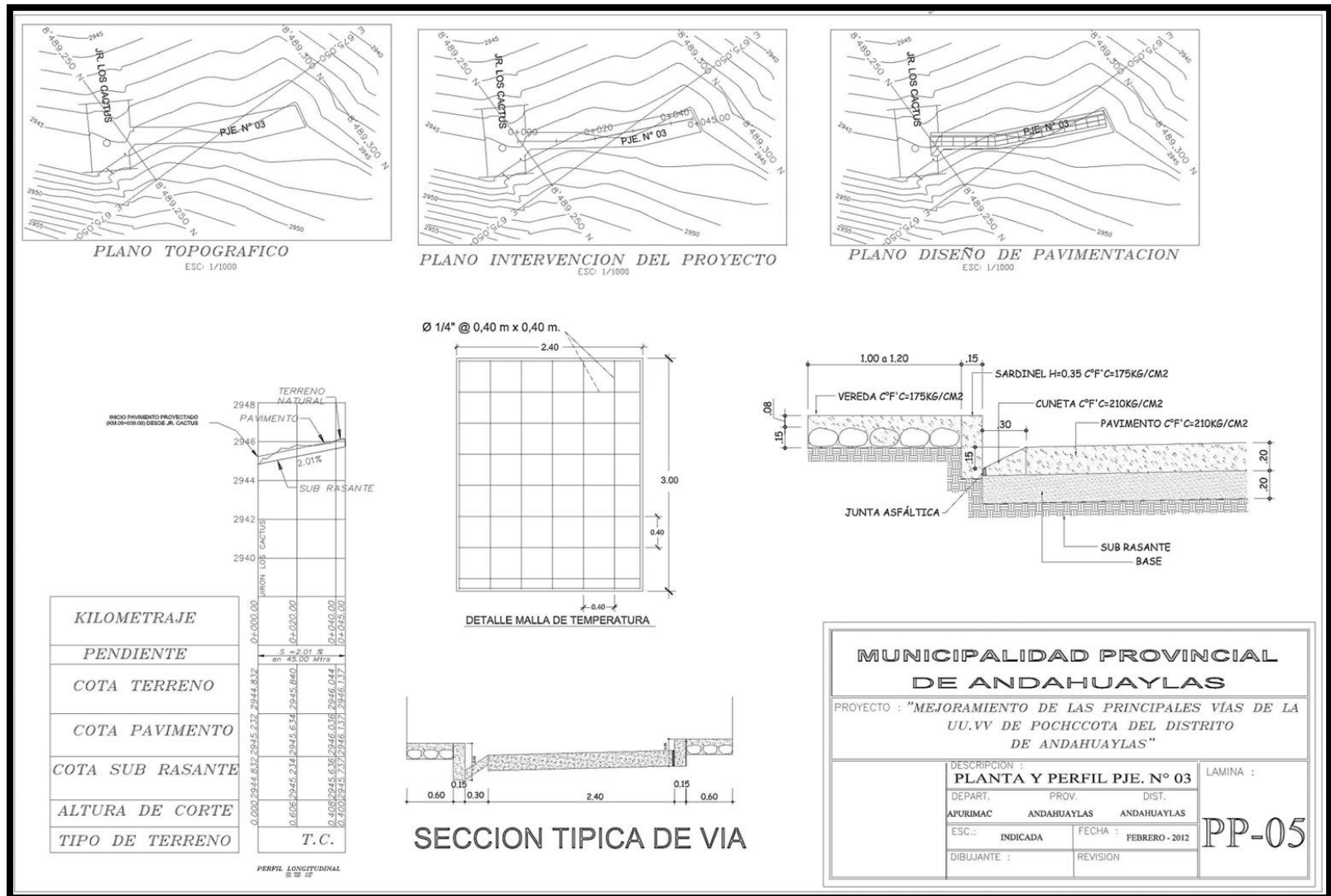


Figura 18: Plano de planta, perfil y detalle de vía; Pasaje N° 01 y N° 02



Fuente: Municipalidad de Andahuaylas.

Figura 19: Planta, perfil y detalle de vías; Pasaje N° 03



Fuente: Municipalidad de Andahuaylas.