

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil**



“OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS DE CONCRETO MEDIANTE EL USO DE SOBRECAPAS DE REFUERZO PARA LA: AV. MARIO URTEAGA – CARRIL NORESTE (ENTRE OVALO EL INCA Y JR. CUMBE MAYO) DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA, 2016”

**TESIS**

PARA OPTAR EL TITULO DE:

**INGENIERO CIVIL**

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

**WALTER EDUARDO MALAVER VARGAS**

ASESOR

**M. en I. HECTOR ALBARINO PEREZ LOAYZA**

CAJAMARCA – PERÚ

2017

COPYRIGHT © 2017 by  
WALTER EDUARDO MALAVER VARGAS  
Todos los derechos reservados

## ***AGRADECIMIENTO***

Agradezco a mi asesor, el M. en I. Hector Albarino Perez Loayza, por haberme brindado su tiempo con sus sugerencias, criticas, comentarios y amistad a lo largo del desarrollo de la tesis.

## ***DEDICATORIA***

A **Dios**, que fortaleció mi corazón e iluminó mi mente para guiar mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo mi periodo de estudio.

A mis padres, **Walter y Gloria**, por ser la base en todo lo que soy, con sus ejemplos de perseverancia y constancia que los caracteriza, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo, pero principalmente por su infinito amor.

A mi hermano **Diego** y mi tío **Carlomagno** por estar siempre presentes con un consejo, unas palabras de aliento y ser un ejemplo a seguir.

A mis mejores amigos **Erick Cotrina** y **Alex Sigüenza** por escucharme y siempre estar para mí, motivándome a alcanzar mis sueños.

# CONTENIDO

<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	III
<b>DEDICATORIA</b> .....	IV
<b>RESUMEN</b> .....	IX
<b>ABSTRACT</b> .....	X
<b>CAPITULO I</b> .....	1
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>1.1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	2
<b>1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</b> .....	3
<b>1.4. HIPÓTESIS</b> .....	3
<b>1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	3
<b>1.6. ALCANCES O DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	4
<b>1.7. LIMITACIONES</b> .....	4
<b>1.8. OBJETIVOS</b> .....	4
<b>1.8.1. OBJETIVO GENERAL</b> .....	4
<b>1.8.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	5
<b>CAPITULO II</b> .....	6
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	6
<b>2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS</b> .....	6
<b>2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES</b> .....	6
<b>2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES</b> .....	6
<b>2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES</b> .....	7
<b>2.2. BASES TEÓRICAS</b> .....	7
<b>2.2.1. PAVIMENTO</b> .....	7
<b>2.2.2. PAVIMENTO FLEXIBLE</b> .....	8
<b>2.2.3. DEGRADACION DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE</b> .....	9
<b>2.2.4. METODOS USADOS EN REHABILITACION DE PAVIMENTOS</b> .....	10
<b>2.2.4.1.MANTENIMIENTOS TRADICIONALES</b> .....	10
<b>2.2.4.2.UTILIZACION DE AGENTES REJUVENECEDORES</b> .....	13
<b>2.2.5. CONSTRUCCION DE SOBRECARPETAS( S/C) DE REFUERZO</b> .....	15
<b>2.2.5.1. SOBRECARPETAS A BASE DE CONCRETO HIDRAULICO</b> .....	17
<b>2.2.5.2. SOBRECARPETAS A BASE DE CONCRETO ASFALTICO</b> .....	21
<b>2.2.5.3. METODOS CONSTRUCTIVOS DE UNA CARPETA NUEVA O UNA S/C</b> ...23	
<b>2.2.6. PRINCIPIOS BASICOS A UTILIZAR EN EL DISEÑO</b> .....	24
<b>2.2.6.1. METODOS DE EVALUACION PARA CALCULO DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL FUTURA (SNF)</b> .....	28
<b>2.2.6.2. METODOS DE EVALUACION PARA CALCULO DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL EXISTENTE (SNEF)</b> .....	30
<b>2.2.7. PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DE SOBRECARPETAS (S/C) DE REFUERZO PARA PAVIMENTOS</b> .....	34
<b>2.2.7.1. PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DEL CASO 01: SOBRECARPETA A BASE DE CONCRETO ASFALTICO SOBRE PAVIMENTO FLEXIBLE</b> .....	36
<b>2.2.7.2. PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DEL CASO 02: SOBRECARPETA A BASE DE LOSA DE HORMIGON SOBRE PAVIMENTO FLEXIBLE</b> .....	41
<b>CAPITULO III</b> .....	46
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	46
<b>3.1. UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO</b> .....	46
<b>3.1.1. UBICACIÓN POLÍTICA</b> .....	46
<b>3.1.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA</b> .....	47
<b>3.2. PERIODO DE ESTUDIO</b> .....	48
<b>3.3. METODOLOGÍA</b> .....	48
<b>3.4. TIPO DE VÍA URBANA</b> .....	48

3.5.	ANTECEDENTES DE LA ESTRUCTURA VIAL.....	49
3.6.	PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN.....	50
3.6.1.	ASPECTOS PREVIOS.....	50
3.6.2.	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS.....	50
3.6.3.	PERSONAL.....	50
3.6.4.	SECUENCIA DEL PROCEDIMIENTO DE CAMPO.....	51
3.7.	DATOS DE CAMPO.....	55
CAPITULO IV .....		56
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....		56
4.1.	ANALISIS DE FALLAS Y ESTADO DE LA VIA .....	56
4.2.	INTERPRETACIÓN DEL DIAGNÓSTICO DE LA VÍA .....	78
4.3.	RESULTADOS OBTENIDOS DEL DISEÑO DE LOS ESPESORES DE LAS S/C .....	79
4.4.	INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DEL DISEÑO .....	79
CAPITULO V .....		81
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		81
5.1.	CONCLUSIONES .....	81
5.2.	RECOMENDACIONES .....	82
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		83
ANEXO 1 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS.....		84
ANEXO 2 ESTUDIO DE TRÁNSITO .....		127
ANEXO 3 DISEÑO DE LOS ESPESORES .....		141
ANEXO 4 GALERÍA FOTOGRÁFICA .....		151
ANEXO 5 COSTO POR PROPUESTA .....		156
ANEXO 6 PLANO DE UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN.....		163
ANEXO 7 PLANO EN PLANTA.....		165
ANEXO 8 PLANO DE SECCIÓN DE LA VÍA .....		168
ANEXO 9 PLANO DE UBICACIÓN DE CALICATAS .....		170
ANEXO 10 PLANO DE UNIDADES DE MUESTREO .....		173
ANEXO 11 PLANO DE ESPESORES OBTENIDOS PARA LAS SOBRECARPETAS.....		176

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2.2.1</b>	Causas y efectos de una mala Resistencia a la fatiga. ....	09
<b>Tabla 2.2.2</b>	Cálculo del Módulo de Resiliencia por ensayo de suelos realizado. ....	29
<b>Tabla 2.2.3</b>	Valores Sugeridos del coeficiente estructural para capas de pavimentos deteriorados. ....	32
<b>Tabla 2.2.4</b>	Valores Sugeridos para el coeficiente de drenaje en pavimentos. ....	33
<b>Tabla 2.2.5</b>	Cuadro Resumen de los tipos de sobrecarpetas posibles para pavimento.....	35
<b>Tabla 2.2.6</b>	Valores Recomendados para una adecuada Serviciabilidad.....	38
<b>Tabla 2.2.7</b>	Niveles de Confiabilidad para varias clasificaciones(R).....	38
<b>Tabla 2.2.8</b>	Coefficientes de equivalencia de espesor (ai). ....	40
<b>Tabla 2.2.9</b>	Valores de Transferencia de Cargas.....	44
<b>Tabla 2.2.10</b>	Típicos rangos de pérdida de soporte para varios tipos de materiales(AASHTO 1993). ....	45
<b>Tabla 3.1.1</b>	Ubicación geográfica.....	47
<b>Tabla 4.1.1</b>	Tabla de Coordenadas Geográficas de la zona en estudio .....	56
<b>Tabla 4.1.2</b>	Longitudes de unidades de muestreo asfálticas .....	58
<b>Tabla 4.3.1</b>	Valores obtenidos tras el diseño.....	79

## ÍNDICE DE ÁBACOS

<b>Ábaco 2.2.1</b>	Guía para diseño de estructuras de pavimentos flexibles usando el método AASHTO 93.....	26
<b>Ábaco 2.2.2</b>	Guía para diseño de estructuras de pavimentos rígidos usando el método AASHTO 93. ....	27
<b>Ábaco 2.2.2(a)</b>	Guía para diseño de estructuras de pavimentos rígidos usando el método AASHTO 93.....	27
<b>Ábaco 2.2.3</b>	Estimación del Módulo Efectivo de Reacción de la Subrasante mediante datos de suelos ...	30
<b>Ábaco 2.2.4</b>	Relación entre el Factor de condición y la Vida Remanente(AASHTO 1993).....	34
<b>Ábaco 2.2.5</b>	Relación del Coeficiente Estructural en función del Módulo de Resiliencia. ....	40
<b>Ábaco 2.2.6</b>	Corrección del Módulo K por pérdida potencial de soporte. ....	43

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 2.2.1</b> Estructura de pavimento rígido. ....	8
<b>Figura 2.2.2</b> Estructura de pavimento flexible.....	8
<b>Figura 2.2.3</b> Estructura de pavimento compuesto.....	8
<b>Figura 2.2.4</b> Comportamiento de un pavimento flexible.....	9
<b>Figura 2.2.5</b> Reparación de un bache. ....	11
<b>Figura 2.2.6</b> Aplicación de Slurry Seal en obra. ....	13
<b>Figura 2.2.7</b> Sistema de Reciclado en frío con emulsión asfáltica.....	15
<b>Figura 2.2.8</b> Sobrecarpeta a base de losa de concreto hidráulico sobre pavimento asfáltico .....	17
<b>Figura 2.2.9</b> Sobrecarpeta a base de concreto asfáltico sobre pavimento asfáltico .....	21
<b>Figura 3.1.1</b> Gráfico de ubicación de la zona en estudio Av.Mario Urteaga-calzada indicada (Entre Ovalo el Inca y Plazuela Víctor Raúl Haya La Torre).....	47
<b>Figura 3.4.1</b> Estructura del pavimento delaAv.Mario Urteaga (Entre Ovalo el Inca y Jr. Cumbe Mayo).49	

## ÍNDICE DE IMÁGENES

<b>Imagen 3.6.1</b> Topógrafo operador con el tesista en el levantamiento de la Avenida en estudio .....	52
<b>Imagen 3.6.2</b> Tesista considerando el ancho de la vía.....	52
<b>Imagen 3.6.3</b> Tesista analizando las fallas encontradas longitudinalmente en la vía.....	53
<b>Imagen 3.6.4</b> Tesista y el peón ubicados en la Primera Calicata .....	54
<b>Imagen 3.6.5</b> Tesista y el peón ubicados en la Segunda Calicata .....	54

## RESUMEN

### **Optimización del Diseño Estructural de Pavimentos de Concreto mediante el uso de Sobrecapas de Refuerzo para la: Av. Mario Urteaga - Carril noreste (Entre Ovalo el Inca y Jr. Cumbe Mayo) de la Ciudad de Cajamarca, 2016.**

La presente tesis tiene como objetivo mostrar una alternativa de solución al problema que se encuentra presente en las vías de nuestra ciudad y para éste estudio en particular, al de la Av. Mario Urteaga (Entre Ovalo el Inca y Jr. Cumbe Mayo), en la calzada con dirección noroeste, que posee una longitud aproximada de 500.00 m y que contempla como inconvenientes, el continuo atasco del tráfico por el mal estado en que se encuentra el pavimento actual, así como el deterioro de las llantas que sufren los vehículos al transitar por dicho pavimento; por dicha razón se procedió a realizar el estudio actual del estado de la vía, para lo cual se ha tenido en cuenta el análisis de algunos indicadores (análisis de tránsito, análisis de suelos, cantidad de fallas presentes, severidad de fallas, etc.) y con la recopilación de todos los datos se realizó el cálculo de los espesores necesarios para las sobrecarpets, complementando el diseño tradicional mediante el Método Aashto 93.

La estructura del pavimento está compuesta por las capas asfáltica, base y subbase respectivamente, y como resultado del diseño de las sobrecarpets para la vía en estudio, se ha obtenido espesores de 16.5 cm y 16.00 cm para sobrecarpets a base de concreto asfáltico y losa de hormigón; llegando a la conclusión de que el uso de las sobrecapas de refuerzo es una medida de rehabilitación práctica y cómoda en lo que respecta a costos y colocación, y de la misma forma que otras técnicas como el reciclado, restauración o la reconstrucción, su aplicación puede ser resultar muy eficaz.

**Palabras clave:** Evaluación de Pavimentos, Medidas de rehabilitación para pavimentos, Sobrecarpets de refuerzo, Diseño por Deficiencia Estructural, Capacidad estructural futura, Capacidad estructural existente.

## ABSTRACT

### **Optimization of the Structural Design of Concrete Pavements through the use of Reinforcement Overlays for: Av. Mario Urteaga- Northeastern Lane (Between Ovalo the Inca and Jr. Cumbe Mayo) of the City of Cajamarca, 2016.**

The present thesis aims to show an alternative solution to the problem that is present in the streets of our city and for this study in particular, to the Av. Mario Urteaga (Between Ovalo the Inca and Jr. Cumbe Mayo ), on the road that goes to the center of the city ,that has an approximate length of 500.00 m and which considers as inconveniences, the continuous traffic jam due to the poor state of the current pavement, as well as the deterioration of the tires suffered by the vehicles when traveling on said pavement, by said the current study of the state of the track was carried out, for which the analysis of some indicators (traffic analysis, soil analysis, number of present faults, fault severity, etc.) has been taken into account the compilation of all data was performed calculating the thicknesses required for the overpacks, complementing the traditional design using the Aashto Method 93.

The structure of the pavement is composed of the asphalt, base and subbase layers respectively, and as a result of the design of the overlays for the road under study, thicknesses of 16.5 cm and 16.00 cm have been obtained for overlays based on asphalt concrete and concrete slab. concrete; coming to the conclusion that the use of the overlays of reinforcement is a practical and comfortable rehabilitation measure in regard to costs and placement, and in the same way as other techniques such as recycling, restoration or reconstruction, its application can be very effective.

**Keywords:** Evaluation of Pavements, Rehabilitation measures for pavements, Reinforcement overlay, Design for Structural Deficiency, Future structural capacity, Existing structural capacity.

# CAPITULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. INTRODUCCIÓN

En la presente tesis se desarrolló la evaluación del estado situacional en el que se encuentra la Av. Mario Urteaga (Entre Ovalo el Inca y Plazuela Víctor Raúl Haya la Torre), en la calzada con dirección noroeste, con el fin de proponer posibles soluciones para su mejora, por lo que se realizó el conteo de fallas y descripción de la gravedad en la que se encuentra cada una de ellas a través de la aplicación del Método del Índice de Condición de Pavimentos.

El presente trabajo además, contiene el levantamiento topográfico de la vía, así como el estudio de mecánica de suelos, estudio de tránsito y análisis en general; todo esto con la finalidad de obtener los datos necesarios que nos permitan realizar el diseño de las sobrecapas de refuerzo aplicando el Método Aashto 1993 y de acuerdo a la Guía para el diseño de estructuras de pavimentos por AASHTO, pero para éste caso se va a complementar el diseño ya conocido y tradicional agregándole algunos indicadores que permitirán llegar al cálculo de los espesores buscados para las sobrecarpetas. Para esto se propone dos tipos de sobrecarpetas, que son a base de concreto asfáltico y de losa de hormigón y se evaluarán los resultados obtenidos con el fin de que se conviertan en una posible solución a la vía.

Para el desarrollo de la tesis, el informe se ha dividido en 5 capítulos:

En el capítulo I se presenta el planteamiento de la investigación, el problema, la justificación, los alcances, las limitaciones y objetivos de la investigación.

En el capítulo II se abordan los aspectos teóricos relacionados a la utilización de las sobrecarpetas; dividido en dos partes: antecedentes teóricos que va desde internacionales hasta locales; y bases teóricas dentro de las cuales se desarrolló los conceptos más importantes para la investigación.

En el capítulo III se desarrolla el procedimiento detallado utilizado para la obtención de los datos de campo.

En el capítulo IV se realiza el análisis de los datos obtenidos en el capítulo anterior y si dichos resultados resultan ser consistentes.

Finalmente, en el capítulo V se presenta las conclusiones a las que se llegó.

## **1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En la actualidad, uno de los problemas que más afecta a la provincia de Cajamarca, es el mal estado en el que se encuentran sus calles y por ende los pavimentos urbanos; dentro de ellos, las vías de principal comunicación dentro de la ciudad. Cualquiera sea el tipo de pavimento; ya sea flexible, rígido o mixto, es usual encontrar en ellos fisuras, depresiones y baches que dificultan el tránsito normal de los vehículos que circulan la ciudad y sus alrededores; no se puede hablar de una causa única del deterioro de las pistas, debido a que las fallas que afectan al pavimento se producen por diversidad de factores, entre ellos tenemos: el resultado de un mal diseño del paquete estructural, de la mala calidad de los materiales, de errores en el proceso constructivo, del efecto de solicitaciones externas como carga vehicular y agentes externos como los climáticos, pero uno de los principales problemas es que no se lleva a cabo un mantenimiento o rehabilitación adecuado puesto que no se toma en cuenta el plan de vida de la vía, es decir, no se evalúa el comportamiento estructural del pavimento con el paso del tiempo y sólo se interviene cuando el deterioro del pavimento es grave, para éste caso analizaremos la Av. Mario Urteaga (Entre el Óvalo el Inca y el Jr. Cumbe Mayo), exactamente en la calzada con dirección noroeste y que se encuentra dentro del área urbana de la ciudad de Cajamarca, cabe mencionar que, ésta Avenida mencionada, también se encuentra dentro del Plan de Acción de la Municipalidad Provincial de Cajamarca para su remodelación, rehabilitación o mejoramiento, según sea lo más adecuado.

Es de suma importancia la evaluación de los daños en el que se encuentra actualmente el pavimento de la vía ya mencionada, y si lograra ejecutarse en un futuro, se tenga un Análisis completo del diagnóstico, además de una Propuesta a través de Métodos de Rehabilitación mediante el diseño de Sobrecapas de Refuerzo, escoger el más conveniente y plantear alternativas de solución. Por ello, el resumen presentado en este estudio, se basa en el análisis de diferentes Técnicas de Rehabilitación para pavimentos, y específicamente en el Diseño de Sobrecapas de Refuerzo, utilizando el Método AASHTO 93; todo luego de haber realizado el diagnóstico situacional en que se encuentra el pavimento de la avenida mencionada, y el porqué es importante presentar una solución mediante la Rehabilitación, realizando el Diseño de Sobrecapas de Refuerzo usando AASHTO 93.

En función a lo anteriormente expuesto se presenta la tesis titulada: “Optimización del Diseño Estructural de Pavimentos de Concreto mediante el uso de Sobrecapas de Refuerzo, para la: Av. Mario Urteaga-Carril Noreste (Entre Óvalo el Inca y Jr. Cumbe Mayo), de la ciudad de Cajamarca, 2016 ”; en la cual se analizarán los diferentes métodos de rehabilitación que se pueden aplicar a la vía mencionada ; y entre ellos el diseño de Sobrecapas de Refuerzo utilizando el Método AASHTO 93 ; todo éste proceso, luego de haber realizado el diagnóstico situacional y recolección de datos necesarios.

### **1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cuál es el comportamiento estructural del pavimento de la: Av. Mario Urteaga (entre el Óvalo el Inca y Jr. Cumbe Mayo), de la ciudad de Cajamarca, utilizando Sobrecapas de Refuerzo, para la calzada en estudio?

### **1.4. HIPÓTESIS**

El Uso de Sobrecapas de Refuerzo, como Método de Rehabilitación para la calzada en estudio del pavimento de la: Av. Mario Urteaga (Entre el Óvalo el Inca y Jr. Cumbe Mayo) de la ciudad de Cajamarca, mejorará su condición de servicio.

- **Variable dependiente** : *Condición de servicio del pavimento.*
- **Variable independiente:** *Uso de sobrecarpas de refuerzo.*

### **1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

La Justificación Básica del proyecto es proponer nuevas Técnicas para la Rehabilitación de Pavimentos, para este caso, mediante el diseño de Sobrecapas de Refuerzo utilizando el Método AASHTO 93, y tomar un caso práctico de un problema que se encuentre en el pavimento de la vías de la Ciudad de Cajamarca, para así verificar que puede servir como una alternativa de solución, para el Mejoramiento de la Transitabilidad y Vías.

La calzada con dirección noroeste de la Av. Mario Urteaga (Entre el Óvalo el Inca y Jr. Cumbe Mayo) contempla como problemas el continuo atasco del tráfico por el mal estado en el que se encuentra el pavimento actual, además de encontrarse dentro de los Planes de Acción de la Municipalidad Provincial de Cajamarca, en lo que respecta a vías que necesitan rehabilitación y mejoramiento futuro, por lo que al terminar la investigación se

plantearán nuevas alternativas de solución al mal estado que afronta la vía y que sean viables a futuros problemas similares.

## **1.6. ALCANCES O DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

La investigación contiene la evaluación estructural de una de las calzadas que posee el pavimento de la Av. Mario Urteaga (entre Ovalo el Inca y Jr. Cumbe Mayo), de la ciudad de Cajamarca; y el estudio se realizará a partir de Agosto del 2016, mediante el Diagnóstico Situacional del estado en el que se encuentra dicho pavimento, exactamente en la calzada con dirección noroeste, de aproximadamente 500.00 m de longitud total y que además cuenta con un ancho de vía entre 7.00 y 7.50 metros.

Una vez analizadas las condiciones de servicio y otros factores, se procederá con el Diseño de las Sobrecapas de Refuerzo para el pavimento utilizando AASHTO 93 y su posterior discusión como una adecuada técnica de Rehabilitación.

## **1.7. LIMITACIONES**

La presente investigación se limitará a estudiar el Diagnóstico Situacional del pavimento, únicamente de la Av. Mario Urteaga (Entre el Óvalo el Inca y Jr. Cumbe Mayo), para la calzada con dirección noroeste, y así presentar como propuesta de Rehabilitación, el Diseño de Sobrecapas de Refuerzo utilizando el Método AASHTO 93, y por consiguiente la elección de la mejor alternativa de solución.

## **1.8. OBJETIVOS**

### **1.8.1. OBJETIVO GENERAL**

- Realizar el Diseño de Sobrecapas de Refuerzo usando el Método AASHTO 93, para la calzada en estudio de la Av. Mario Urteaga (Entre el Ovalo el Inca y Jr. Cumbe Mayo), de la ciudad de Cajamarca.

### **1.8.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar el Levantamiento Topográfico para la zona en estudio.
- Realizar el Diagnóstico Situacional del estado en el que actualmente se encuentra la calzada en estudio, a través del Método del Índice de Condición de Pavimentos (PCI).
- Realizar el Estudio de Mecánica de Suelos y Estudio de Tránsito, para hallar los valores a utilizar en el diseño de las sobrecapas de refuerzo.
- Elaborar un presupuesto de cada alternativa de sobrecapa, para el pavimento estudiado.
- Elaborar una hoja de cálculo con el procedimiento detallado aplicando el Método Aashto 93 y especificando la sobrecarpeta a tratar.
- Proponer los tipos y características de las sobrecarpetas de refuerzo a utilizar, según el análisis realizado para la rehabilitación de la vía.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS

##### 2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

**Luis Ricardo Vásquez (1909).** El tema de rehabilitación de pavimentos es utilizado por el Profesor Ricardo Vásquez, dando diversas cátedras acerca del “Diseño de Rehabilitación de Pavimentos Flexibles mediante sobrecapas de Concreto Asfáltico” perteneciente a la ciudad de Colombia, y a la Universidad Nacional de Colombia, estudia en primer lugar las deflexiones y otros existentes en pavimentos así como el uso de deflectómetros y de la Viga Benkelman por ejemplo, para lo cual realiza el diseño de sobrecarpetas de concreto asfáltico usando métodos empíricos, como por ejemplo la Fórmula de J. M. Kirk, y el Método de las Deflexiones usando ábacos para el desarrollo de las capas de refuerzo antes mencionadas.

**Diana Cainelli (2008).** En ayuda con los Ingenieros: Gustavo Mezzclani, Mario Noste y Jorge Tosticarelli, todos pertenecientes a Rosario, Argentina, realizan una importante investigación a la que la denominan: “Metodología de Análisis en los Proyectos de Refuerzo de Pavimentos”, en la cual describen una metodología de trabajo para abordar proyectos de rehabilitación de pavimentos, además de una importante y ágil herramienta para la cuantificación de la preparación de la superficie, tratan acerca de las capas de refuerzo para rehabilitar el pavimento y muestran una gran cantidad de resultados para un caso práctico.

##### 2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

**José Andrés Bermeo (2003).** En lo que concierne al plano nacional, en el departamento de Piura, se tiene la tesis :“Diseño de sobrecapas asfálticas de refuerzo en pavimentos usando el método del Instituto del Asfalto”, constituye un gran aporte al tema que merece ser ampliado, ya que existen otros métodos, no solamente trata el uso de sobrecapas asfálticas como alternativa de rehabilitación, sino también el uso de sobrecapas de refuerzo de concreto de cemento portland que, según sea el caso, pueden ser adheridas y no adheridas al pavimento por rehabilitar.

**Javier Morales Oliveros (2005).** Realiza la tesis basándose en los aportes de José Andrés Bermeo, titulada “Métodos en la Rehabilitación de pavimentos usando capas de refuerzo”, constituye la inspiración realizada para esta tesis pues el tema a investigar es similar, Javier Morales Oliveros aplica estos métodos y fórmulas empíricas para una vía de la ciudad de Piura.

**Klein Díaz Molocho (2009).** Realiza estudios titulándolos: “Refuerzo de Pavimentos según Instituto del Asfalto”, para la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, perteneciente a la Ciudad de Chiclayo, en estos estudios describe cada uno de los diferentes métodos existentes para el reforzamiento de Pavimentos tales como la escarificación, el reciclaje y reemplazo, los recapeos, etc.

### **2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES**

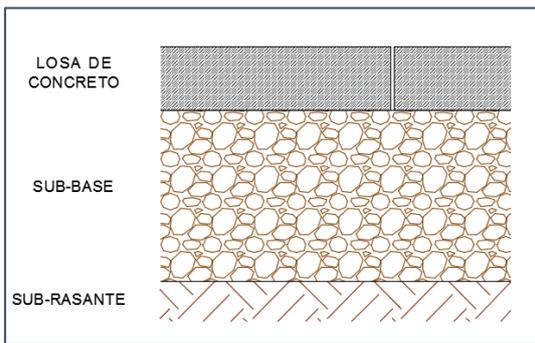
No se han encontrado antecedentes de trabajos similares realizados afines al tema de ésta tesis en la ciudad de Cajamarca.

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

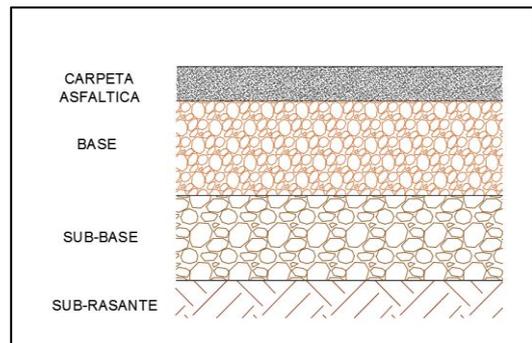
### **2.2.1. PAVIMENTO**

Un pavimento viene a ser una estructura compuesta de manera horizontal por una o un conjunto de capas de materiales, técnicamente seleccionados y compactados adecuadamente, comprendidas entre la subrasante y la superficie de rodamiento, cuyas funciones principales son las de proporcionar una superficie de rodamiento uniforme y resistente a la acción de tránsito, al intemperismo y otros agentes que puedan perjudicarlo. Su función es la de transmitir hasta la subrasante los esfuerzos producidos por el tránsito, haciendo posible que el tráfico peatonal y vehicular pueda utilizarse en condiciones de comodidad, economía y seguridad.

Los pavimentos se clasifican históricamente en dos categorías: rígidos y flexibles. Los pavimentos rígidos son aquellos que presentan una losa de concreto hidráulico y pueden o no tener capa sub-base entre la losa y subrasante. (Ver figura 2.2.1). Los pavimentos flexibles son aquellos que presentan una carpeta asfáltica construida sobre unas capas (base y sub-base), apoyándose todo este conjunto sobre la subrasante (Ver figura 2.2.2).

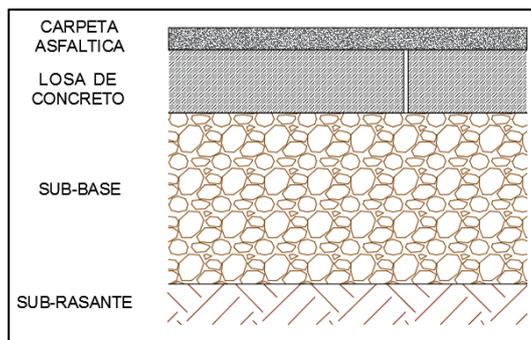


**Figura 2.2.1.** Estructura de pavimento rígido.



**Figura 2.2.2.** Estructura de pavimento flexible

Fuera de los tipos de pavimentos ya mencionados existe actualmente el llamado pavimento compuesto y es aquel en el que se combinan tipos de pavimentos diferentes, es decir, pavimentos "flexibles" y pavimentos "rígidos", normalmente la capa rígida está por debajo y la capa flexible por encima. También se lo conoce como semirrígido o semiflexible. (Ver figura 2.2.3).

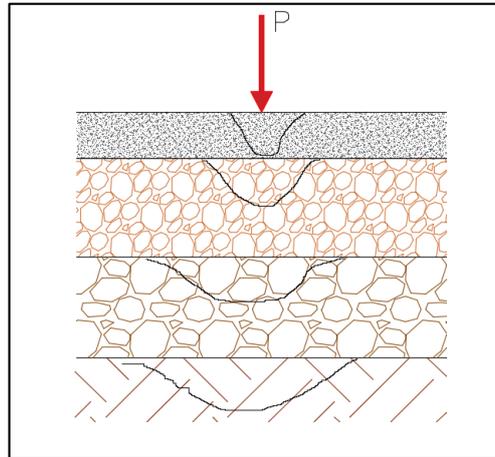


**Figura 2.2.3.** Estructura de pavimento compuesto.

## 2.2.2. PAVIMENTO FLEXIBLE

Se llama pavimento flexible a aquel cuya estructura total se defleca o flexiona dependiendo de las cargas que transitan sobre él, es decir que tiende a deformarse y recuperarse después de sufrir deformación, transmitiendo la carga en forma lateral al suelo a través de sus capas, poseen un revestimiento asfáltico sobre una capa base granular, el cual junto con la base absorben las tensiones verticales de compresión del suelo de fundación por medio de la absorción de tensiones cizallantes. Los pavimentos flexibles tienen bajos valores de resistencia a la flexo-tracción, en sus capas constitutivas, absorbiendo las sollicitaciones mediante su resistencia al esfuerzo de corte, dependiendo del espesor y calidad de estas capas. En general la calidad resistente de las capas

disminuye a medida que aumenta su distancia (profundidad) de la rasante (plano que recibe las sollicitaciones de tránsito). (Ver figura 2.2.4).



*Figura 2.2.4. Comportamiento de un pavimento flexible.*

### 2.2.3. DEGRADACIÓN DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE

**FATIGA:** En el caso de pavimentos flexibles, se presenta cuando se generan valores elevados de deformación a tracción en la zona inferior de la capa asfáltica, producto de las cargas impuestas por el parque automotor (cargas repetidas), este tipo de deformación es asociada a la respuesta resiliente que presenta la estructura cuando se mueven las cargas vehiculares.

*Tabla 2.2.1 Causas y efectos de una mala resistencia a la fatiga.*

CAUSAS	EFFECTOS
Bajo contenido de asfalto	Agrietamiento por fatiga
Vacíos altos de diseño	Envejecimiento temprano del asfalto, seguido por agrietamiento por fatiga
Falta de compactación	Envejecimiento temprano del asfalto, seguido por agrietamiento por fatiga.
Espesor inadecuado de pavimento	Demasiada flexión seguida por agrietamiento por fatiga.

*Fuente: Diseño de mezclas asfálticas.*

**EXCESO DE DEFORMACIÓN PERMANENTE:** La deformación permanente es la deformación vertical residual que se va acumulando debido al paso de vehículos la cual puede generar fallas estructurales o funcionales en el pavimento, la deformación

permanente total es la suma de la deformación producida en cada una de las capas del pavimento.

#### **2.2.4. METODOS USADOS EN REHABILITACION DE PAVIMENTOS**

En general, la evaluación del estado del pavimento, ayudará a fijar las prioridades de sobrecarpetas u otras medidas de rehabilitación y ayudará a establecer los programas de corrección en el pavimento.

##### **2.2.4.1. MANTENIMIENTOS TRADICIONALES**

Considerando que, de todos los elementos que constituyen un camino, la superficie de rodamiento es lo que más determina la posibilidad de un tránsito rápido, cómodo, y seguro, será por demás importante el corregir oportunamente sus deterioros para evitar que progresen y obliguen a una reconstrucción total para su arreglo, tradicionalmente se le ha dado mantenimiento normal a los pavimentos flexibles mediante bacheo, sellado de grietas, riego y renivelación, que bien pueden utilizarse en forma aislada o combinada.

A continuación, se describen, en términos generales, cada uno de estos trabajos:

##### **A. RELLENO DE GRIETAS**

Los procedimientos constructivos a utilizar para efectuar la corrección de grietas están en función del tipo (aislado o abundante), del ancho y de la profundidad de los mismos; estos procedimientos van desde relleno de grietas utilizando un producto asfáltico, mortero asfáltico o bien tratamientos superficiales, hasta la programación de una carpeta nueva o sobrecarpeta.

##### **B. RENIVELACION**

La manera de efectuar la renivelación, depende de la magnitud de la deformación, los trabajos para corregir dicha deformación puede ser el sistema de riegos superficiales o bien usando mezcla asfáltica.

### **C. BACHEO**

Es reponer una porción de la superficie de rodamiento que ha sido destruida por el tránsito, éstas porciones se dividen por su tamaño en “calaveras” y baches, según sea su dimensión mayor, respectivamente, inferior o superior a quince centímetros (15 cm.), los métodos para su corrección se basan en la forma de aparición de las “calaveras” y/o baches (aislados o continuos), a lo largo del camino y de las dimensiones de las mismas y el procedimiento para su reparación deberá ser utilizando mezcla asfáltica.



*Figura 2.2.5. Reparación de un bache.*

### **D. RIEGO DE SELLO**

Este procedimiento se puede definir como la capa de material pétreo que se liga a la carpeta por medio de un producto asfáltico, atendiendo a la magnitud de los trabajos y organización establecida para efectuarlos, se considera al riego de sello como una labor de reconstrucción cuando la superficie tratada exceda de mil (1000) metros lineales continuos y los casos en los que se recomienda el riego de sello son, primero, cuando se quiera proporcionar una superficie de desgaste a una carpeta cuando la carpeta existente esté agrietada y/o tenga textura muy abierta, para evitar que se introduzca agua y especialmente que ésta llegue a la base, y segundo, cuando se necesita dar rugosidad a la superficie para hacerla antiderrapante.

### **E. SELLADO DE GRIETAS**

Para obtener una conservación efectiva de los pavimentos, es muy importante que la subbase y la base se mantengan lo más seco que sea posible, las grietas dejan pasar a dichas capas reduciéndose su capacidad de carga, por lo tanto, uno de los objetivos

primordiales del mantenimiento de los pavimentos es mantener su superficie adecuadamente impermeable, en que las grietas deben mantenerse selladas todo el tiempo y dentro de los materiales de relleno se recomiendan las emulsiones asfálticas de asentamiento rápido, donde a menudo se utilizan asfaltos muy pesados (alta viscosidad) para el relleno de grietas menores de 3 mm. de ancho, y una mezcla de producto asfáltico y arena fina cuya fluidez garantice una adecuada penetración, para el relleno de grietas con anchos mayores a 3 mm.

#### **F. TRATAMIENTO SUPERFICIAL A BASE DE SLURRY SEAL**

El Slurry Seal, es una mezcla homogénea y semi-fluida de emulsión asfáltica, agua, filler mineral, y agregados finos bien graduados, la cual se aplica a la superficie del pavimento por medio de una caja distribuidora adaptada con correderas y dispositivos adecuados, los principales materiales del Slurry Seal son los agregados y la emulsión asfáltica, éstos deben estar limpios y triturados y deben ser durables y con graduación buena y uniforme, la emulsión es un sistema de tres partes que consisten de cemento asfáltico, agua y emulsionante, los principales usos de los tratamientos superficiales con Slurry Seal son para tratamientos preventivos y correctivos. Las especificaciones generales de la Asociación Internacional de Slurry Seal en su guía A-105 reconocen tres graduaciones básicas de agregados, donde cada graduación depende del objetivo del tratamiento particular, a continuación tratamos cada una de las tres graduaciones mencionadas:

**Tipo Fino I (1/8”):** El espesor del recubrimiento tipo 1 o fino es de 1/8”, con 6 a 10 lbs/yarda<sup>2</sup> de agregados y 0 a 16 % de cemento asfáltico residual, se usa para la máxima penetración en las grietas y como una preparación excelente para recubrir con mezcla en caliente o con riego de sello; comúnmente se usa en las áreas con poca densidad de tránsito

**Tipo General II (1/4”):** El espesor del recubrimiento tipo 2 o general es de 1/4” con 10 a 15 lbs/yarda<sup>2</sup> de agregados y 7.5 a 13.5 % de cemento asfáltico residual, es el más ampliamente usado para sellar, corregir desprendimientos severos, oxidación y pérdida de aglutinante, también se emplea para tránsito moderado y pesado

**Tipo Grueso III (3/8”):** El espesor del recubrimiento tipo 3 o grueso es de 3/8”, con 15 a 25 lbs/yarda<sup>2</sup> de agregados y 6.5 a 12 % de cemento asfáltico residual, se usa para corregir

condiciones severas de desprendimientos, como primera capa en la aplicación de las multicapas y para poder extender la vida útil.



*Figura 2.2.6. Aplicación de Slurry Seal en obra.*

## **G. MICROSURFACING**

Microsurfacing, es una mezcla de emulsión asfáltica modificada con polímeros pétreos triturados a un tamaño máximo de 3/8", filler mineral, agua y otros aditivos adecuadamente dosificados y luego mezclados y esparcidos en una superficie pavimentada, la emulsión asfáltica utilizada en Microsurfacing son del tipo CSS-1H modificada con polímero de rompimiento rápido, el polímero deberá ser molido o mezclado en el asfalto o mezclado en el emulsificante antes del proceso de emulsificado, y la mezcla de Microsurfacing tendrá en todo tiempo la consistencia adecuada de modo que asegure el espesor requerido para las condiciones de la superficie.

### **2.2.4.2. UTILIZACIÓN DE AGENTES REJUVENECEDORES**

Como se sabe, la mayor parte de los fondos para la conservación de las vías se aplica a la reparación de la superficie del pavimento, pues se han hecho considerables esfuerzos en el desarrollo de técnicas que económicamente y en forma práctica resuelvan el problema; es por esto que el perfilado mediante rebajado, el sistema de rejuvenecimiento y aún el sistema de reciclado constituyen métodos de reparación de pavimentos que se presumen se impondrán en un futuro cercano y que explicaremos a continuación:

## **A. SISTEMA DE REBAJADO**

El sistema de rebajados de pavimentos mediante equipos abrasivos y que han sido también planchados en frío es un método que permite reperfilear la superficie de los pavimentos, rápidamente se logra una buena superficie de rodamiento minimizando las interrupciones u obstáculos al tránsito.

## **B. AGENTES REJUVENECEDORES**

Algunas veces los pavimentos asfálticos desarrollan señales de envejecimientos prematuros, éste envejecimiento es un proceso químico que cambia la composición original y las propiedades del asfalto gradualmente, transformándolo de un material elástico y flexible a un rígido y quebradizo; aplicando “Reclamite” se puede conservar asfalto flexible y elástico por períodos más extensos y puede ser considerado verdaderamente flexible durante toda su vida de servicio, éste es económico y práctico para superar los efectos de envejecimiento, los resultados han sido extraordinarios pues no sólo alarga la vida de los pavimentos existentes, si no también mantiene su calidad por más tiempo del que era posible anteriormente. Es decir le devuelve las cualidades originales al asfalto, rejuveneciéndolo y proporcionando al concreto asfáltico, flexibilidad, ductilidad y una apariencia de nuevo, éste producto penetra en las mezclas asfálticas viejas transformándose en parte del ligante, revitalizándolas.

## **C. SISTEMA DE RECICLADO**

El reciclado de los pavimentos asfálticos ha resultado ser un método muy útil en la actualidad, ya sea realizado este en plantas móviles o fijas, el sistema mencionado ofrece un nuevo enfoque a la rehabilitación de éste tipo de pavimento, dentro de éste sistema existen dos tipos de reciclado, el primero, denominado reciclado en el lugar que consiste en el calentamiento y la escarificación retenida, duplicando la vida útil del pavimento, mientras que el segundo, denominado reciclado en planta que como su nombre lo dice mezclan tratando de evadir el problema de la contaminación presente.



*Figura 2.2.7. Sistema de Reciclado en frío con emulsión asfáltica.*

### **2.2.5. CONSTRUCCIÓN DE SOBRECARPETAS DE REFUERZO**

Las sobrecarpeta es una técnica de rehabilitación recomendada para pavimentos deteriorados, la corrección de fallas funcionales, así como también el reforzar un pavimento estructuralmente con problemas en la base o carpeta. Entre las razones principales para aplicar sobrecarpetas sobre pavimentos que pudieran parecer adecuados son permeabilidad excesiva, desprendimiento de la superficie, superficies deformadas y superficies con baja resistencia al deslizamiento, las fallas locales de la estructura deben ser corregidas seguidas de una renivelación general o local con un espesor mínimo que asegure una superficie uniforme, ésta renivelación debe ser seguida por un tratamiento superficial o una sobrecarpeta de mezcla asfáltica en caliente.

El espesor de la sobrecarpeta es diseñado para corregir un promedio bajo de las condiciones del pavimento, es por esto que, las áreas débiles deben corregirse para obtener una cimentación uniforme para la sobrecarpeta, es esencial una preparación cuidadosa y correcta del pavimento existente antes de la construcción de las sobrecarpetas, en muchos casos la calidad del recorrido debe ser restaurado por medio del perfilado o molido en frío de la superficie del pavimento áspera o deformada, y si en la superficie se tiene exceso de asfalto, tiene que corregirse antes de que sea colocada la sobrecarpeta, ya sea con aplicaciones repetidas de arena caliente, escoria o agregado de tamaño uniforme para eliminarlo.

En la construcción de sobrecarpetas debe ser considerado el problema de reflexión, pues las grietas de reflexión pueden afectar adversamente la integridad estructural y la calidad de recorrido del pavimento rehabilitado y necesitará incrementarse su mantenimiento, las grietas de reflexión pueden definirse como el movimiento o migración de la forma de las grietas de la subsuperficie a través de la sobrecarpeta, esto se desarrolla por movimientos de las capas inferiores y/o esfuerzos verticales, y se cree que es causado por la transferencia de altos esfuerzos horizontales a la sobrecarpeta en las grietas del pavimento subyacente; para esto se utilizan diferentes tipos de retardadores de grietas para minimizar la transmisión de las grietas de reflexión a través de la sobrecarpeta, en la actualidad entre los métodos actualmente utilizados para retardar la aparición de grietas en las sobrecarpetas se encuentran: Membranas Geotextiles, Reciclados y Rellenos de Grietas.

### **FACTORES BÁSICOS PARA EL ESTUDIO DE SOBRECAPAS DE REFUERZO:**

La capa de refuerzo debe ser capaz de brindar al pavimento reforzado resistencia (capacidad para soportar la acción del tráfico) y durabilidad (capacidad para resistir la acción del medio ambiente), durante el período para el cuál ha sido diseñado, todo esto, en condiciones de vialidad adecuados y con gastos de conservación normales para el tipo de vía que rehabilite, en la concepción del uso de capas de refuerzo intervienen fundamentalmente factores del tipo internos y externos que de alguna manera u otra tienen mucho que ver en el desempeño correcto de la sobrecarpeta:

#### **A. FACTORES INTERNOS:**

- El estado superficial del pavimento que se pretende reforzar.
- La estructura del pavimento existente, naturaleza y estado de cada una de sus capas componentes.
- La capacidad resistente del pavimento existente, ésta puede ser determinada mediante la medida de deflexiones.
- El tipo de material a emplear para la capa de refuerzo.

#### **B. FACTORES EXTERNOS:**

- Disponibilidad de fondos adecuados para realizar la capa de refuerzo.
- Disponibilidad de materiales y equipos.
- Como se manejará el tránsito de la vía durante la ejecución de la capa de refuerzo.

- Problemas constructivos como: ruido, contaminación, instalaciones subterráneas, espesor de bermas, etc.
- El estado del sistema de drenaje de la vía antes del refuerzo.
- Cargas de tránsito futuras.
- Clima local.

### **2.2.5.1. SOBRECARPETAS A BASE DE CONCRETO HIDRAULICO:**

La sobrecarpeta a base de losa de concreto hidráulico o Whitetopping, consiste en la colocación de una losa de concreto hidráulico sobre un pavimento asfáltico o de concreto que presente daños superficiales y que ha sido superado por las condiciones ambientales, por el volumen y peso del tránsito al que se encuentra sometido, su función consistirá en eliminar los mantenimientos continuos y sus correspondientes costos, entregando luego de su aplicación, un pavimento de excelente calidad que brinde una larga vida útil. Este tipo de sobrecarpeta satisface la demanda de la ciudadanía de transitar en calles seguras y en excelentes condiciones de servicio por más tiempo, ya que ofrece más de 20 años de vida útil y la técnica se ha utilizado con éxito en calles urbanas, caminos principales y aeropistas de Europa y Estados Unidos, sustituyendo para siempre el uso del pavimento asfáltico.



*Figura 2.2.8. Sobrecarpeta a base de losa de concreto hidráulico sobre pavimento asfáltico.*

### **PROCEDIMIENTO DE REHABILITACIÓN CON WHITETOPPING:**

Se va a tener en cuenta el siguiente procedimiento para la rehabilitación de pavimentos con sobrecarpetas del tipo Whitetopping o losa de concreto hidráulico:

1. Considerar deterioros en estado avanzado del pavimento tales como rodaderas,

desplazamientos o baches, es decir áreas donde ha habido falla de la subrasante y las cuales no darán el soporte uniforme a la sobrecarpeta de concreto hidráulico.

2. Reparación de baches superficiales y posible fresado de las zonas que presenten deformaciones importantes y fresado continuo para pavimentos delgados, también deben de definirse soluciones antes de colocar la carpeta de whitetopping, se puede usar varios métodos, como barrido y colocación directa, fresado, y colocación de una capa niveladora.
3. Dependiendo del proyecto se hará la selección del sistema de colocación más adecuado y con la información de mecánica de suelos y de tránsito que se obtenga, se procede a elaborar el diseño del Whitetopping.
4. Con el tramo a rehabilitar listo y el pavimento diseñado, se realiza el suministro de concreto hidráulico, cuidando siempre la calidad en la aplicación para garantizar el éxito del proyecto.
5. Luego de su colocación, se deberá realizar el terminado y el texturizado, evitando agregar agua a la superficie para no causar problemas de agrietamientos plásticos y pérdida de resistencia en la superficie, se debe proteger el concreto mediante curado para evitar la pérdida de humedad.
6. Por último, se deberán formar las juntas de contracción del concreto, ya sea a partir de su aserrado mediante discos con punta de diamante o con la inserción de cintas de PVC, en un tiempo tal que se evite el despostillamiento del concreto y se logre, además, evitar el agrietamiento no controlado de las losas.

#### **VENTAJAS:**

- Requiere de una mínima preparación de la superficie dañada, consistiendo ésta en la reparación de baches y el lavado de la carpeta asfáltica, en el caso del convencional y el fresado superficial de la carpeta para el caso del delgado.
- La vida útil del camino se incrementa a 20 años, disminuyendo drásticamente los costos por mantenimiento.

- La sobrelosa de concreto es capaz de soportar con amplios márgenes de seguridad las cargas típicas del tráfico urbano

Dependiendo del tipo de interfase utilizado, éste tipo de sobrecarpetas puede dividirse en: adheridas y no adheridas, de igual manera, si presentan un tipo de refuerzo, éstas se clasifican en: refuerzo de concreto simple, refuerzo de concreto reforzado con juntas y refuerzo de concreto continuamente reforzado, a continuación veremos algunos casos en los que se aplica la sobrecarpeta a base de losa de concreto hidráulico:

### **TIPOS DE SOBRECARPETAS A BASE DE CONCRETO HIDRÁULICO:**

Dentro de los tipos de casos en los que se puede colocar o rehabilitar un pavimento mediante pavimento a base de losa de concreto hidráulico tenemos:

- Sobrecarpeta de Refuerzo sobre Pavimento Asfáltico Existente.
- Sobrecarpeta de Refuerzo adherida al Pavimento Rígido Existente.
- Sobrecarpeta de Refuerzo no adherida al Pavimento Rígido Existente.

Como para nuestro caso, la vía en estudio está conformada por pavimento del tipo asfáltico o pavimento flexible, es que nos centraremos en el primer caso.

#### **A. SOBRECARPETA DE REFUERZO SOBRE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS:**

Los Pavimentos de: hormigón simple con juntas; hormigón reforzado con juntas y hormigón continuamente reforzado, sobre pavimentos del tipo asfálticos, mejoran su capacidad estructural y sus condiciones funcionales, la realización de este tipo de sobrecarpeta implica la materialización de los siguientes pasos constructivos:

- Reparación de áreas deterioradas y mejoramiento de las condiciones de drenaje en el pavimento asfáltico.
- Construcción de carriles ensanchados si fuera necesario.
- Fresado de la superficie existente si hubiera mucha distorsión o si la pendiente transversal fuera inadecuada.
- Colocación de una capa niveladora de concreto asfáltico, si fuera necesario.

- Colocación de la sobrecarpeta de hormigón.
- Aserrado y sellado de juntas.

### **A.1. TAREAS DE REPARACIÓN PREVIAS:**

Una de las grandes ventajas de esta solución es que las reparaciones del pavimento existente son muy escasas, sin embargo, deben repararse los siguientes tipos de fallas para evitar la reflexión de fisuras.

**a) Para sobrecarpetas a base de hormigón simple con juntas y pavimentos reforzados con juntas:** Deben de repararse fallas tales como Bombeo/disgregación, drenes de borde (si fuera necesario), además de asentamientos y protuberancias donde es necesario nivelar la capa de concreto asfáltico

**b) Para sobrecarpetas a base de hormigón continuamente reforzado:** Deben de repararse fisuras piel de cocodrilo, bacheo de sectores con altas deflexiones, bombeo-disgregación y asentamientos-protuberancias, es necesario por ello nivelar la capa de concreto asfáltico

### **A.2. CONTROL DE REFLEXIÓN DE FISURAS:**

Si el pavimento existente de concreto asfáltico tiene fisuras transversales severas por efecto térmico, se aconseja colocar algún tipo de capa separadora sobre las fisuras transversales para reducir el riesgo de reflexión de fisuras.

### **A.3. SUBDRENAJE:**

Las condiciones del subdrenaje de un pavimento existente usualmente tienen gran influencia en el desempeño de la sobrecarpeta, realizando la mejora de un subdrenaje pobre se afecta positivamente en el desempeño de la sobrecarpeta, por esto la remoción del exceso de agua de la sección transversal del pavimento reduce la erosión e incrementa la resistencia de la base y subrasante, lo que adicionalmente reduce las deflexiones inducidas por el tráfico.

#### **A.4. REFUERZO:**

Las sobrecarpetas de hormigón reforzado con juntas y hormigón continuamente reforzado deben tener armadura para mantener unidas las fisuras que se pueden producir, para su diseño se debe tomar en cuenta las recomendaciones para pavimentos nuevos.

##### **2.2.5.2. SOBRECARPETAS A BASE DE CONCRETO ASFÁLTICO:**

Las sobrecarpetas asfálticas pueden ser utilizadas para corregir las deficiencias de la superficie del pavimento como desprendimiento, aspereza, superficies deslizantes y deficiencias estructurales; éstas usualmente son corregidas mediante una nivelación de bajo espesor, pero las deficiencias estructurales requieren de sobrecarpetas diseñadas con factores tales como las propiedades del pavimento y las cargas de tráfico. Esta alternativa proporciona una nueva superficie de desgaste, mejorando la transitabilidad, la seguridad y la resistencia del pavimento, la nueva superficie permite la corrección de la sección transversal y los defectos de la superficie como grietas, rodaderas. También cabe decir que la selección de los materiales para la sobrecarpeta tienen un impacto importante en el plan de rehabilitación, pues la calidad de éstos afectará en el espesor de la misma, que depende de la capacidad estructural necesaria y del ciclo de vida que se considere.



*Figura 2.2.9. Sobrecarpeta a base de concreto asfáltico sobre pavimento asfáltico.*

El método más común para rehabilitar pavimentos existentes de concreto de cemento portland, o pavimentos asfálticos es utilizando capas de concreto asfáltico en caliente o hot-mix asphalt concrete (HMAC, por sus siglas en inglés), el concreto asfáltico es la mezcla de agregados pétreos, cemento asfáltico y filler, los agregados aportan resistencia a la mezcla debido a su rozamiento interno; el cemento asfáltico es el material que se encarga de ligar la mezcla, es decir de formar un aglomerado; el filler es un modificador

del asfalto que aumenta la cohesión interna del ligante y mejora el comportamiento a fatiga del mismo, asimismo el concreto asfáltico debe de poseer una cantidad de ligante asfáltico que conforme a su huso granulométrico cumpla con las condiciones requeridas para el diseño.

### **TIPOS DE SOBRECARPETAS A BASE DE CONCRETO ASFÁLTICO:**

Dentro de los tipos de casos en los que se puede colocar o rehabilitar un pavimento mediante una sobrecapa de concreto asfáltico tenemos:

- Sobrecarpeta de Refuerzo sobre Pavimentos Asfálticos.
- Sobrecarpeta de Refuerzo sobre Pavimentos de Concreto Previamente Fracturados.
- Sobrecarpeta de Refuerzo sobre Pavimentos de Hormigón
- Sobrecarpeta de Refuerzo sobre Pavimento de Asfalto puesto inicialmente en pavimento de hormigón

Como para nuestro caso, la vía en estudio está conformada por pavimento del tipo asfáltico o pavimento flexible, es que nos centraremos en el primer caso.

### **A. SOBRECARPETA DE REFUERZO SOBRE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS:**

Previo a la colocación de concreto asfáltico sobre un pavimento existente del tipo asfáltico, deben de tomarse en cuenta algunas tareas previas como la reparación de áreas deterioradas y mejoras del subdrenaje, corrección de ahuellamientos superficiales, por fresado, ensanche de carriles y aplicación de riego de liga.

#### **A.1. REPARACIONES PREVIAS:**

Si de acuerdo al análisis realizado es factible colocar este tipo de refuerzo, deben hacerse previamente las siguientes reparaciones:

- **Falla tipo piel de cocodrilo:** Las áreas de fallas tipo piel de cocodrilo de gran severidad deben ser reparadas, y las áreas localizadas de fallas moderadas de piel de cocodrilo deben ser reparadas a menos que se implemente algún tipo de control de reflexión de fisuras.
- **Fisuras lineales:** Las fisuras lineales de alta severidad deben ser parchadas, las fisuras con aberturas mayores de 6 mm deben ser rellenadas con una mezcla arena-asfalto.

- **Ahuellamiento:** Los ahuellamientos deben eliminarse mediante fresado o colocación de una capa niveladora, cuando el ahuellamiento sea muy severo, mayor a 6 mm, se deberá realizar una investigación.
- **Irregularidades superficiales:** Depresiones, sobreelevaciones y ondulaciones requieren una investigación y tratamiento especial y, en determinados casos, remoción.

## **A.2. CONTROL DE REFLEXIÓN DE FISURAS:**

La reflexión de fisuras en la sobrecarpeta se debe a la concentración de deformaciones debidas a movimientos en el pavimento subyacente por las cargas que producen tensiones de flexión o corte o en su caso por movimiento horizontal debida a cambios térmicos, entre algunos métodos para el control de fisuras se tiene las membranas sintéticas y las capas inhibidoras (son las que están formadas por material granular y porcentaje de cemento asfáltico)

## **A.3. SUBDRENAJE:**

Para el adecuado desempeño de un pavimento de asfalto que va a recibir una sobrecarpeta de asfalto, debe asegurarse una buena condición del subdrenaje, la clave está en remover el exceso de agua de la plataforma y evitar la erosión e incrementar la resistencia de subbase y subrasante.

### **2.2.5.3. MÉTODOS CONSTRUCTIVOS DE UNA CARPETA NUEVA O DE UNA SOBRECARPETA:**

Si se pretende construir una sobrecarpeta deberán efectuarse previamente los trabajos de conservación normal que requiera la carpeta existente, las carpetas o las sobrecarpetas asfálticas deberán tener como requisitos, en primer lugar, que no deberán desplazarse ni desintegrarse por acción del tránsito, en segundo lugar deberán de tener resistencia al intemperismo, y en tercer lugar, deberán de soportar, sin agrietarse las deformaciones.

## **A. USANDO EL SISTEMA DE MEZCLA EN EL LUGAR:**

El proceso para efectuar la construcción de la carpeta o de la sobrecarpeta utilizando el sistema de mezcla en el lugar es el siguiente:

- a) Sobre la base impregnada, o sobre la carpeta existente, debidamente limpia, se deberá dar un riego de liga en toda la superficie.
- b) Cuando el asfalto del riego de liga haya adquirido la viscosidad adecuada, se iniciará el tendido de la mezcla asfáltica, previamente al tendido, los materiales que constituirán la sobrecarpeta asfáltica se mezclarán a lo largo del camino con la utilización de la motoconformadora.
- c) Inmediatamente después del tendido de la mezcla, el cual también se hace con la motoconformadora, se procederá a su compactación, que se hará utilizando un rodillo liso, continuándola con un compactador neumático

#### **B. USANDO EL SISTEMA DE MEZCLA EN PLANTA:**

El proceso para efectuar la construcción usando este sistema es el siguiente:

- a) Sobre la base impregnada, o sobre la carpeta existente limpia, se dará un riego de liga en la superficie que quedará cubierta por la carpeta o por la sobrecarpeta.
- b) Esta etapa corresponde a la transportación de la mezcla asfáltica al lugar de tendido, previamente a la transportación, deberá efectuarse al mezclado de los materiales que conforman la carpeta en una planta estacionaria.
- c) Cuando los camiones que efectuarán el transporte de la mezcla asfáltica lleguen al sitio donde se realizará el tendido, estos deberán vaciarla dentro de la caja receptora de una máquina denominada esparcidor, extendedora o terminadora.
- d) Inmediatamente después del terminado de la mezcla asfáltica, deberá compactarse por medio de un compactador liso; a continuación, se empleará un compactador de neumáticos y por último, nuevamente el compactador liso.

#### **2.2.6. PRINCIPIOS BÁSICOS A UTILIZAR EN EL DISEÑO**

En primer lugar se va a indicar que para el diseño de las sobrecarpetas de refuerzo se va a utilizar el método AASHTO 93, pero se lo va a complementar para un diseño que resulte más completo, se hallarán entonces, dos valores determinantes para el diseño, pues se tiene

ya una capa existente de pavimento ya colocada y se busca una sobrecarpeta que la mejore. El primero de los valores es la Capacidad Estructural Futura (SNf), esperada y calculada con las consideraciones vistas en el diseño de espesores para un pavimento nuevo usando el método AASHTO 93, es decir mediante el análisis de variables como son el tránsito, estudios de suelos, condiciones de drenaje, el módulo de la subrasante, el tipo de vía y otros. Mientras que el segundo valor es la Capacidad Estructural Existente (SNef), es decir del pavimento que posee actualmente la vía; será necesario entonces, realizar el análisis del estado de la vía considerando cantidad de fallas, estado de las capas constituyentes y espesores existentes.

Con los dos valores ya calculados y el uso de algunas fórmulas que se verán más adelante se podrá determinar el espesor deseado para la nueva sobrecarpeta, es por esto que decimos, que el Método de Diseño de Sobrecarpetas, usando los procedimientos de diseño AASHTO 93 se basa en el concepto de "Deficiencia Estructural", pues si la capacidad estructural requerida para soportar el tráfico futuro durante un período especificado del diseño es denotada por SNf, y el pavimento posee una capacidad estructural efectiva existente SNef, entonces la diferencia entre SNf y SNef representa la deficiencia estructural que necesita ser corregida, por lo tanto, la capacidad estructural buscada (SNol) se determina con la siguiente ecuación:

$$SNol = SNf - SNef \quad (2.2.1)$$

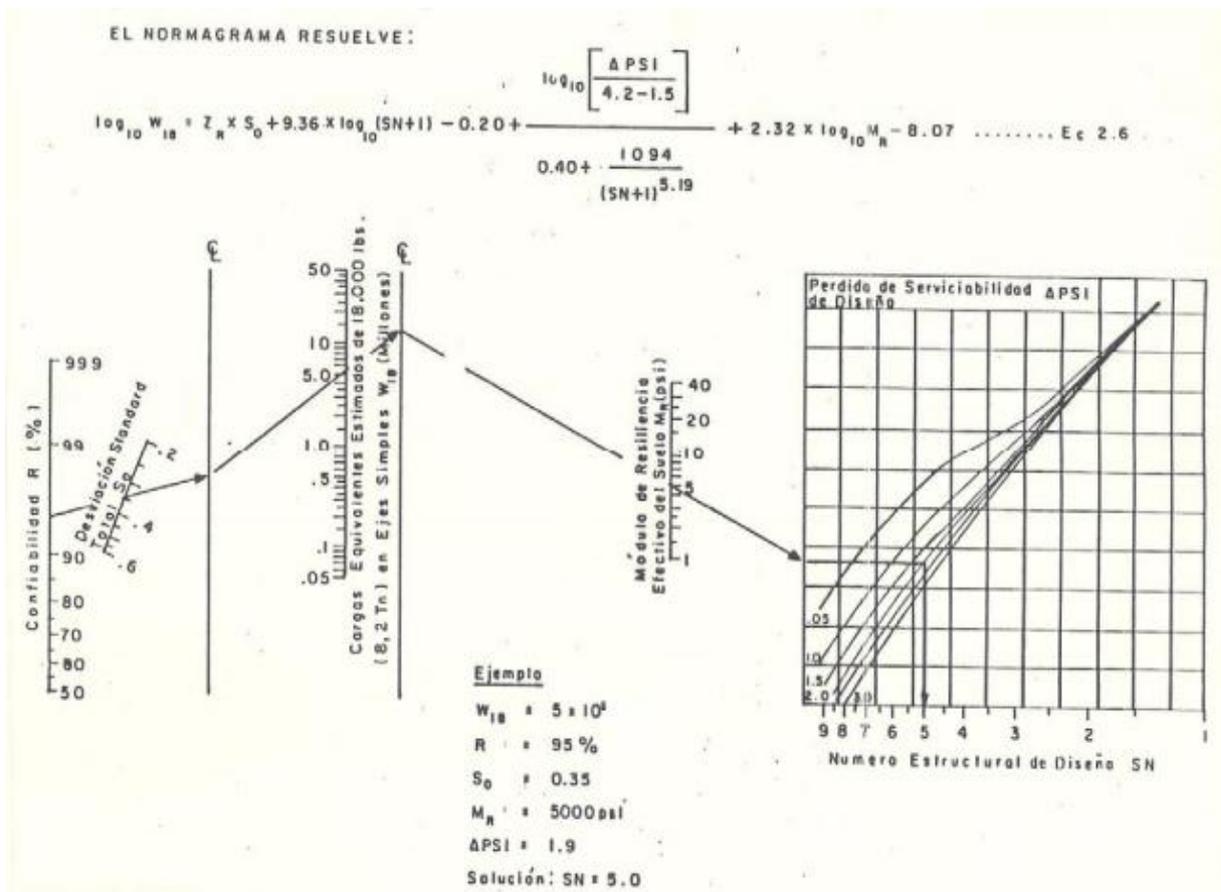
Obviamente, la capacidad estructural requerida será correcta solamente si SNf y SNef se determinan con precisión, puesto que la capacidad estructural necesaria para soportar el tráfico futuro es igual a la de un diseño de pavimento nuevo entonces SNf no es muy difícil de determinar, pues se sigue el procedimiento como para un pavimento nuevo usando el método AASHTO 93, mientras que SNef es el parámetro crítico que necesita ser determinado y que revisaremos más adelante.

Podemos decir entonces, que en el diseño actual de sobrecarpetas, la capacidad estructural buscada para los pavimentos existentes es representada por el número estructural (SNol) para los pavimentos flexibles y por el espesor de la losa (Dol) para los pavimentos rígidos, mientras que la capacidad estructural existente es denotada por SNef para los

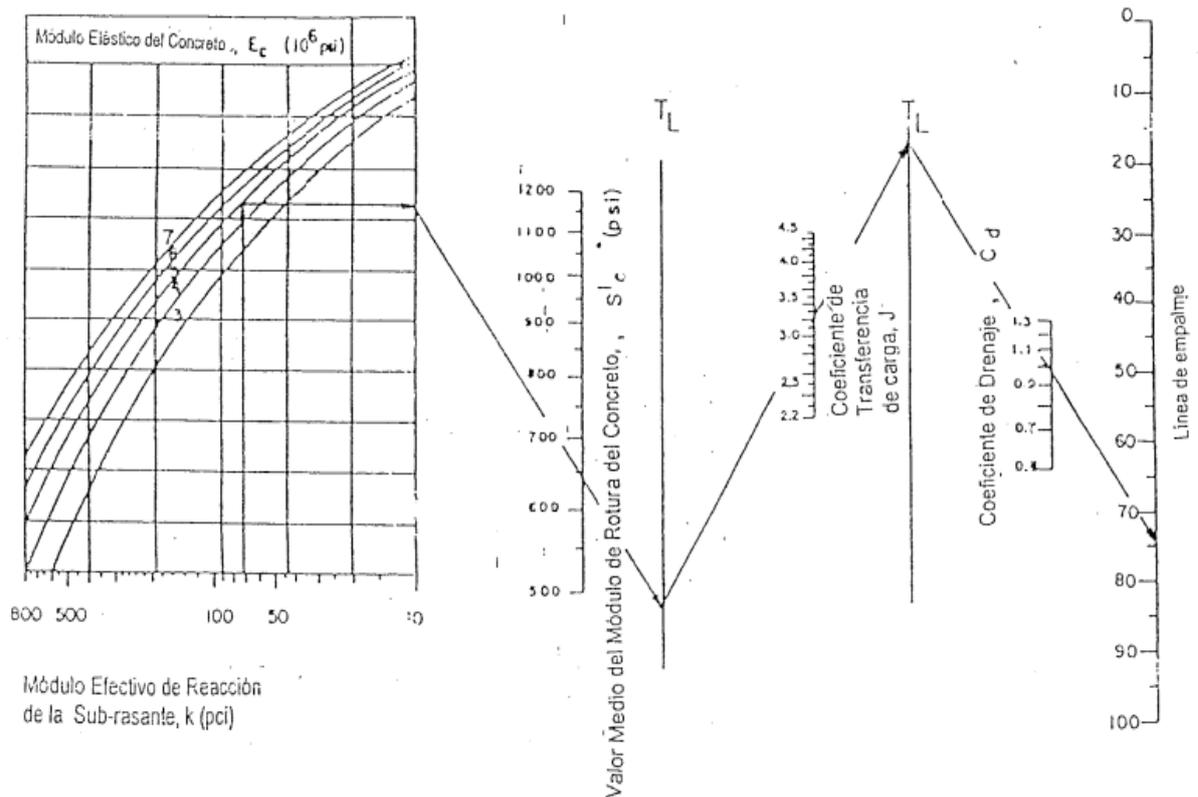
revestimientos flexibles y por Def para los pavimentos rígidos y compuestos, por ende la capacidad estructural requerida para soportar el tráfico futuro es denotada por SNf para los revestimientos flexibles y por Df para los pavimentos rígidos y compuestos. Resumiendo, el diseño de sobrecarpetas usando los procedimientos AASHTO 93 implica básicamente los pasos siguientes:

- Determinación de SNf o Df para caracterizar la capacidad estructural futura.
- Determinación de SNe f o Def para caracterizar la capacidad estructural existente.
- Determinación de SNol o Dol o capacidad estructural buscada.

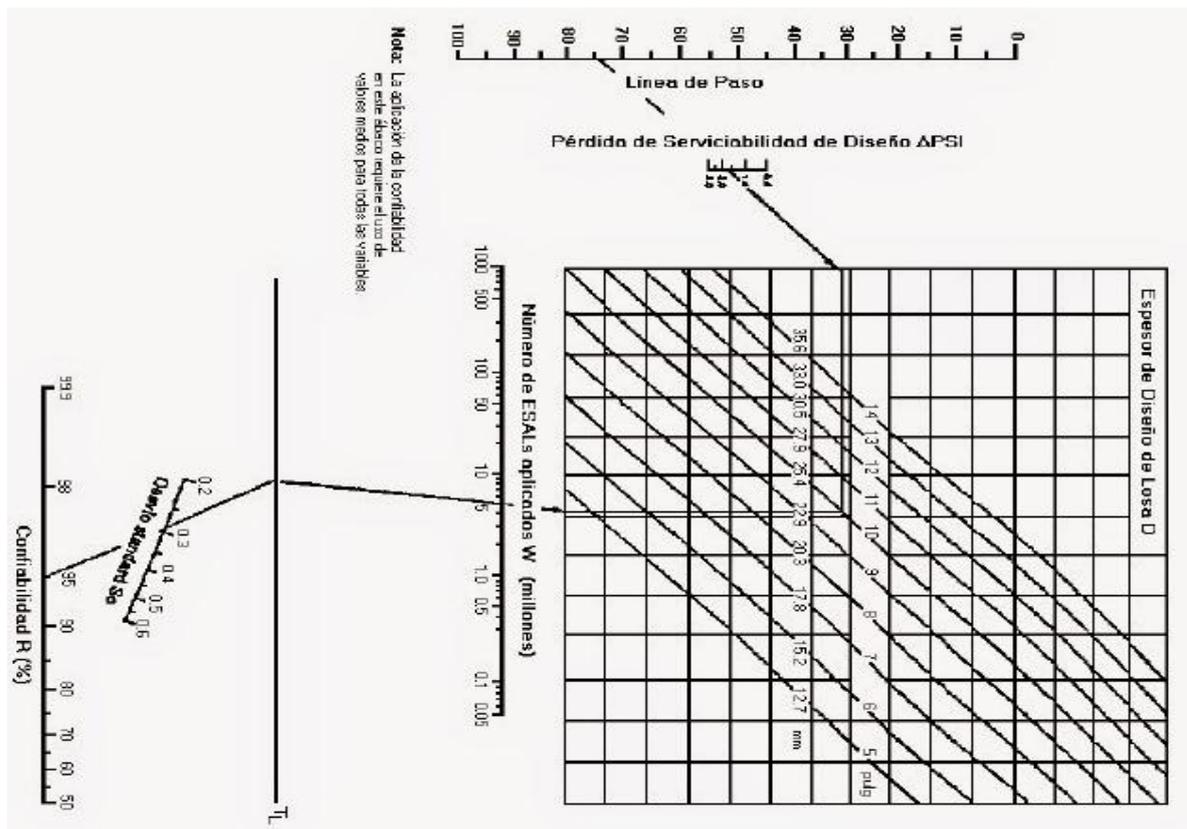
Los valores SNf o Df se determinan usando la ecuación de diseño de AASHTO 93 o los ábacos 2.2.1, 2.2.2(a) para pavimentos nuevos flexibles y rígidos respectivamente, es decir se sigue el diseño convencional que se realiza para pavimentos con el cálculo del espesor correspondiente, en lo que respecta a ésta tesis para el posterior diseño de los casos se va a emplear el uso de los ábacos antes mencionados y que presentamos a continuación:



*Abaco 2.2.1. Guía para diseño de estructuras de pavimentos flexibles usando el método AASHTO 93*



Abaco 2.2.2. Guía para diseño de estructuras de pavimentos rígidos usando el método AASHTO 93



Abaco 2.2.2.a Guía para diseño de estructuras de pavimentos rígidos usando el método AASHTO 93

### **2.2.6.1. MÉTODOS DE EVALUACIÓN PARA CÁLCULO DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL FUTURA (SNf):**

La determinación de las condiciones de soporte o la Capacidad Estructural Futura (SNf) es una consideración importante en el diseño de sobrecarpas mediante el Método AASHTO 93, como ya se había mencionado anteriormente calcularemos SNf a través de los ábacos para pavimentos flexibles y rígidos, calculando los parámetros necesarios para ingresar a ellos (Módulo Resiliente, Confiabilidad R, Desviación Estándar, Pérdida de serviciabilidad, etc.). Además, que para sobrecarpas de concreto asfáltico sobre pavimento asfáltico, y rígido fracturado, el soporte de la subrasante está caracterizado por el módulo resiliente de la subrasante, mientras que para los otros tipos de sobrecarpas, el módulo k de reacción es el que gobierna; por lo que en esta parte nos centraremos en calcular el valor de soporte pues los demás indicadores se hallarán como para el diseño tradicional empleando Aashto 93, entonces para el cálculo del valor k de la subrasante, se tienen las siguientes posibilidades:

- a) Ensayos de laboratorio y/o in situ.
- b) Retrocálculo con ensayos no destructivos (por ejemplo, FWD).
- c) Estimación por correlación con estudios de suelos y propiedades de los materiales.
- d) Diseño original o datos de construcción.
- e) Por Metodología de Diseño de la AASHTO 1993

#### **A. CÁLCULO DEL MÓDULO RESILIENTE DE DISEÑO**

Independientemente del método usado para determinar el módulo resiliente, especialmente cuando el módulo resiliente es estimado por ensayos no destructivos en una subrasante de espesor infinito, el valor es típicamente más alto que los valores medidos en laboratorio y por tanto, deben ser ajustados; si no se hace este ajuste, el SNf puede resultar muy bajo y la sobrecarpa subdimensionada.

#### **RETROCÁLCULO DEL MÓDULO RESILIENTE CON DATOS DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS:**

Un método simple para estimar el módulo resiliente a partir de deflexiones medidas en la superficie de pavimentos por capas ha sido propuesto por Ullidtz (1977; 1987) mediante un ensayo FWD, de esta manera, la deflexión medida depende enteramente en las

propiedades elásticas de la subrasante, sin tomar en cuenta el número, espesor y propiedades elásticas de las capas superiores, de estas observaciones, se ha determinado que la subrasante puede ser retrocalculada usando la siguiente ecuación y en donde para propósitos prácticos, la deflexión usada en esta ecuación debería ser lo más cercana posible a la del plato de carga:

$$M_R = 0.24 P / dr.r \quad (2.2.2)$$

Donde:

$M_R$  = Módulo Resiliente retrocalculado

P = Carga Aplicada

dr = Deflexión a la distancia r medida desde el centro de la carga

r = Distancia desde el centro de carga

Para el caso de nuestro estudio vamos a calcular el Módulo Resiliente de la Subrasante ( $M_R$ ) a través de la última alternativa propuesta, es decir siguiendo la Metodología de Diseño de la AASHTO y tendremos en cuenta entonces la siguiente tabla, en donde es necesario recordar que el C.B.R debe expresarse en psi.

**Tabla 2.2.2.** *Calculo del Módulo de Resiliencia por ensayos de suelos realizados*

<b>MODULO DE RESILIENCIA (<math>M_R</math>)</b>	<b>VALORES DE C.B.R</b>
$M_R = 1500 \times C.B.R$	C.B.R < 7.2 %
$M_R = 3000 \times C.B.R^{0.65}$	7.2 % < C.B.R < 20 %
$M_R = 4326 \cdot \ln(C.B.R) + 241$	C.B.R > 20 %

*Fuente: Metodología de Diseño Aashto 1993*

## **B. CÁLCULO DEL MÓDULO DE REACCIÓN DE LA SUBRASANTE**

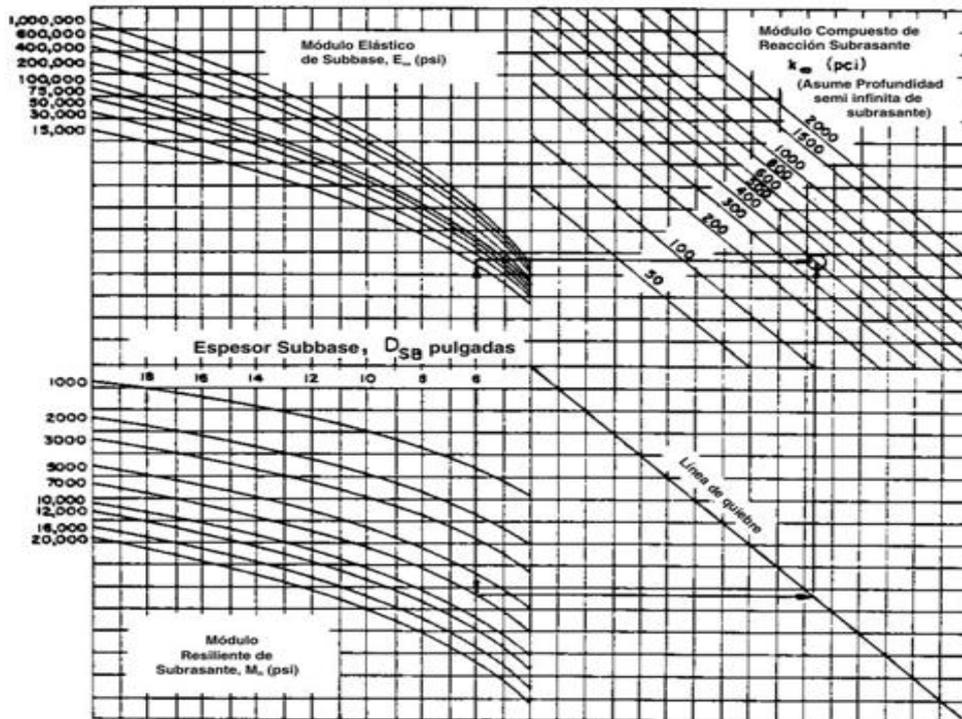
El módulo k estático efectivo se necesitará en el segundo caso, en donde se desea colocar una losa a base de concreto hidráulico, para su determinación se puede emplear los siguientes procedimientos:

- a) Retrocálculo del módulo k dinámico efectivo del cuenco de deflexión y la división por dos para obtener el módulo k estático efectivo.
- b) Estimación desde datos de suelos, tipo de base y espesor usando nomogramas de varias entidades.

En nuestro caso para el cálculo del módulo k estático efectivo vamos a aplicar la segunda opción en donde se va a utilizar el ábaco 2.2.3 que se muestra a continuación, esta alternativa es simple, y donde a partir de otros índices se busca llegar al módulo k buscado

**Example:**

$D_{SB} = 6$  pulgadas  
 $E_{SB} = 20,000$  psi  
 $M_R = 7,000$  psi  
 Solution:  $k_e = 400$  pci



*Abaco 2.2.3. Estimación del módulo efectivo de reacción de la subrasante mediante datos de suelos*

**2.2.6.2. MÉTODOS DE EVALUACIÓN PARA CÁLCULO DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL EXISTENTE (SNef):**

Como anteriormente se ha explicado, la determinación del valor de la Capacidad Estructural Existente (SNef) es de suma importancia en el cálculo final del espesor deseado de la sobrecarpeta, para éste caso se van a analizar algunos de los métodos con los que se hallará dicho valor, estos son: Método de la Inspección Visual y Método de la Vida Remanente; cada uno de estos aplicados a pavimentos del tipo asfálticos como el de la vía estudiada. Para pavimentos rígidos la denominación de la Capacidad Estructural Existente cambiará de SNef a Def, a continuación analizaremos los métodos antes mencionados.

## A. MÉTODO DE LA INSPECCIÓN VISUAL Y ENSAYO DE MATERIALES

La observación de las condiciones del pavimento es un importante componente en la determinación de la capacidad estructural efectiva existente, la observación debe comenzar con la revisión de toda la información disponible tomando en cuenta al diseño, construcción e historia de mantenimiento, para luego toda ésta revisión sea seguida por una inspección detallada para identificar el tipo, cantidad, severidad y localización de cada deterioro y de que forma el grado del deterioro recae sobre la capacidad estructural (SNef). Los siguientes tipos de deterioro indican deficiencia estructural en superficies de concreto asfáltico:

- Fatiga o fisuras en forma de piel de cocodrilo en las huellas vehiculares, ahuellamientos en las huellas vehiculares, fisuras transversales o longitudinales desarrolladas en los baches, áreas falladas localizadas donde las capas inferiores con desintegradas y ocasionan el colapso de la superficie de concreto asfáltico.

Mientras que si nuestro pavimento fuese pavimento del tipo rígido se tendrían en cuenta las siguientes deficiencias:

- Deterioro (desportilladuras o escalonamiento) con fisuras transversales y longitudinales, fisuras de borde en juntas y fisuras transversales, áreas localizadas falladas donde la losa de hormigón se está desintegrando y ocasionando desportilladuras y baches, punzonamientos localizados, principalmente en pavimentos continuamente reforzados

Finalmente para determinar la Capacidad Estructural Existente SNef, por el método de observación visual y ensayo de materiales, utilizaremos la siguiente ecuación:

$$SNef = a_1D_1 + a_2D_2m_2 + a_3D_3m_3 \quad (2.2.3)$$

Donde  $D_1$ ,  $D_2$  y  $D_3$  son los espesores de cada capa y  $m_2$  y  $m_3$  se determinan de acuerdo a las condiciones de drenaje, los valores de  $a_1$ ,  $a_2$  y  $a_3$  serán menores que los que se consideran en un diseño nuevo debido al deterioro que presentan las capas, y serán obtenidas a través de la Tabla 2.2.3 que se muestra a continuación:

**Tabla 2.2.3.** Valores sugeridos del coeficiente estructural para capas de pavimentos deteriorados

<b>Material</b>	<b>Condición de Superficie</b>	<b>Coeficiente</b>
Pavimento Asfáltico	Muy poca piel de cocodrilo y/o fisuras transversales de baja severidad.	0,35-0,40
	<10% de piel de cocodrilo de baja severidad y/o <5% de fisuras transversales de media y alta severidad.	0,25-0,35
	>10% de piel de cocodrilo de baja severidad y/o <10% de piel de cocodrilo de severidad media y/o 5-10% de fisuras transversales de media y alta severidad	0,20-0,30
	>10% de piel de cocodrilo de severidad media y/o <10% de piel de cocodrilo de alta severidad y/o >10% de fisuras transversales de media y alta severidad	0,14-0,20
	>10% de piel de cocodrilo de alta severidad y/o >10% de fisuras transversales de alta severidad	0,20-0,35
Base Estabilizada	Muy poca piel de cocodrilo y/o fisuras transversales de baja severidad	0,20-0,35
	<10% de piel de cocodrilo de baja severidad y/o <5% de fisuras transversales de media y alta severidad	0,15-0,25
	>10% de piel de cocodrilo de baja severidad y/o <10% de piel de cocodrilo de severidad media y/o 5-10% de fisuras transversales de media y alta severidad.	0,15-0,20
	>10% de piel de cocodrilo de severidad media y/o <10% de piel de cocodrilo de alta severidad y/o >10% de fisuras transversales de media y alta severidad.	0,10-0,20
	>10% de piel de cocodrilo de alta severidad y/o >10% de fisuras transversales de alta severidad	0,08-0,15
Base o sub base granular	Sin evidencia de bombeo, degradación o contaminación por finos.	0,10-0,14
	Alguna evidencia de bombeo, degradación o contaminación por finos.	0,00-0,10

**Fuente:** Guía de Diseño AASHTO 93 para sobrecapas

Mientras que para el cálculo de los coeficientes de drenaje  $m_2$  y  $m_3$  vamos a utilizar la siguiente tabla extraída del diseño convencional de espesores de pavimentos nuevos utilizando el Método Aashto 1993

**Tabla 2.2.4. Valores sugeridos para el coeficiente de drenaje en pavimentos**

Características de Drenaje	Porcentaje de tiempo en el año, que la estructura del pavimento está expuesta a un nivel de humedad próximo a la saturación			
	< 1 %	1- 5 %	5- 25 %	> 25 %
Excelente	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.20
Bueno	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1.00
Regular	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.80
Pobre	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.60
Muy Malo	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.40

*Fuente: Metodología de Diseño Aashto 1993*

## **B. MÉTODO DE LA VIDA REMANENTE:**

Acá se asume que las cargas repetidas dañan gradualmente un pavimento y reducen el número de cargas adicionales que pueden llevar al pavimento hasta la falla, en un momento dado, aunque ninguna indicación directamente observable del daño pueda existir, una reducción en capacidad estructural en términos de capacidad de carga futura puede estar presente, para la determinación de la vida remanente, el proyectista debe determinar la cantidad de tráfico real que el pavimento ha soportado hasta la fecha ( $N_P$ ) y la cantidad de tráfico total que llevaría al pavimento al nivel de falla ( $N_{1.5}$ ). De acuerdo con las ecuaciones del Aashto, la “falla de un pavimento” se define cuando éste alcanza una serviciabilidad de 1.5 y ambas cantidades del tráfico se deben expresar en 80-kN (18- kip) EALs. La diferencia entre estos valores, expresados como un porcentaje del tráfico total de falla, se define como vida remanente, usamos por eso la siguiente ecuación:

$$RL = 100 * (1 - (N_P / N_{1.5})) \quad (2.2.4)$$

Donde:

RL = Vida remanente, en porcentaje

$N_P$  = Tráfico total a la fecha del diseño, en EALs

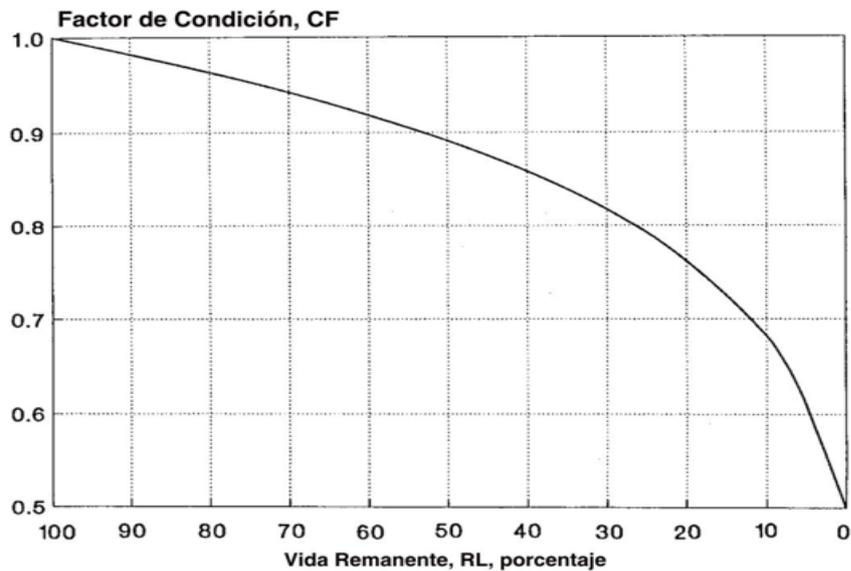
$N_{1.5}$  = Tráfico total hasta la falla, en EALs

Usando el concepto de Vida Remanente, el proyectista puede obtener el factor de condición (CF) mediante el Abaco 2.2.4 de AASHTO 93, mientras que la capacidad

estructural existente puede ser estimada multiplicando la capacidad estructural original por CF. Por ejemplo, el número estructural original (SNo) de un pavimento flexible puede ser calculado con los datos de espesor y coeficiente estructural y el SNef del pavimento basado en los conceptos de vida remanente puede ser definido a partir de la siguiente ecuación:

$$SN_{ef} = CF * S_{No} \quad (2.2.5)$$

Para la determinación de  $N_{1.5}$ , se usan las ecuaciones de diseño de AASHTO teniendo en cuenta que para llegar a un nivel de serviciabilidad de 1.5 y considerando una confiabilidad del 50% y al usar este procedimiento, el diseñador no debe alarmarse si encuentra que  $N_p$  excede a  $N_{1.5}$ , dando por resultado una vida remanente negativa, pues tales resultados reflejan la variabilidad del desempeño del pavimento y los errores resultantes de la predicción en las ecuaciones AASHTO del desempeño/diseño, cuando sucede esto, el diseñador puede utilizar el valor mínimo para CF (0.50).



*Abaco 2.2.4. Relación entre el Factor de condición y la Vida Remanente (AASHTO 1993)*

## 2.2.7. PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DE SOBRECARPETAS DE REFUERZO PARA PAVIMENTOS

En la presente parte se va a describir los tipos de sobrecarpetas de refuerzo que pueden emplearse no solamente en pavimento flexible, sino también en pavimento rígido, posteriormente analizaremos el procedimiento de cálculo para aquellas que se apliquen sobre pavimento flexible como el de nuestra vía, especificando los datos necesarios para

llegar a dicho espesor; cabe recalcar que es de suma importancia el pavimento sobre el cual se desea colocar la sobrecarpeta, pues dicho pavimento es el que inicialmente debe de analizarse para así buscar las mejores soluciones. Aclaremos que el diseño de cada caso se realiza empleando el Método Aashto 93 ya conocido, pero como ya habíamos visto antes, complementaremos dicho diseño, ésta vez aplicándolo para sobrecarpetas de refuerzo.

*Tabla 2.2.5. Cuadro Resumen de los tipos de sobrecarpetas posibles para un pavimento*

<b>CUADRO RESUMEN DE CASOS DE DISEÑO POSIBLES- MÉTODO AASHTO 93</b>			
<b>Tipo de Caso</b>	<b>Tipo de S/C a utilizar</b>	<b>Tipo de Pavimento en Estudio</b>	<b>Fórmula final a emplear para el espesor</b>
<b><u>Caso N°01</u></b>	S/C a base de Concreto Asfáltico	Pavimento flexible existente.	$D_{ol} = (SN_f - SN_e) / a_{ol}$
<b><u>Caso N°02</u></b>	S/C a base de Losa de Hormigón.	Pavimento flexible existente.	$D_{ol} = D_f$
Caso N°03	S/C a base de Concreto Asfáltico	Pavimento rígido previamente fracturado.	$D_{ol} = (SN_f - SN_e) / a_{ol}$
Caso N°04	S/C a base de Concreto Asfáltico sobre una capa ya existente de asfalto.	Pavimento rígido existente.	$D_{ol} = A * (D_f - D_{ef})$
Caso N°05	S/C a base de Concreto Asfáltico	Pavimento rígido existente.	$D_{ol} = A * (D_f - D_{ef})$
Caso N°06	S/C a base de Hormigón Adherido	Pavimento rígido existente.	$D_{ol} = D_f - D_{ef}$
Caso N°07	S/C a base de Hormigón no Adherido	Pavimento rígido existente.	$D_{ol} = (D_f^2 - D_{ef}^2)^2$

*Fuente: Elaboración Propia*

Ahora vamos a revisar el procedimiento detallado para el Caso 01 y el Caso 02, que son los que se puede aplicar a nuestra vía en estudio, pues la base del pavimento existente es de pavimento del tipo flexible.

### **2.2.7.1. PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DEL CASO 01: SOBRECARPETA A BASE DE CONCRETO ASFÁLTICO SOBRE PAVIMENTO FLEXIBLE.**

El espesor necesario de sobrecarpeta se obtiene siguiendo los pasos que se indican a continuación, los que proveen un método de diseño que recomienda hacer ensayos sobre el pavimento para obtener datos de entrada confiables, si no es posible hacer esto, se puede encarar este problema mediante una observación visual de las fallas, obviando los pasos 04-05 y empleando alguno de los métodos ya vistos para hallar el Módulo Resiliente  $M_R$

#### **PASO 01: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PAVIMENTO EXISTENTE:**

Se debe de recabar información acerca de el espesor de cada capa y el tipo y material usado en cada una de ellas, también información acerca de la subrasante ya sea esto puede ser mediante registros del periodo de construcción, ensayos de suelos, etc.

#### **PASO 02: ANÁLISIS DE TRÁNSITO:**

Acá se debe de calcular la Cantidad de EALS acumulados en el carril de diseño ( $N_p$ ), para ser aplicado solamente si  $S_{Nef}$  se obtiene por el Método de la Vida Remanente, además del cálculo de EALS previstos en el carril de diseño durante todo el periodo de diseño ( $N_f$ ).

#### **PASO 03: OBSERVACIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO EXISTENTE:**

Es necesario detectar, distinguir y medir los tipos de fallas presentes, en base a los mismos pueden determinarse los coeficientes estructurales, es recomendable el realizar minuciosamente el estudio de los carriles más transitados para estimar estas cantidades.

Se debe determinar: porcentaje de superficie con piel de cocodrilo (baja, media y alta severidad), número de fisuras transversales por 1.6 km (baja, media y alta severidad), profundidad media de los ahuellamientos y evidencia de bombeos en fisuras y bordes de pavimentos.

#### **PASO 04: ENSAYOS DE DEFLEXIÓN:**

Los ensayos de deflexión se recomiendan para analizar el pavimento existente,

especialmente para vías de alto volumen de tráfico, las mediciones de deflexiones deben hacerse en correspondencia con la zona transitada por la rueda externa de los vehículos y los intervalos varían entre 30 y 300 m, se usan dispositivos que pueden transmitir cargas cerca de 40 KN y la carga puede ser pulsante o sinusoidal; las deflexiones se miden en correspondencia con el centro de la carga y a ciertas distancias.

### **MÓDULO RESILIENTE DE LA SUBRASANTE:**

Para esta parte aplicamos lo visto en la parte A del acápite 2.2.6.1, utilizaremos por ende la tabla 2.2.2 en la que el valor de  $M_R$  es calculado a partir de valores del C.B.R obtenido del ensayo de Mecánica de Suelos y siguiendo el mismo procedimiento de la Metodología de Diseño de Aashto 93.

### **PASO 05: MUESTREO Y ENSAYO DE MATERIALES**

La extracción de núcleos y ensayo de materiales son recomendados para analizar al pavimento existente, especialmente en caminos de alto volumen de tráfico, en caso de no ejecutar ensayo con FWD; se puede determinar también a partir de ensayos de laboratorio (AASHTO T294-91I) con una tensión desviante de 6 psi , de igual forma el estudio del concreto asfáltico existente nos permitirá conocer distintos grados de alteración, disgregación y erosión, lo propio puede hacerse con las capas base y subbase

### **PASO 06: DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL FUTURA $SN_f$ , REQUERIDA PARA EL TRÁNSITO FUTURO**

El Número Estructural requerido ( $SN_f$ ) se calcula utilizando los conceptos de diseño para pavimento nuevo, mediante el diseño AASHTO 93 ya conocido, a continuación, se discuten algunas de las variables necesarias, cabe indicar que al final de este paso se utilizará el uso del ábaco 2.2.1 para pavimentos flexibles visto anteriormente.

### **6.1) MÓDULO RESILIENTE EFECTIVO DE LA SUBRASANTE:**

Para el presente estudio se ha calculado el  $M_R$  de la Subrasante a partir de la Metodología de Diseño Aashto 1993 y la tabla 2.2.2 que nos calcula un valor a partir del C.B.R de diseño.

## 6.2) PÉRDIDA DE SERVICIABILIDAD DE DISEÑO:

Resulta de la diferencia entre la serviciabilidad inmediatamente después de colocada la sobrecarpeta, menos la serviciabilidad en el momento de la nueva rehabilitación, se va a tener en cuenta la siguiente tabla para la toma de valores:

*Tabla 2.2.6. Valores recomendados para una adecuada serviciabilidad*

<b>Índice de Serviabilidad Inicial (<math>P_0</math>)</b>	
4.20	Para pavimentos flexibles
4.50	Para pavimentos rígidos
<b>Índice de Serviabilidad Final (<math>P_f</math>)</b>	
2.50 o 3.0	Carreteras Principales
2.00	Carreteras con clasificación menor
1.50	Carreteras relativamente menores, donde las condiciones económicas determinan que gastos iniciales deben ser mantenidos bajos

*Fuente: Metodología de diseño AASHTO 93*

## 6.3) CONFIABILIDAD R DE LA SOBRECARPETA:

La confiabilidad afecta directamente el espesor de la sobrecarpeta, se aplican los mismos conceptos que en el diseño de pavimentos nuevos, a través de la tabla correspondiente para valores de confiabilidad en función de la clasificación funcional de la vía que se presenta continuación.

*Tabla 2.2.7. Niveles de Confiabilidad para varias clasificaciones(R)*

<b>Clasificación Funcional</b>	<b>Nivel de Confiabilidad Recomendado (%)</b>	
	<b>Urbano</b>	<b>Rural</b>
Interestatal y otras vías	85-99.90	80-99.90
Arterias Principales	80-99	75-85
Colectoras	80-95	75-95
Locales	50-80	50-80

*Fuente: Metodología de diseño AASHTO 93*

## 6.4) DESVIACIÓN STANDARD:

Algunas fuentes de incertidumbre son diferentes para el diseño de una sobrecarpeta comparados con los del diseño de un pavimento nuevo, de esta manera, los valores recomendados para diseños nuevos no pueden ser apropiados para diseños de sobrecarpetas. Por tanto, se recomienda utilizar un valor mínimo de 0.49, que de igual forma se encuentra dentro del rango de valores (0.40-0.50) para pavimentos flexibles de la Metodología de Diseño de Aashto 93.

A partir de todos los valores antes calculados es que ya se puede llegar a la determinación de la capacidad estructural futura  $SN_f$ , ya sea a partir de la ecuación AASHTO 93 o mediante el ábaco del mismo método, para el cálculo de pavimentos flexibles nuevo, ahora pasamos a calcular la capacidad estructural existente  $SN_{ef}$ .

#### **PASO 07: DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL EXISTENTE EFECTIVA $SN_{ef}$ , DEL PAVIMENTO EXISTENTE:**

Hay dos métodos para determinar el Número Estructural efectivo  $SN_{ef}$  de una sobrecarpeta de asfalto sobre un pavimento flexible: Método de la Observación Visual y Método de Vida Remanente, que son los ya vistos anteriormente, es conveniente usar los dos métodos para evaluar el pavimento, y luego seleccionar el valor de  $SN_{ef}$  basado en los resultados, haciendo uso del criterio ingenieril y de la experiencia.

##### **7.1) MÉTODO DE LA OBSERVACIÓN VISUAL Y ENSAYO DE MATERIALES:**

Para este caso debe de utilizarse la siguiente ecuación del número estructural vista en la parte A del acápite 2.2.6.2 y del mismo modo las tablas ya vistas con los valores para reemplazar en la ecuación:

$$SN_{ef} = a_1D_1 + a_2D_2m_2 + a_3D_3m_3 \quad (2.2.3)$$

Donde:

$a_1, a_2, a_3$ : Coeficientes estructurales para cada capa constituyente.

$D_1, D_2, D_3$ : Espesores de cada capa constituyente.

$m_2, m_3$ : Coeficientes de drenaje.

##### **7.2) MÉTODO DE LA VIDA REMANENTE:**

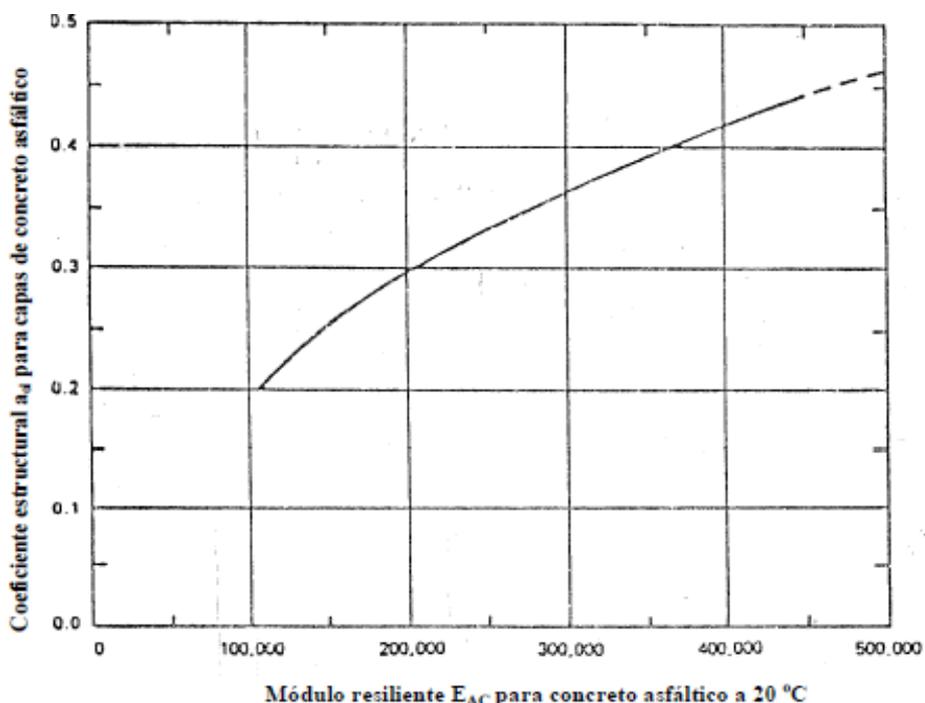
En el método de la vida remanente, de igual forma debe de tomarse en cuenta lo antes visto en la parte B del acápite 2.2.6.2 en donde se explica todo el procedimiento de cálculo, y la utilización del ábaco 2.2.4 de relación entre el factor de condición y la Vida Remanente. Para esta parte luego de calcular el valor de CF, se tendrá que hallar el valor de  $SN_{ef}$  usando la misma ecuación 2.2.3 vista en el Método de la Observación Visual y Ensayo de Materiales, pero la diferencia se encontrará en el cálculo de los coeficientes que para esta ocasión los determinaremos de la Tabla 2.2.8. de Coeficientes de equivalencia de espesor ( $a_i$ ), que mostramos a continuación:

**Tabla 2.2.8. Coeficientes de equivalencia de espesor (ai)**

COMPONENTE DEL PAVIMENTO	OBSERVACIONES	COEFICIENTE ai
<b>CAPA SUPERIOR</b>		
a) Carpeta concreto asfáltico tipo superior		0.165 / cm
b) Mezcla asfáltica en frío , en camino	Baja estabilidad	0.08 / cm
c) Trat. Superf. Bituminoso tipo doble / triple		0.25- 0.40
d) Sello Asfáltico ( con agregados )		0.03
<b>BASES</b>		
a) Bases tipo concreto asfáltico		0.17 / cm
b) Bases granulares: grava arenosa	CBR = 40 %	0.04/ cm
	CBR = 60 %	0.05 / cm
	CBR = 80 %	0.06 / cm
Agregado pétreo trituración	CBR = 100 %	0.07 / cm
c) Base granular tratada con asfalto		0.138/ cm
d) Base granular tratada con cemento		0.12/ cm
e) Base granular tratada con cal		0.09- 0.12 / cm
<b>SUB BASES</b>		
a) Arena, arcilla arenosa	CBR = 10 %	0.02/ cm
	CBR = 25 %	0.04/ cm
	CBR = 40 %	0.045/cm
b) Grava Arenosa	CBR = 60 %	0.05 /cm

*Fuente: Metodología de diseño AASHTO 93*

Finalmente y para hallar todos los valores necesarios para el cálculo, es necesario determinar el coeficiente “a<sub>ol</sub>”, para lo cual utilizaremos el ábaco 2.2.5 para su determinación:



**Abaco 2.2.5 Relación del coeficiente Estructural en función del Módulo de Resiliencia.**

## **PASO 08: DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE LA SOBRECARPETA:**

El espesor de la sobrecarpeta se determina con la expresión:

$$Dol = SNol/ aol = (SNf - SNef)/aol \quad (2.2.6)$$

Donde:

SNol = número estructural requerido para la sobrecarpeta

aol = coeficiente estructural de la sobrecarpeta de concreto asfáltico

Dol = espesor requerido de sobrecarpeta

SNf = número estructural futuro para el pavimento.

SNef = número estructural efectivo del pavimento existente

### **2.2.7.2. PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DEL CASO 02: SOBRECARPETA A BASE DE LOSA DE HORMIGÓN SOBRE PAVIMENTO FLEXIBLE.**

De la misma manera que para el caso anterior, el espesor necesario de sobrecarpeta se obtendrá siguiendo los pasos que se indicarán a continuación, si no es posible hacer esto, se puede encarar este problema mediante una observación visual de las fallas, obviando los pasos 04-05 y empleando alguno de los métodos ya vistos, para hallar el Módulo de Reacción K de la Subrasante.

#### **PASO 01: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PAVIMENTO EXISTENTE:**

Para diseñar una sobrecarpeta de hormigón sobre un pavimento de asfalto usando el procedimiento de AASHTO 93, debe determinarse los tipos de materiales existentes y los espesores de las capas.

#### **PASO 02: ANÁLISIS DE TRÁNSITO:**

Debe realizarse un análisis de tráfico para determinar el número de EALs futuros previstos en el carril de diseño durante el período de diseño.

#### **PASO 03: OBSERVACIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO EXISTENTE:**

Se necesita de una inspección que identifique como deterioros los levantamientos e hinchamientos, signos de disgregación en el pavimento asfáltico, y grandes fisuras transversales.

#### **PASO 04: ENSAYOS DE DEFLEXIÓN:**

Las realizaciones de ensayos de deflexión son altamente recomendables para este tipo de sobrecarpetas, para este paso se sigue el procedimiento visto en la parte B del acápite 2.2.6.1 en lo que respecta al Módulo K de Reacción de la Subrasante

#### **PASO 05: MUESTREO Y ENSAYO DE MATERIALES:**

A menos que deterioros en condiciones inusuales se presenten, la extracción de núcleos y ensayos de materiales no son requeridos.

#### **PASO 06: DETERMINACIÓN DEL ESPESOR REQUERIDO DE LOSA PARA EL TRÁNSITO FUTURO, Df:**

Los datos para determinar Df deben representar a las propiedades de la fundación, es importante tener en cuenta que las propiedades del pavimento rígido son el módulo elástico, módulo de rotura y transferencia de cargas, y el cálculo se realiza con las consideraciones para pavimento rígido nuevo y se proveen los rangos típicos y puede usarse la fórmula para pavimentos rígidos propuesta por AASHTO 93 o ya sea el método gráfico usando el ábaco para la determinación final, a continuación analizaremos cada variable necesaria para ingresar al ábaco mencionado.

#### **6.1) MÓDULO K ESTÁTICO EFECTIVO**

El módulo K estático efectivo se puede determinar por alguno de estos métodos:

a) Cálculo del k efectivo dinámico a partir de medidas de cuencos de deflexión, dividiendo el valor obtenido por 2

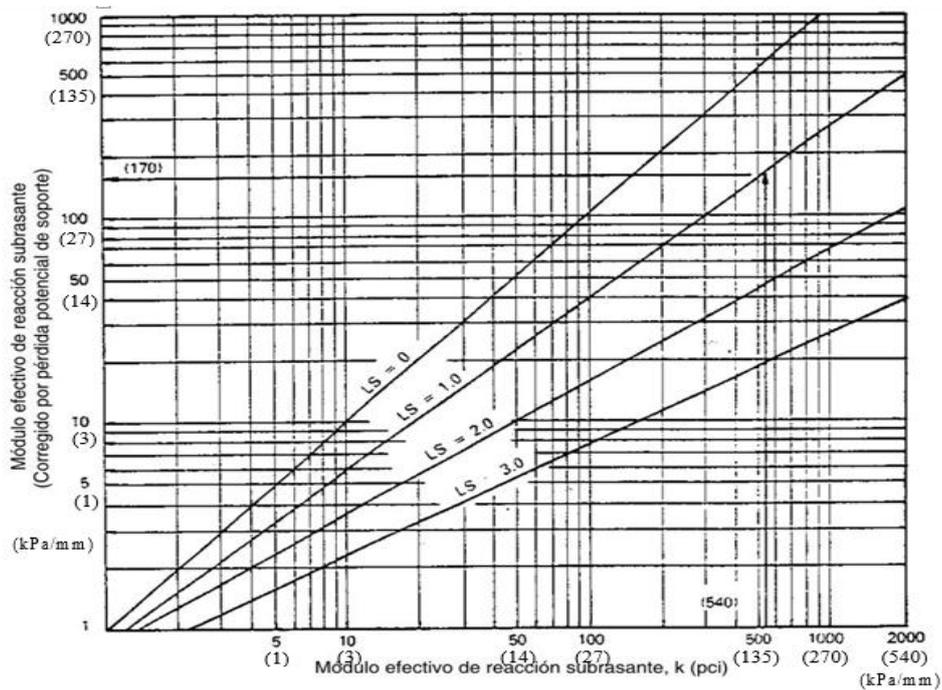
$$k \text{ estático efectivo} = k \text{ dinámico efectivo} / 2 \quad (2.2.7)$$

b) Determinación del módulo k por el ensayo de placa luego de la remoción de la losa en determinados sitios, esta alternativa es muy costosa y consume mucho tiempo, por lo que se usa muy poco.

Para nuestro caso vamos a calcular el Módulo K estático efectivo a partir de la determinación del Módulo k de reacción de la subrasante visto en el paso 04 determinado

a partir de los ensayos de suelos y luego aplicaremos la fórmula que nos indica la parte “a” dividiendo sobre 2 y hallando el valor buscado.

A continuación se presenta el ábaco 2.2.6 de corrección del Módulo k por pérdida potencial de soporte



*Abaco 2.2.6. Corrección del módulo K por pérdida potencial de soporte*

## 6.2) PÉRDIDA DE SERVICIABILIDAD DE DISEÑO

Es la diferencia entre la serviciabilidad inmediatamente después de la sobrecarpeta y la serviciabilidad en el momento de la próxima rehabilitación, se usa la misma tabla usada que para el Caso 01, esta vez aplicada a pavimentos rígidos.

## 6.3) FACTOR DE TRANSFERENCIA DE CARGAS J

La transferencia de cargas no debe medirse cuando la temperatura ambiente sea mayor de 27°C, ubicando la placa de carga con uno de sus bordes aledaños a la junta, se mide la deflexión en el centro de la carga y a 12 pulg (30 cm) del centro atravesando la junta. El porcentaje de transferencia de cargas por deflexión es:

$$\Delta LT = 100 \times (\Delta_{ul} / \Delta_l) \times B \quad (2.2.8)$$

Donde:

$\Delta_{ul}$  = deflexión del lado no cargado (pulg o mm)

$\Delta_l$  = deflexión del lado cargado (pulg o mm)

B = factor correctivo por flexión de losa

Se aplica el factor correctivo B porque las deflexiones  $d_0$  y  $d_{12}$  no serían las mismas que se medirían en el centro de la losa. B puede determinarse de la siguiente manera:

$$B = d_{0\text{centro}} / d_{12\text{centro}} \quad (2.2.9)$$

B varía entre 1.05 y 1.15. En base al porcentaje de transferencia de cargas puede determinarse el coeficiente de transferencia de cargas (Tabla 2.2.9), mientras que para pavimentos con refuerzo continuo, J varía entre 2.2 y 2.6

**Tabla 2.2.9** Valores de Transferencia de cargas

Porcentaje de transferencia de carga	Coficiente de transferencia de carga
> 70	3.20
50-70	3.50
< 50	4.00

*Fuente:* Guía de Diseño AASHTO 93 para sobrecarpetas.

#### **6.4) MÓDULO DE ROTURA DEL PAVIMENTO EXISTENTE DE HORMIGÓN**

El módulo de rotura puede ser determinado por 02 métodos, el primero, es la estimación a través de la resistencia a la tracción indirecta, y la segunda la estimación a través del módulo elástico del pavimento existente, usando las siguientes fórmulas:

$$S_c' = 43,5 (E/10^6) + 488,5 \quad (2.2.10)$$

Donde:

E = módulo elástico del hormigón (psi)

O alternativamente en unidades métricas:

$$S_c' = 43,5 (E/10^6) + 3370 \quad (2.2.10a)$$

Donde:

E=módulo elástico del hormigón (Kpa)

### 6.5) MÓDULO ELÁSTICO DE LA SOBRECARPETA

Se utilizará la siguiente fórmula para su determinación, en donde  $Sc'$  es el módulo de rotura del pavimento existente de hormigón:

$$Esc' = 26454 (Sc')^{0.77} \quad (2.2.11)$$

### 6.6) PÉRDIDA DE SOPORTE DE LA LOSA EXISTENTE:

La pérdida de soporte toma en cuenta la falla de soporte por erosión y movimientos verticales de la subbase y subrasante, para tomar en cuenta el módulo k y la tabla 2.2.10 sugiere rangos de variación.

*Tabla 2.2.10* Típicos rangos de pérdida de soporte para varios tipos de materiales (AASHTO – 93)

Tipo de Material	Módulo de elasticidad ó módulo resiliente (psi)	Factor de pérdida de soporte
Base granular tratada con cemento	1000000 – 2000000	0.0 - 1.0
Mezclas de agregado con cemento	500000 – 1000000	0.0 – 1.0
Base tratada con asfalto	350000 – 1000000	0.0 – 1.0
Mezclas bituminosas estabilizadas	40000 – 300000	0.0 – 1.0
Limo estabilizado	20000 – 70000	1.0 – 3.0
Material granular	15000 – 45000	1.0 - 3.0
Subrasante Natural	3000 – 40000	2.0 - 3.0

*Fuente:* Guía de Diseño AASHTO 93 para sobrecapas

### 6.7) CONFIABILIDAD DE DISEÑO DE LA SOBRECARPETA R:

La confiabilidad afecta en gran medida en el espesor de la sobrecarpeta, el diseño debe de realizarse como si fuese uno de pavimentos rígidos nuevos, pero en esta parte también se tomará en cuenta la tabla 2.2.7 vista en el caso 01

### 6.8) DESVIACIÓN STANDARD:

Las consideraciones de incertidumbre son diferentes para sobrecarpetas y pavimentos

rígidos nuevos, así mismo los valores apropiados varían según el tipo de sobrecarpeta por lo que se recomienda adoptar para este caso un valor de 0.39, tal como se lo hace para pavimentos rígidos nuevos.

#### **6.9) CAPACIDAD DE SUBDRENAJE DE LA LOSA EXISTENTE:**

La capacidad de subdrenaje debe ser prevista en función a las características del pavimento existente, el tomar en cuenta un valor de  $C_d = 1.0$  representa condiciones pobres de drenaje.

#### **PASO 07: DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE LA SOBRECARPETA:**

El espesor de sobrecarpeta es igual al requerido por la losa para tráfico futuro como se indica a continuación:

$$D_{ol} = D_f \quad (2.2.12)$$

### **CAPITULO III**

#### **MATERIALES Y MÉTODOS**

##### **3.1. UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO**

La investigación se realizó en la Av. Mario Urteaga (Entre el Óvalo el Inca y Jr. Cumbe Mayo- Plazuela Víctor Raúl Haya de la Torre) y en la calzada con dirección noroeste, además en el campus de la Universidad Nacional de Cajamarca, ubicado en la Av. Atahualpa N° 1050, Facultad de Ingeniería, en el laboratorio de Suelos y Pavimentos.

##### **3.1.1. UBICACIÓN POLÍTICA**

**DEPARTAMENTO** : Cajamarca

**PROVINCIA** : Cajamarca

**DISTRITO** : Cajamarca-Baños del Inca

**LUGAR** : Entre Óvalo El Inca (Cajamarca) y Plazuela Víctor Raúl Haya de la Torre (Cajamarca)

El pavimento en estudio corresponde a la Av. Mario Urteaga (Entre el Óvalo el Inca y Jr. Cumbe Mayo), y exactamente a la calzada con el sentido noroeste

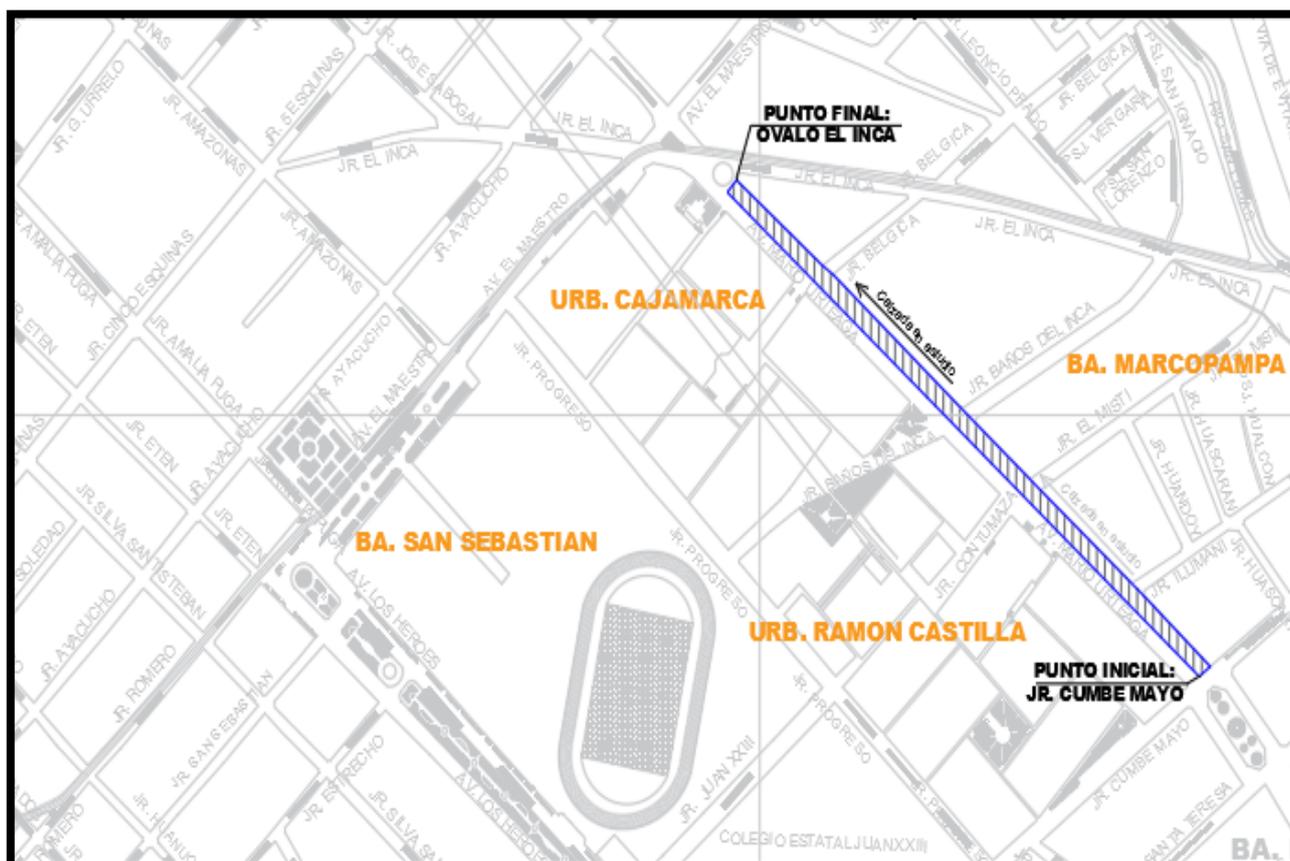
### 3.1.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La zona de estudio se encuentra ubicada al Sur Este con relación a la Plaza de Armas de la ciudad de Cajamarca, ubicado en el Distrito, Provincia y Región Cajamarca. Las coordenadas del tramo en estudio son:

*Tabla 3.1.1 Ubicación geográfica.*

VÍA URBANA - ENTRE ÓVALO EL INCA Y PLAZUELA VICTOR RAÚL				
SITIO	ABCISA	COORDENADAS		ELEVACIÓN (m)
		LONGITUD	LATITUD	
PUNTO FINAL	0+500	774967.467E	9207958.005N	2713.175
PUNTO INICIAL	0+000	775348.400E	9207626.850N	2706.229

*Fuente: Elaboración propia*



*Fig. 3.1.1. Gráfico de ubicación de la zona en estudio, Av. Mario Urteaga – Calzada indicada (Entre Óvalo El Inca y Plazuela Víctor Raúl Haya de la Torre)*

### 3.2. PERIODO DE ESTUDIO

La investigación se realizó a partir del periodo de Agosto del año 2016 en adelante.

### 3.3. METODOLOGÍA

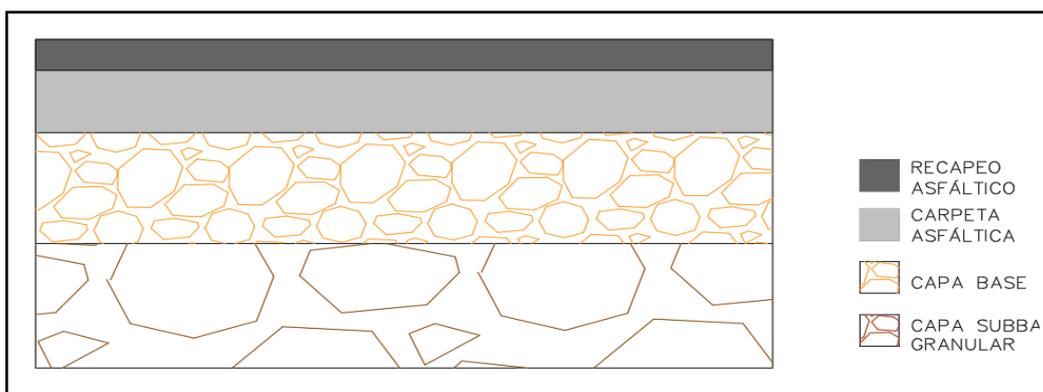
La metodología consiste ,en analizar el Estado Situacional en que se encuentra la calzada de dirección noroeste, del Pavimento de la Av. Mario Urteaga (Entre el Óvalo el Inca y Jr. Cumbe Mayo- Plazuela Víctor Raúl Haya de la Torre), mediante la metodología del Índice de Condición de Pavimentos, Levantamiento topográfico de la zona, Ensayos de Mecánica de Suelos, esto, acompañado con el recogimiento de datos de campo con las características del pavimento en estudio, espesores de capas constituyentes, materiales empleados, estudio de tránsito y otros. Finalmente se pretende lograr el mejoramiento del pavimento analizado, ya sea, empleando técnicas de rehabilitación y específicamente la del uso de sobrecarpetas de refuerzo como medida de solución.

### 3.4. TIPO DE VÍA URBANA

- **Según el tipo de Vía :** Vía Colectora
- **Tipo de Terreno:** Tipo 1 (Terreno plano  $i=2\%$ )

#### Características Principales

- Longitud del tramo : 500.00 m.
- Ancho de calzada : 7.00 a 7.50 m.
- N° de calzadas : 2
- N° de carriles : 2 (En cada calzada)
- Velocidad directriz : 80 Km/h
- Estructura : Pavimento asfáltico recapeo = 2.0 cm  
Pavimento asfáltico e = 5.0 cm  
Espesor de capa base e = 25.00 cm  
Espesor de capa subbase gran. e= 15.00 cm
- Calzada en Estudio : La del sentido hacia el centro de la ciudad.



*Figura 3.4.1 Estructura del pavimento la vía Av. Mario Urteaga (Entre Óvalo El Inca y Jr. Cumbe Mayo)*

### **3.5. ANTECEDENTES DE LA ESTRUCTURA VIAL**

Se va a tomar en cuenta la información, brindada por la Municipalidad Provincial de Cajamarca para tomar algunos datos; puesto que la obra de rehabilitación realizada para la vía en estudio es muy antigua y según el encargado de la Oficina de Obras de la MPC se realizó el asfaltado del tramo de la vía en el final del periodo de gobierno entre 1985-1990, pero recapitulando información, se han realizado parchados y recapeo de  $e = 2$  cm con material excedente de la planta de asfalto que en ese entonces tenía la Municipalidad Provincial de Cajamarca, además de un Mejoramiento de la Sub-base Granular de  $e = 15.00$  cm, y que anteriormente contaba con un espesor de 12.50 cm

A pesar de esto la vía estudiada se encuentra en un mal estado y el material colocado ya ha perdido su consistencia, lo que nos habla del descuido en el que se encuentra ésta y de la antigüedad de la última rehabilitación, a continuación presentamos la Estructura del Paquete Estructural, según información recopilada:

#### **Estructura del paquete estructural:**

- Espesor total de la carpeta asfáltica : 7.00 cm
- Espesor de la capa base : 25.00 cm
- Espesor de la capa sub-base : 15.00 cm

### **3.6. PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN**

#### **3.6.1. ASPECTOS PREVIOS**

El análisis consistirá en el levantamiento topográfico de la Avenida a estudiar, el análisis del Estado Situacional del pavimento en mención, mediante el PCI y otros estudios, así como ensayos de suelos mediante calicatas a distancias considerables para éste caso en las bermas que se encuentran a lo largo de la vía, además del estudio del tránsito, necesario para extraer los datos de campo que utilizaremos en el posterior diseño de las sobrecarpetas de refuerzo como medida de rehabilitación para el pavimento.

#### **3.6.2. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS**

- **Estación Total Leyca- 407-TCR :** Mediante la Estación Total el Topógrafo Operador se encargó del Levantamiento Topográfico de la Avenida en mención
- **Prisma Topográfico:** Servirá para realizar los disparos en los puntos mediante la Estación
- **Accesorios de medición y varios:** Cinta métrica de 3 m, plumones de punta gruesa, plomada, destornillador, alicates, hojas de campo, lápices, conos de seguridad, cincel, martillo, varilla de metal de 2 m, alambre de amarre, etc.
- **GPS Navegador:** El GPS nos determina las coordenadas geodésicas y planas de acuerdo al sistema referencia , de gran ayuda en el levantamiento topográfico
- **Herramientas para la realización de las Calicatas:** Dentro de éstos tenemos a las palas, picos, palanas, muestradores de suelos, bolsas para extraer las muestras correspondientes para llevar a cabo los Ensayos de Mecánica de Suelos.
- **Herramientas que sean de apoyo:** Pueden ser para la evaluación rápida de las fallas o planos de las secciones ya definidas, para las muestras en calicatas u otros.

#### **3.6.3. PERSONAL**

- **1 Especialista en Evaluación de Pavimentos:** Se encargará de la supervisión del

estado del pavimento y de tomar en cuenta cada una de las características de las fallas encontradas, capas y materiales, así como de la supervisión del levantamiento topográfico y ensayos de suelos mediante calicatas, éste puede trabajar a la par con el tesista para el caso.

- **1 Topógrafo Operador:** Se encargará de realizar el levantamiento topográfico completo de la avenida en estudio e instruir al ayudante de topografía.
- **1 Ayudante de Topografía:** Se encargará de ayudar a realizar el levantamiento topográfico ya sea como prismo, para avanzar más rápidamente el levantamiento debido a que es una zona muy transitada, ésta labor puede ser realizada por el tesista, el mismo que se encargará de realizar el estudio del estado actual de la vía así como del análisis de tránsito correspondiente.
- **1 Ayudante Auxiliar:** Que sea el encargado de cuidar los materiales de topografía, así como toma de capturas de fotografía en cada ensayo realizado, recolección de las muestras para los ensayos de suelos y otros.
- **2 Peones o trabajadores de obra:** Se encargarán de realizar las calicatas correspondientes a lo largo de toda la avenida, para éste caso en los jardines de las bermas a lo largo de la vía, previo consentimiento de la MPC.
- **1 Conductor:** Para la recolección de las muestras de suelo de las calicatas correspondientes, y hacer más fácil todo el trabajo.

#### **3.6.4. SECUENCIA DEL PROCEDIMIENTO DE CAMPO**

1. Primera visita a la zona a estudiar así como colocación de las estaciones respectivas para realizar el levantamiento topográfico completo.



*Img. 3.6.1. El Topógrafo Operador con el Tesista en el levantamiento de la Avenida en Estudio*

2. Medición de la distancia total de la vía así como otros por ejemplo al ancho de calzada en estudio, condiciones existentes, cunetas, alcantarillas, etc.



*Img. 3.6.2. El Tesista considerando ancho de la vía*

3. Medición de las fallas e imperfecciones encontradas a lo largo de la vía, para aplicar PCI, así como toma de fotografías en cada tipo de falla encontrada, condiciones de drenaje, características de la vía, anchos, bermas y otros.



*Img. 3.6.3. El Tesista analizando las fallas encontradas longitudinalmente en la vía*

4. Luego de realizar el análisis del estado en el que se encuentra nuestra vía, análisis de fallas, estructura del pavimento, se pasa a realizar el Estudio de Tránsito, que será necesario para calcular los EALs, para un periodo de diseño de las sobrecarpetas de refuerzo, para éste nos ubicamos en una zona de incidencia mayor de autos y realizamos el conteo por una semana para obtener resultados.
5. Es necesario realizar un Estudio de Mecánica de Suelos, para lo cual se realizaron dos (02) calicatas en los 500.00 m de vía estudiados, para así obtener nuestras muestras representativas y realizar los ensayos correspondientes, en el diseño es necesario datos como el CBR obtenido (al 95 %) para pavimentos, y otros como las características de cada estrato, perfil estratigráfico y el tipo de suelo del que está compuesto cada una.



*Img. 3.6.4. El Tesista y el peón ubicados en la primera calicata*



*Img. 3.6.5. El Tesista y el peón ubicados en la segunda calicata*

6. Se elabora una hoja de cálculo con los procedimientos a realizar según sea el pavimento a tratar y la sobrecarpeta que se desea colocar al pavimento en mención

7. Finalmente se realiza el diseño complementando el ya conocido Método de AASHTO 1993, pero, para este caso aplicado a sobrecarpetas de refuerzo, según los casos ya estudiados y se logra obtener los espesores como resultado final para su interpretación.

### **3.7. DATOS DE CAMPO**

Para ésta parte tomaremos los datos obtenidos del análisis del tránsito, así como del Estudio de Suelos y de la observación realizada, espesores, condiciones de drenaje y otros. Finalmente recopilando información tenemos los datos siguientes:

- Tipo de pavimento de la vía en estudio = Pavimento flexible
- Espesor de la Carpeta asfáltica = 7.00 centímetros (incluido recapeo asfáltico)
- Espesor de la Capa Base = 25.00 centímetros
- Espesor de la Capa Sub-base = 15.00 centímetros
- Número de EALs (Estudio de Transito) = 1770543.452
- CBR final para diseño = 4.80 % (Al 95 % de M.D.S)
- Tipo de Suelo obtenido (Estudio de Suelos) = Clasificación AASHTO tipo A-4, Clasificación SUCS CL, suelo arcillo gravoso de baja plasticidad con arena.
- Condiciones de Drenaje = Regulares condiciones
- Principales fallas observadas = Peladuras y mal estado del asfalto de la vía, fallas tipo piel de cocodrilo, parches y huecos.

## CAPITULO IV

### ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1. ANÁLISIS DE FALLAS Y ESTADO DE LA VÍA

Para ésta parte, se realizó un análisis de las fallas presentes en los 500 metros de la Av. Mario Urteaga (Entre Ovalo el Inca y Jr. Cumbe Mayo), en la calzada que tiene el sentido noroeste, y para lo cual presentamos los siguientes resultados:

- Vía : Avenida Mario Urteaga- Calzada indicada
- Especificaciones: Entre Ovalo el Inca y Jr. Cumbe Mayo
- Distrito : Cajamarca
- Provincia :Cajamarca
- Departamento :Cajamarca
- Longitud Total :0+000.00 – 0+500.00 m
- Calzada : La de dirección noroeste
- N° Carriles : 02 (por calzada)

#### A. CUADRO DE COORDENADAS GEOGRAFICAS

*Tabla 4.1.1. Tabla de Coordenadas geográficas de la zona en estudio*

SITIO	COORD.ESTE	COORD.NORTE	ELEVACIÓN
Punto Inicial	775348.400 E	9207626.850 N	2706.229 m
Punto Final	774967.467 E	9207958.005 N	2713.175 m

*Fuente: Elaboración Propia*

## **B. DESCRIPCIÓN DE LAS ANOMALÍAS ENCONTRADAS**

Vamos a analizar la severidad de las fallas encontradas en la calzada de la vía Av. Mario Urteaga (Entre Ovalo el Inca y Jr. Cumbe Mayo) con sentido noroeste, y será recomendable tener en cuenta un estudio de Tesis previo realizado por el Ing. Luis Enrique Nureña Torres titulado: “Evaluación del pavimento Flexible en la Av. Mario Urteaga Tramo Óvalo El Inca – Plazuela Víctor Raúl, utilizando la Metodología PCI”, realizado para el año 2015 y en el cual califica a la calzada en estudio mediante el Método de PCI.

- Datos recogidos de la Tesis: “Evaluación del pavimento Flexible en la Av. Mario Urteaga Tramo Óvalo El Inca – Plazuela Víctor Raúl, utilizando la Metodología PCI”, Ing. Luis Enrique Nureña Torres, Año 2015, para la calzada en estudio:

- La calzada en estudio presenta un estado de conservación “MUY MALO A MALO” con un valor de PCI de 25.
- Se determinaron siete (07) tipos de deterioros o fallas como son: Piel de Cocodrilo, Depresión, Grieta de Borde, Grietas longitudinal- transversal, Parcheo, Huecos y Meteorización y desprendimiento de agregados.
- El número total de fallas encontradas en las unidades en que se dividió al Tramo en estudio son 356, de las cuales la falla tipo Parche es la que predomina con un total de 193, de las cuales 77 son de severidad alta, 60 de severidad media y 56 de severidad baja.

A la actualidad han aparecido nuevas fallas y al mismo tiempo se ha dado el deterioro de las fallas antes encontradas, por lo que aplicaremos el MÉTODO DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTOS (PCI) para valorar el estado actual de la calzada.

## C. APLICACIÓN DEL MÉTODO DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTOS (PCI):

### C.1. CÁLCULO DE LAS UNIDADES DE MUESTREO:

A la actualidad han aparecido nuevas fallas y al mismo tiempo se ha dado el deterioro de las fallas antes encontradas, por lo que mostraremos un resumen de las anomalías actualmente presentes en la calzada en estudio y teniendo en cuenta los niveles de severidad halladas en la tesis antes mencionada:

Para el cálculo de las unidades de muestreo se basa en la tabla siguiente, pero este abarca solo hasta un 7.3 ancho de calzada máximo al que le corresponde una longitud de unidad de muestreo igual a 31.50

*Tabla 4.1.2. Longitudes de unidades de muestreo asfálticas*

Ancho de calzada (m)	Long. Unidad de muestreo (m)
5.00	46.00
5.50	41.80
6.00	38.30
6.50	35.40
7.30 (máximo)	31.50

*Fuente: ASTM D 5340-98 del Método de Evaluación del PCI*

Para nuestro caso el ancho de la calzada en estudio, se encuentra entre 7.00 y 7.50 metros, para lo cual tomaremos el valor  $m = 31.50$  metros de longitud de muestreo, luego tendremos:

Atramo =  $3781.20 \text{ m}^2 / 230 = 16.44 \approx 16.00$  Unidades de muestreo (U 's) o:

Ltramo =  $498.160 \text{ m}^2 / 31.50 = 15.81 \approx 16.00$  Unidades de muestreo (U 's)

Del resultado la longitud mínima consecutiva que se tomó para las unidades de muestra fue de 31.5 m., para así poder obtener mayor exactitud en los resultados.

### C.2. PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN:

La información sobre los daños se utiliza para calcular el PCI y el cálculo puede ser manual o computarizado y se basa en los “Valores Deducidos” de cada daño de acuerdo con la cantidad y severidad reportadas, se presenta el siguiente formato de toma de datos:



### **C.3. CÁLCULO DEL PCI DE LAS UNIDADES DE MUESTREO:**

El cálculo puede ser manual o computarizado y se basa en los “Valores Deducidos” de cada daño de acuerdo con la cantidad y severidad reportadas.

#### **Etapas 1. Cálculo de los Valores Deducidos:**

1. a. Totalice cada tipo y nivel de severidad de daño y regístrelo en la columna TOTAL de l formato. El daño puede medirse en área, longitud o por número según su tipo.

1. b. Divida la CANTIDAD de cada clase de daño, en cada nivel de severidad, entre el ÁREA TOTAL de la unidad de muestreo y exprese el resultado como porcentaje. Esta es la DENSIDAD del daño, con el nivel de severidad especificado, dentro de la unidad en estudio.

1. c. Determine el VALOR DEDUCIDO para cada tipo de daño y su nivel de severidad mediante las curvas denominadas “Valor Deducido del Daño” y de acuerdo con el tipo de pavimento inspeccionado.

#### **Etapas 2. Cálculo del Número Máximo Admisible de Valores Deducidos (m) :**

2. a. Si ninguno o tan sólo uno de los “Valores Deducidos” es mayor que 2, se usa el “Valor Deducido Total” en lugar del mayor “Valor Deducido Corregido”, CDV, obtenido en la Etapa 4.

2. b. Liste los valores deducidos individuales deducidos de mayor a menor.

2. c. Determine el “Número Máximo Admisible de Valores Deducidos” (m), utilizando la ecuación correspondiente.

#### **Etapas 3. Cálculo del “Máximo Valor Deducido Corregido”, CDV:**

El máximo CDV se determina mediante el siguiente proceso iterativo:

3. a. Determine el número de valores deducidos, q, mayores que 2.0.

3. b. Determine el “Valor Deducido Total” sumando TODOS los valores deducidos individuales.

3. c. Determine el CDV con q y el “Valor Deducido Total” en la curva de corrección pertinente al tipo de pavimento.

3. d. Reduzca a 2.0 el menor de los “Valores Deducidos” individuales que sea  $\geq$  que 2.

3. e. El máximo CDV es el mayor de los CDV obtenidos en este proceso.

#### **Etapas 4. Calcule el PCI de la unidad restando de 100 el máximo CDV obtenido**

### **C.4. RESULTADOS DEL ANÁLISIS MEDIANTE PCI:**

METODO PCI							ESQUEMA				
INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE											
HOJA DE REGISTRO											
Nombre de la Vía:		Av. Mario Urteaga			Sección :		1		Unidad de Muestra : U <sub>1</sub>		
Especificaciones:		Entre Ovalo el Inca y Jr. Cumbe Mayo			Fecha :		19/04/2018		Área (m <sup>2</sup> ) : 236.25		
Ejecutor:		Malaver Vargas, Walter Eduardo			NIVELES DE SEVERIDAD :		L = BAJA		M = MEDIA H = ALTA		
1. Piel de cocodrilo					8. Fisura de reflexión de junta				15. Desplazamiento		
2. Exudación					9. Desnivel carril-berma				16. Fisura parabólica o por deslizamiento		
3. Fisuras en bloque					10. Fisuras longitudinales y transversales				17. Hinchamiento		
4. Abultamientos y hundimientos					11. Parches y parches de corte utilitario				18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agreg.		
5. Corrugación					12. Agregado pulido				19. Huecos		
6. Depresión					13. Baches						
7. Fisura de Borde					14. Ahuellamiento						
FALLA	CANTIDADES PARCIALES DE FALLA						TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
11L	21.5	3.25	1.5	1.01			27.26	11.54	12.00		
11M	2.8	1.5	2.16	5	24		35.46	15.01	35.00		
11H	3.15	2.5	2.85	17.35	2.64	3.51	32	13.54	55.00		
6H	1.78	4.3					6.08	2.57	21.00		
19H	1.5	0.15	0.25				1.9	0.80	46.00		
18 M	57.5						57.5	24.34	24.00		
3H	0.36						0.36	0.15	15.00		
							<b>TOTAL VALOR DEDUCIDO</b>		<b>208.00</b>		
<b>NUMERO DE VALORES DEDUCIDOS &gt; 2 (q) :</b>		<b>6</b>									
<b>VALOR DEDUCIDO MAS ALTO HDV :</b>		55.00									
		m = 5.1327									
Número(q)	Valores Deducidos						TOTAL	CDV			
1-(6)	55.00	46.00	35.00	24.00	21.00	15.000		196	89		
2-(5)	55.00	46.00	35.00	24.00	21.00	2		183	87		
3-(4)	55.00	46.00	35.00	24.00	2			162	88		
4-(3)	55.00	46.00	35.00	2				138	83		
5-(2)	55.00	46.00	2					103	73		
6-(1)	55.00	2						57	57		
CLASIFICACIÓN PCI ( INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO)							MÁXIMO CDV	89			
100-85	85-70	70-55	55-40	40-25	25-10	10-0	PCI = 100 - MÁXIMO CDV		11		
EXCELENTE	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	MALO	MUY MALO	FALLADO	CONDICIÓN :		MUY MALO		

METODO PCI							ESQUEMA		
INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE									
HOJA DE REGISTRO									
Nombre de la Vía:	Av. Mario Urteaga			Sección :	1		Unidad de Muestra :	U2	
Especificaciones:	Entre Ovalo el Inca y Jr.Cumbe Mayo			Fecha :	19/04/2018		Área (m2) :	244.52	
Ejecutor:	Malaver Vargas, Walter Eduardo			NIVELES DE SEVERIDAD :			L = BAJA	M = MEDIA	H = ALTA
1. Piel de cocodrilo				8. Fisura de reflexión de junta			15. Desplazamiento		
2. Exudación				9. Desnivel carril-berma			16. Fisura parabólica o por		
3. Fisuras en bloque				10. Fisuras longitudinales y transversales			deslizamiento		
4. Abultamientos y hundimientos				11. Parches y parches de corte utilitario			17. Hinchamiento		
5. Corrugación				12. Agregado pulido			18. Peladura por intemperismo		
6. Depresión				13. Baches			y desprendimiento de agreg.		
7. Fisura de Borde				14. Ahuellamiento			19. Huecos		
FALLA	CANTIDADES PARCIALES DE FALLA					TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
11M	4.19	1.03	1.79	15	1.79	23.8	9.73	33.00	
11H	2.79	8.56	0.81			12.16	4.97	35.00	
10L(H)	10	2.8	15	11.15		38.95	15.93	42.00	
19H	0.3	0.15	0.18	0.45	0.84	1.92	0.79	49.00	
18M	57.5					57.5	23.52	24.00	
17H	2.5	2.2				4.7	1.92	36.00	
						TOTAL VALOR DEDUCIDO		236.00	
NUMERO DE VALORES DEDUCIDOS > 2 (q) :	5								
VALOR DEDUCIDO MAS ALTO HDV :	49.00								
		m =	5.6837						
Número(q)	Valores Deducidos					TOTAL	CDV		
1 -(5)	49.00	42.00	36.00	35.00	33.00	195	90		
2 - (4)	49.00	42.00	36.00	35.00	2.00	164	87		
3 -(3)	49.00	42.00	36.00	2.00		129	78		
4 -(2)	49.00	42.00	2.00			93	66		
5 -(1)	49.00	2.00				51	51		
CLASIFICACIÓN PCI ( INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO)							MÁXIMO CDV	90	
100-85	85-70	70-55	55-40	40-25	25-10	10-0	PCI = 100 - MÁXIMO CDV	10	
EXCELENTE	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	MALO	MUY MALO	FALLADO	CONDICIÓN :	MUY MALO	
									
									



METODO PCI							ESQUEMA			
INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE										
HOJA DE REGISTRO										
Nombre de la Vía:	Av. Mario Urteaga			Sección :	1		Unidad de Muestra :	U <sub>4</sub>		
Especificaciones:	Entre Ovalo el Inca y Jr.Cumbe Mayo			Fecha :	19/04/2018		Área (m <sup>2</sup> ) :	245.48		
Ejecutor:	Malaver Vargas, Walter Eduardo			<b>NIVELES DE SEVERIDAD : L = BAJA</b>				<b>M = MEDIA</b>	<b>H = ALTA</b>	
1. Piel de cocodrilo				8. Fisura de reflexión de junta				15. Desplazamiento		
2. Exudación				9. Desnivel carril-berma				16. Fisura parabólica o por deslizamiento		
3. Fisuras en bloque				10. Fisuras longitudinales y transversales				17. Hinchamiento		
4. Abultamientos y hundimientos				11. Parches y parches de corte utilitario				18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agreg.		
5. Corrugación				12. Agregado pulido				19. Huecos		
6. Depresión				13. Baches						
7. Fisura de Borde				14. Ahuellamiento						
FALLA	CANTIDADES PARCIALES DE FALLA						TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
11H	7.6	5.7	4.3				17.6	7.17	44.00	
11M	35.48	12.15					47.63	19.40	42.00	
10L (H)	4.3	7.5	11.2	18.15			41.15	16.76	48.00	
19H	0.25	0.8	0.2	0.35	0.14		1.74	0.71	15.00	
18M	56.5						56.50	23.02	26.00	
14H	1.2	3					4.20	1.71	35.00	
							<b>TOTAL VALOR DEDUCIDO</b>		<b>210.00</b>	
NUMERO DE VALORES DEDUCIDOS > 2 (q) :	5									
VALOR DEDUCIDO MAS ALTO HDV :	48.00									
	m = 5.7755									
Número(q)	Valores Deducidos						TOTAL	CDV		
1 -(5)	48.00	44.00	42.00	35.00	26.00		195	92		
2 -(4)	50.00	44.00	42.00	35.00	2.00		173	94		
3 -(3)	50.00	44.00	42.00	2.00			138	83		
4 -(2)	50.00	44.00	2.00				96	68		
5 -(1)	50.00	2.00					52	52		
CLASIFICACIÓN PCI ( INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO)							MÁXIMO CDV	94		
100-85	85-70	70-55	55-40	40-25	25-10	10-0	PCI = 100 - MÁXIMO CDV	6		
EXCELENTE	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	MALO	MUY MALO	FALLADO	CONDICIÓN :	FALLADO		



METODO PCI							ESQUEMA		
INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE									
HOJA DE REGISTRO									
Nombre de la Vía:	Av. Mario Urteaga			Sección :	1		Unidad de Muestra :	U6	
Especificaciones:	Entre Ovalo el Inca y Jr.Cumbe Mayo			Fecha :	19/04/2018		Área (m2) :	237.43	
Ejecutor:	Malaver Vargas, Walter Eduardo			NIVELES DE SEVERIDAD :			L = BAJA	M = MEDIA H = ALTA	
1. Piel de cocodrilo				8. Fisura de reflexión de junta				15. Desplazamiento	
2. Exudación				9. Desnivel carril-berma				16. Fisura parabólica o por	
3. Fisuras en bloque				10. Fisuras longitudinales y transversales				deslizamiento	
4. Abultamientos y hundimientos				11. Parches y parches de corte utilitario				17. Hinchamiento	
5. Corrugación				12. Agregado pulido				18. Peladura por intemperismo	
6. Depresión				13. Baches				y desprendimiento de agreg.	
7. Fisura de Borde				14. Ahuellamiento				19. Huecos	
FALLA	CANTIDADES PARCIALES DE FALLA						TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
11H	2.5	1.5	0.85	1.17	3.5		9.52	4.01	35.00
11M	4.06						4.06	1.71	15.00
10LH	30.2	3.8	5.1	6.4	5.2		50.7	21.35	51.00
13M	0.5	0.12	0.8	0.5	0.25	0.75	2.92	1.23	31.00
18M	50.25						50.25	21.16	25.00
							TOTAL VALOR DEDUCIDO		157.00
NUMERO DE VALORES DEDUCIDOS > 2 (q) :	4								
VALOR DEDUCIDO MAS ALTO HDV :	51.00								
	m = 5.5000								
Número(q)	Valores Deducidos						TOTAL	CDV	
1 -(4)	51.00	35.00	31.00	25.00			142	82	
2 -(3)	51.00	35.00	31.00	2.00			119	74	
3 -(2)	51.00	35.00	2.00				88	64	
4 -(1)	51.00	2.00					53	54	
CLASIFICACIÓN PCI ( INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO)							MÁXIMO CDV	82	
100-85	85-70	70-55	55-40	40-25	25-10	10-0	PCI = 100 - MÁXIMO CDV		18
EXCELENTE	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	MALO	MUY MALO	FALLADO	CONDICIÓN :		MUY MALO



METODO PCI							ESQUEMA		
INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE									
HOJA DE REGISTRO									
Nombre de la Vía:	Av. Mario Urteaga			Sección :	1		Unidad de Muestra :	U8	
Especificaciones:	Entre Ovalo el Inca y Jr. Cumbe Mayo			Fecha :	19/04/2018		Área (m2) :	232.4	
Ejecutor:	Malaver Vargas, Walter Eduardo			NIVELES DE SEVERIDAD : L = BAJA				M = MEDIA	H = ALTA
1. Piel de cocodrilo				8. Fisura de reflexión de junta			15. Desplazamiento		
2. Exudación				9. Desnivel carril-berma			16. Fisura parabólica o por deslizamiento		
3. Fisuras en bloque				10. Fisuras longitudinales y transversales			17. Hinchamiento		
4. Abultamientos y hundimientos				11. Parches y parches de corte utilitario			18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agreg.		
5. Corrugación				12. Agregado pulido			19. Huecos		
6. Depresión				13. Baches					
7. Fisura de Borde				14. Ahuellamiento					
FALLA	CANTIDADES PARCIALES DE FALLA					TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
11M	0.97	1.2	0.49	1.2		3.86	1.66	12.00	
11H	0.98	0.97	22.9	0.5	0.42	25.77	11.09	52.00	
19H	0.35	1	2.25	0.125	0.03	3.755	1.62	62.00	
10LH	4.5	6.5	8.5	7.3	5.8	32.6	14.03	38.00	
18M	45					45.00	19.36	25.00	
						TOTAL VALOR DEDUCIDO		189.00	
NUMERO DE VALORES DEDUCIDOS > 2 (q) :	4								
VALOR DEDUCIDO MAS ALTO HDV :	62.00								
			m =	4.4898					
Número(q)	Valores Deducidos					TOTAL	CDV		
1-(4)	62.00	52.00	38.00	25.00		177	90		
2-(3)	62.00	52.00	38.00	2.00		154	88		
3-(2)	62.00	52.00	2.00			116	80		
4-(1)	62.00	2.00				64	63		
CLASIFICACIÓN PCI ( INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO)							MÁXIMO CDV	90	
100-85	85-70	70-55	55-40	40-25	25-10	10-0	PCI = 100 - MÁXIMO CDV	10	
EXCELENTE	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	MALO	MUY MALO	FALLADO	CONDICIÓN :	MUY MALO	



10H



19H



11H



18M



11M

METODO PCI							ESQUEMA		
INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE									
HOJA DE REGISTRO									
Nombre de la Vía:	Av. Mario Urteaga			Sección :	1		Unidad de Muestra :	U9	
Especificaciones:	Entre Ovalo el Inca y Jr.Cumbe Mayo			Fecha :	19/04/2018		Área (m2) :	243.5	
Ejecutor:	Malaver Vargas, Walter Eduardo			NIVELES DE SEVERIDAD :			L = BAJA	M = MEDIA	H = ALTA
1. Piel de cocodrilo				8. Fisura de reflexión de junta			15. Desplazamiento		
2. Exudación				9. Desnivel carril-berma			16. Fisura parabólica o por		
3. Fisuras en bloque				10. Fisuras longitudinales y transversales			deslizamiento		
4. Abultamientos y hundimientos				11. Parches y parches de corte utilitario			17. Hinchamiento		
5. Corrugación				12. Agregado pulido			18. Peladura por intemperismo		
6. Depresión				13. Baches			y desprendimiento de agreg.		
7. Fisura de Borde				14. Ahuellamiento			19. Huecos		
FALLA	CANTIDADES PARCIALES DE FALLA					TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
11H	19.5	5.9	3.5	1.4		30.3	12.44	55.00	
11M	2.5					2.5	1.03	10.00	
11L	50	15				65	26.69	25.00	
1M	1	1.25				2.25	0.92	20.00	
10LH	2	2	1.5			5.5	2.26	16.00	
10LM	2.5					2.5	1.03	5.00	
18M	55.035					55.035	22.60	22.00	
						TOTAL VALOR DEDUCIDO		153.00	
NUMERO DE VALORES DEDUCIDOS > 2 (q):	6								
VALOR DEDUCIDO MAS ALTO HDV :	55.00								
			m =	5.1327					
Número(q)	Valores Deducidos					TOTAL	CDV		
1-(6)	55.00	25.00	22.00	20.00	16.00	10.00	148		
2-(5)	55.00	25.00	22.00	20.00	16.00	2	140		
3-(4)	55.00	25.00	22.00	20.00	2		124		
4-(3)	55.00	25.00	22.00	2			104		
5-(2)	55.00	25.00	2				82		
6-(1)	55.00	2.00					57		
CLASIFICACIÓN PCI ( INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO)							MÁXIMO CDV	74	
100-85	85-70	70-55	55-40	40-25	25-10	10-0	PCI = 100 - MÁXIMO CDV		26
EXCELENTE	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	MALO	MUY MALO	FALLADO	CONDICIÓN :		MALO

METODO PCI							ESQUEMA		
INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE									
HOJA DE REGISTRO									
Nombre de la Vía:	Av. Mario Urteaga			Sección :	1		Unidad de Muestra :	U 10	
Especificaciones:	Entre Ovalo el Inca y Jr.Cumbe Mayo			Fecha :	19/04/2018		Área (m2) :	247.03	
Ejecutor:	Malaver Vargas, Walter Eduardo			NIVELES DE SEVERIDAD :			L = BAJA	M = MEDIA	H = ALTA
1. Piel de cocodrilo				8. Fisura de reflexión de junta				15. Desplazamiento	
2. Exudación				9. Desnivel carril-berma				16. Fisura parabólica o por deslizamiento	
3. Fisuras en bloque				10. Fisuras longitudinales y transversales				17. Hinchamiento	
4. Abultamientos y hundimientos				11. Parches y parches de corte utilitario				18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agreg.	
5. Corrugación				12. Agregado pulido				19. Huecos	
6. Depresión				13. Baches					
7. Fisura de Borde				14. Ahuellamiento					
FALLA	CANTIDADES PARCIALES DE FALLA						TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
14L	3.6						3.6	1.46	10.00
10LH	0.45						0.45	0.18	7.00
11H	7.6	1.2					8.8	3.56	32.00
11M	10.00	5.00	1.00	1.50			17.5	7.08	26.00
18M	48.00						48	19.43	22.00
							TOTAL VALOR DEDUCIDO		97.00
NUMERO DE VALORES DEDUCIDOS , 2 (q) :	4								
VALOR DEDUCIDO MAS ALTO HDV :	32.00								
	m = 7.2449								
Número(q)	Valores Deducidos						TOTAL	CDV	
1 -(4)	32.00	26.00	22.00	10.00			90	52	
2 -(3)	32.00	26.00	22.00	2.00			82	52	
3 -(2)	32.00	26.00	2.00				60	46	
4 -(1)	32.00	2.00					34	38	
CLASIFICACIÓN PCI ( INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO)							MÁXIMO CDV	52	
100-85	85-70	70-55	55-40	40-25	25-10	10-0	PCI = 100 - MÁXIMO CDV	48	
EXCELENTE	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	MALO	MUY MALO	FALLADO	CONDICIÓN :	REGULAR	

METODO PCI							ESQUEMA		
INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE									
HOJA DE REGISTRO									
Nombre de la Vía:	Av. Mario Urteaga			Sección :	1		Unidad de Muestra :	U11	
Especificaciones:	Entre Ovalo el Inca y Jr.Cumbe Mayo			Fecha :	19/04/2018		Área (m2) :	257.8	
Ejecutor:	Malaver Vargas, Walter Eduardo			NIVELES DE SEVERIDAD :			L = BAJA	M = MEDIA	H = ALTA
1. Piel de cocodrilo				8. Fisura de reflexión de junta				15. Desplazamiento	
2. Exudación				9. Desnivel carril-berma				16. Fisura parabólica o por deslizamiento	
3. Fisuras en bloque				10. Fisuras longitudinales y transversales				17. Hinchamiento	
4. Abultamientos y hundimientos				11. Parches y parches de corte utilitario				18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agreg.	
5. Corrugación				12. Agregado pulido				19. Huecos	
6. Depresión				13. Baches					
7. Fisura de Borde				14. Ahuellamiento					
FALLA	CANTIDADES PARCIALES DE FALLA						TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1H	0.3	0.75					1.05	0.41	22.00
6H	0.7	0.2	0.5				1.4	0.83	18.00
11L	10.15	25	2.15	15.15			52.45	20.35	26.00
11H	6	1.48	2.2				9.68	3.75	35.00
11M	5.15	2.55	3.1	2.5			13.30	5.16	23.00
19H	0.18						0.18	0.07	20.00
18M	50.4						50.40	19.55	25.00
							TOTAL VALOR DEDUCIDO		169.00
NUMERO DE VALORES DEDUCIDOS > 2 (q) :	6								
VALOR DEDUCIDO MAS ALTO HDV :	35.00								
	m = 6.9694								
Número(q)	Valores Deducidos						TOTAL	CDV	
1-(6)	35.00	26.00	25.00	23.00	22.00	20.00	151	73	
2-(5)	35.00	26.00	25.00	23.00	22.00	2.00	133	69	
3-(4)	35.00	26.00	25.00	23.00	2		111	64	
4-(3)	35.00	28.00	25.00	2			90	58	
5-(2)	35.00	28.00	2.00				65	48	
6-(1)	35.00	2.00					37	37	
CLASIFICACIÓN PCI ( INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO)							MÁXIMO CDV	73	
100-85	85-70	70-55	55-40	40-25	25-10	10-0	PCI = 100 - MÁXIMO CDV	27	
EXCELENTE	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	MALO	MUY MALO	FALLADO	CONDICIÓN :	MALO	

METODO PCI							ESQUEMA		
INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE									
HOJA DE REGISTRO									
Nombre de la Vía:	Av. Mario Urteaga			Sección :	1		Unidad de Muestra :	U 12	
Especificaciones:	Entre Ovalo el Inca y Jr.Cumbe Mayo			Fecha :	19/04/2018		Área (m2) :	252.58	
Ejecutor:	Malaver Vargas, Walter Eduardo			NIVELES DE SEVERIDAD :			L = BAJA	M = MEDIA	H = ALTA
1. Piel de cocodrilo				8. Fisura de reflexión de junta			15. Desplazamiento		
2. Exudación				9. Desnivel carril-berma			16. Fisura parabólica o por		
3. Fisuras en bloque				10. Fisuras longitudinales y transversales			deslizamiento		
4. Abultamientos y hundimientos				11. Parches y parches de corte utilitario			17. Hinchamiento		
5. Corrugación				12. Agregado pulido			18. Peladura por intemperismo		
6. Depresión				13. Baches			y desprendimiento de agreg.		
7. Fisura de Borde				14. Ahuellamiento			19. Huecos		
FALLA	CANTIDADES PARCIALES DE FALLA						TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
6H	0.55	0.36	0.24	0.77	0.24		2.16	0.86	18.00
10LH	4.5	1.5					6	2.38	16.00
11H	1.14	3.76	5.5	2.68	1.49		14.57	5.77	42.00
11M	1.5	0.5	1				3.00	1.19	10.00
19H	0.25	0.04	0.0225	0.03	0.045	0.3	0.6875	0.27	30.00
18M	55						55	21.78	25.00
							<b>TOTAL VALOR DEDUCIDO</b>		<b>141.00</b>
NUMERO DE VALORES DEDUCIDOS > 2 (q) :		5							
VALOR DEDUCIDO MAS ALTO HDV :		42.00							
		m = 6.3265							
Número(q)	Valores Deducidos						TOTAL	CDV	
1-(5)	42.00	30.00	25.00	18.00	16.00		131	68	
2-(4)	42.00	30.00	25.00	18.00	2.00		117	66	
3-(3)	42.00	30.00	25.00	2.00			99	62	
4-(2)	42.00	30.00	2.00				74	54	
5-(1)	42.00	2.00					44	46	
CLASIFICACIÓN PCI ( INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO)							MÁXIMO CDV	68	
100-85	85-70	70-55	55-40	40-25	25-10	10-0	PCI = 100 - MÁXIMO CDV	32	
EXCELENTE	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	MALO	MUY MALO	FALLADO	CONDICIÓN :	MALO	



10H



11M



18M



11H



19H



6H

METODO PCI							ESQUEMA		
INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE									
HOJA DE REGISTRO									
Nombre de la Vía:	Av. Mario Urteaga			Sección :	1		Unidad de Muestra :	U 13	
Especificaciones:	Entre Ovalo el Inca y Jr.Cumbe Mayo			Fecha :	19/04/2018		Área (m2) :	243.57	
Ejecutor:	Malaver Vargas, Walter Eduardo			NIVELES DE SEVERIDAD :			L = BAJA	M = MEDIA	H = ALTA
1. Piel de cocodrilo				8. Fisura de reflexión de junta				15. Desplazamiento	
2. Exudación				9. Desnivel carril-berma				16. Fisura parabólica o por	
3. Fisuras en bloque				10. Fisuras longitudinales y transversales				deslizamiento	
4. Abultamientos y hundimientos				11. Parches y parches de corte utilitario				17. Hinchamiento	
5. Corrugación				12. Agregado pulido				18. Peladura por intemperismo	
6. Depresión				13. Baches				y desprendimiento de agreg.	
7. Fisura de Borde				14. Ahuellamiento				19. Huecos	
FALLA	CANTIDADES PARCIALES DE FALLA					TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
1H	0.32	0.38	0.97	0.63		2.3	0.94	30.00	
10LM	4.20	2.5	3			9.70	3.98	10.00	
11H	7.68	7.2	5.2			20.08	8.24	46.00	
11L	2.25	2.5	9.01	8.5	13.5	35.76	14.68	20.00	
19H	1.2	0.35				1.55	0.64	42.00	
18M	56.25					56.25	23.09	26.00	
						TOTAL VALOR DEDUCIDO		174.00	
NUMERO DE VALORES DEDUCIDOS > 2 (q) :	5								
VALOR DEDUCIDO MAS ALTO HDV :	46.00								
		m =	5.9592						
Número(q)	Valores Deducidos					TOTAL	CDV		
1-(5)	46.00	42.00	30.00	26.00	20.00		164		
2-(4)	46.00	42.00	30.00	26.00	2.00		146		
3-(3)	46.00	42.00	30.00	2.00			120		
4-(2)	46.00	42.00	2.00				90		
5-(1)	46.00	2.00					48		
CLASIFICACIÓN PCI ( INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO)							MÁXIMO CDV	82	
100-85	85-70	70-55	55-40	40-25	25-10	10-0	PCI = 100 - MÁXIMO CDV	18	
EXCELENTE	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	MALO	MUY MALO	FALLADO	CONDICIÓN :	MUY MALO	
									
									

<b>METODO PCI</b>				<b>ESQUEMA</b>	
<b>INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE</b>					
<b>HOJA DE REGISTRO</b>					

Nombre de la Vía:	Av. Mario Urteaga	Sección :	1	Unidad de Muestra :	U <sub>14</sub>
Especificaciones:	Entre Ovalo el Inca y Jr.Cumbe Mayo	Fecha :	19/04/2018	Área (m <sup>2</sup> ) :	221.1
Ejecutor:	Malaver Vargas, Walter Eduardo	<b>NIVELES DE SEVERIDAD : L = BAJA M = MEDIA H = ALTA</b>			

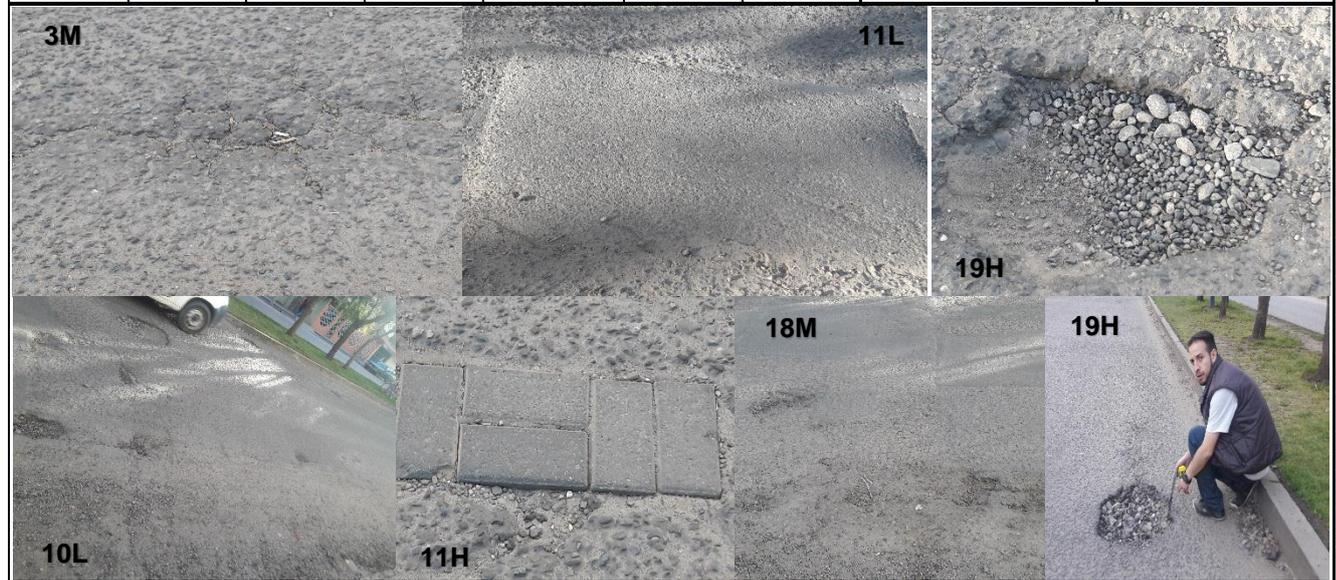
1. Piel de cocodrilo	8. Fisura de reflexión de junta	15. Desplazamiento
2. Exudación	9. Desnivel carril-berma	16. Fisura parabólica o por deslizamiento
3. Fisuras en bloque	10. Fisuras longitudinales y transversales	17. Hinchamiento
4. Abultamientos y hundimientos	11. Parches y parches de corte utilitario	18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agreg.
5. Corrugación	12. Agregado pulido	19. Huecos
6. Depresión	13. Baches	
7. Fisura de Borde	14. Ahuellamiento	

FALLA	CANTIDADES PARCIALES DE FALLA					TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
10LM	5.25	2.76				8.01	3.62	8.00
11H	2.5	2	9	3	4.5	21.00	9.50	47.00
11L	7.88	1.2	9.4	7.5		25.98	11.75	19.00
19H	0.09	0.33	0.09			0.51	0.23	27.00
3M	0.03	0.015				0.045	0.02	0.00
18M	53.45					53.45	24.17	25.00
						<b>TOTAL VALOR DEDUCIDO</b>		126.00

<b>NUMERO DE VALORES DEDUCIDOS &gt; 2 (q) :</b>	<b>4</b>							
<b>VALOR DEDUCIDO MAS ALTO HDV :</b>	47.00							
	m =	5.8673						

Número(q)	Valores Deducidos					TOTAL	CDV
1-(4)	47.00	27.00	25.00	19.00		118	68
2-(3)	47.00	27.00	25.00	2.00		101	66
3-(2)	47.00	27.00	2.00			76	56
4-(1)	47.00	2.00				49	49

<b>CLASIFICACIÓN PCI ( INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO)</b>						<b>MÁXIMO CDV</b>	<b>63</b>	
100-85	85-70	70-55	55-40	40-25	25-10	10-0	PCI = 100 - MÁXIMO CDV	<b>37</b>
<b>EXCELENTE</b>	<b>MUY BUENO</b>	<b>BUENO</b>	<b>REGULAR</b>	<b>MALO</b>	<b>MUY MALO</b>	<b>FALLADO</b>	<b>CONDICIÓN :</b>	<b>MALO</b>



METODO PCI							ESQUEMA				
INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE											
HOJA DE REGISTRO											
Nombre de la Vía:		Av. Mario Urteaga		Sección :		1		Unidad de Muestra :		U 15	
Especificaciones:		Entre Ovalo el Inca y Jr.Cumbe Mayo			Fecha :		19/04/2018		Área (m2) :		255.12
Ejecutor:		Malaver Vargas, Walter Eduardo			NIVELES DE SEVERIDAD :			L = BAJA	M = MEDIA	H = ALTA	
1. Piel de cocodrilo					8. Fisura de reflexión de junta				15. Desplazamiento		
2. Exudación					9. Desnivel carril-berma				16. Fisura parabólica o por		
3. Fisuras en bloque					10. Fisuras longitudinales y transversales				deslizamiento		
4. Abultamientos y hundimientos					11. Parches y parches de corte utilitario				17. Hinchamiento		
5. Corrugación					12. Agregado pulido				18. Peladura por intemperismo		
6. Depresión					13. Baches				y desprendimiento de agreg.		
7. Fisura de Borde					14. Ahuellamiento				19. Huecos		
FALLA	CANTIDADES PARCIALES DE FALLA						TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
1H	4.9						4.9	1.92	42.00		
6M	0.75						0.75	0.29	8.00		
11H	7.078						7.078	2.77	30.00		
11M	1.5	1	20	8			30.5	11.96	32.00		
11L	25.49	1.05	1.98	2.21	4.81		35.54	13.93	19.00		
19H	0.03	0.06	0.25	0.09	0.78		1.21	0.47	40.00		
18M	55						55.00	21.56	25.00		
							TOTAL VALOR DEDUCIDO		196.00		
NUMERO DE VALORES DEDUCIDOS > 2 (q) :		6									
VALOR DEDUCIDO MAS ALTO HDV :		42.00									
		m = 6.3265									
Número(q)	Valores Deducidos						TOTAL	CDV			
1-(6)	42.00	40.00	32.00	30.00	25.00	19.00	188	87			
2-(5)	42.00	40.00	32.00	30.00	25.00	2.00	171	83			
3-(4)	42.00	40.00	32.00	30.00	2.00		146	81			
4-(3)	42.00	40.00	32.00	2.00			116	72			
5-(2)	42.00	40.00	2.00				84	61			
6-(1)	42.00	2.00					44	44			
CLASIFICACIÓN PCI ( INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO)							MÁXIMO CDV	87			
100-85	85-70	70-55	55-40	40-25	25-10	10-0	PCI = 100 - MÁXIMO CDV		13		
EXCELENTE	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	MALO	MUY MALO	FALLADO	CONDICIÓN :		MUY MALO		
											

METODO PCI							ESQUEMA		
INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE									
HOJA DE REGISTRO									
Nombre de la Vía:	Av. Mario Urteaga			Sección :	1		Unidad de Muestra :	U 16	
Especificaciones:	Entre Ovalo el Inca y Jr.Cumbe Mayo			Fecha :	19/04/2018		Área (m2) :	209.52	
Ejecutor:	Malaver Vargas, Walter Eduardo			NIVELES DE SEVERIDAD :			L = BAJA	M = MEDIA	H = ALTA
1. Piel de cocodrilo				8. Fisura de reflexión de junta			15. Desplazamiento		
2. Exudación				9. Desnivel carril-berma			16. Fisura parabólica o por deslizamiento		
3. Fisuras en bloque				10. Fisuras longitudinales y transversales			17. Hinchamiento		
4. Abultamientos y hundimientos				11. Parches y parches de corte utilitario			18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agreg.		
5. Corrugación				12. Agregado pulido			19. Huecos		
6. Depresión				13. Baches					
7. Fisura de Borde				14. Ahuellamiento					
FALLA	CANTIDADES PARCIALES DE FALLA					TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
1H	0.5	1.5	0.6			2.6	1.24	32.00	
7H	0.5	0.14	0.11			0.75	0.36	0.00	
11M	3.5	2.4	6			11.9	5.68	25.00	
11L	3.2	5.5	39.28	20.5	27.5	95.98	45.81	31.00	
19M	0.25					0.25	0.12	6.00	
18M	57.2					57.20	27.30	28.00	
								<b>TOTAL VALOR DEDUCIDO</b>	
								122.00	
NUMERO DE VALORES DEDUCIDOS > 2 (q) :		4							
VALOR DEDUCIDO MAS ALTO HDV :		32.00							
		m =	7.2449						
Número(q)	Valores Deducidos					TOTAL	CDV		
1 -(4)	32.00	31.00	28.00	25.00		116	68		
2 -(3)	32.00	31.00	28.00	2.00		93	62		
3 -(2)	32.00	31.00	2.00			65	49		
4 -(1)	32.00	2.00				34	32		
CLASIFICACIÓN PCI ( INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO)							MÁXIMO CDV	68	
100-85	85-70	70-55	55-40	40-25	25-10	10-0	PCI = 100 - MÁXIMO CDV		32
EXCELENTE	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	MALO	MUY MALO	FALLADO	CONDICIÓN :		MALO



**7H**



**11L**



**19H**



**19M**



**11M**



**18M**

### **C.5. RESULTADOS GENERALES DE LA APLICACIÓN DEL PCI:**

Al evaluar de manera individual cada muestra de las 16 que corresponden a la calzada en estudio, obtenemos como valor de VDC total del tramo de 21, coeficiente que nos indica, que el tramo B presenta un índice de conservación de pavimento PCI: MUY MALO A MALO

<b>Nº Unidad</b>	<b>Max VDC</b>	<b>Categoría</b>
<b>U1</b>	<b>11</b>	<b>MUY MALO</b>
<b>U2</b>	<b>10</b>	<b>MUY MALO</b>
<b>U3</b>	<b>28</b>	<b>MALO</b>
<b>U4</b>	<b>6</b>	<b>FALLADO</b>
<b>U5</b>	<b>6</b>	<b>FALLADO</b>
<b>U6</b>	<b>18</b>	<b>MUY MALO</b>
<b>U7</b>	<b>17</b>	<b>MUY MALO</b>
<b>U8</b>	<b>10</b>	<b>MUY MALO</b>
<b>U9</b>	<b>26</b>	<b>MALO</b>
<b>U10</b>	<b>48</b>	<b>REGULAR</b>
<b>U11</b>	<b>27</b>	<b>MALO</b>
<b>U12</b>	<b>32</b>	<b>MALO</b>
<b>U13</b>	<b>18</b>	<b>MUY MALO</b>
<b>U14</b>	<b>37</b>	<b>MALO</b>
<b>U15</b>	<b>13</b>	<b>MUY MALO</b>
<b>U16</b>	<b>32</b>	<b>MALO</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>21</b>	<b>MUY MALO</b>

De las diecinueve fallas que evalúa el método PCI para pavimentos flexibles en este tramo se encuentran presentes once de ellas que son: Piel de cocodrilo, Agrietamiento en bloque, Hundimientos, Depresión, Grietas longitudinales-Grietas transversales, Parcheo, Meteorización, Huecos, Baches, Ahuellamientos e Hinchamiento. El número total de fallas encontradas es de 312 en las 16 unidades de muestro, de las cuales la que más predomina es el “PARCHEO” con un total de 161.

## **4.2. INTERPRETACIÓN DEL DIAGNÓSTICO DE LA VÍA**

Del análisis realizado tras el análisis de la zona en estudio, hemos detectado que la calzada de la vía se encuentra en un mal estado, coincidiendo esto con el valor PCI calculado de 21 calificado como “MALO O MUY MALO”, esto se da sobre todo por fallas más graves como gran cantidad de parches (falla más grave), peladuras y estado del asfalto de la vía, gran cantidad de grietas longitudinales y zonas de graves ahuellamientos, huecos, depresiones, baches y fallas tipo piel de cocodrilo.

La gran cantidad de parches encontrados (falla más grave), nos indica que la zona ya se había intentado mejorar con anterioridad, acompañado esto de pequeños recapeos asfálticos, con lo que se deduce los mantenimientos no han sido la solución al problema pues el pavimento se va desgastando más y las fallas han ido empeorando.

### **POSIBLES SOLUCIONES**

Mostraremos las siguientes alternativas como medidas de solución para el mejoramiento de la vía en mención:

- a) Una fuerte reparación (por la cantidad de fallas) que incluyen sellado de grietas, bacheo, renivelación o riego de sello.
- b) Tratamiento superficial a base de Slurry Seal, Microsurfacing o Construcción de refuerzo por sobrecarpetas o sobrecapas.
- c) Rehabilitación de pavimentos asfálticos mediante el uso de agentes rejuvenecedores, el empleo de sistemas de reciclado o sistema de rebajado

### **SOLUCION A TOMAR**

Como solución se va a considerar la construcción de sobrecarpetas por su bajo costo, sin la necesidad de remoción total lo cual involucraría un costo de maquinaria alto, otra opción es el sellado de grietas o bacheo superficial pues sería más cómodo, pero al contar la vía actualmente con gran cantidad de parches ya utilizados, es que se tomará en cuenta la eficiencia que puede resultar el empleo de sobrecarpetas sobre el pavimento existente de la vía afectada.

### 4.3. RESULTADOS OBTENIDOS DEL DISEÑO DE LOS ESPESORES DE LAS SOBRECARPETAS

Luego de realizar el diseño mediante el método AASHTO 1993 para sobrecarpetas, se ha llegado a obtener dos posibles soluciones para la vía, la primera es la utilización de una capa de concreto asfáltico sobre el pavimento ya existente, mientras que la segunda es el uso de una losa de hormigón, a continuación presentamos los resultados de cada uno de los diseños en mención:

*Tabla 4.3.1. Valores Obtenidos tras el diseño*

<b>CUADRO RESUMEN DE RESULTADOS OBTENIDOS</b>					
<b>Tipo de Caso</b>	<b>Tipo de Sobrecarpeta a utilizar</b>	<b>Tipo de Pavimento en estudio</b>	<b>Espesor Requerido (in)</b>	<b>Espesor Requerido (cm)</b>	<b>Espesor a Usar en (cm)</b>
Caso N° 01	S/C a base de Concreto Asfáltico	Pavimento Flexible existente	6.50	16.50	16.50
Caso N° 02	S/C a base de Losa de hormigón	Pavimento Flexible existente	6.30	16.00	16.00

*Fuente: Elaboración Propia*

### 4.4. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL DISEÑO

Antes de llegar a interpretar los resultados obtenidos es de importancia tener en claro ciertas consideraciones que se han tenido para el diseño de sobrecapas de refuerzo:

- Cada uno de los resultados obtenidos en la tabla, han sido calculados a partir de la información de la vía en estudio: Av. Mario Urteaga (Entre Ovalo el Inca y Plazuela Víctor Raúl Haya la Torre), calzada con dirección noroeste, y del análisis de suelos, tránsito, topografía y condiciones que son actuales y existentes para el pavimento flexible de la calzada de la vía en estudio
- La información de la estructura del pavimento fue recogida mediante consultas debido a la antigüedad de la obra (1985-1990), así como de estudios anteriores realizados.

- Como se había analizado anteriormente, cada uno de los casos que pueden suceder presentan características distintas todo partiendo desde el pavimento que se desea tratar, hasta el tipo de sobrecapa que se desea conocer.
- Como se ha analizado en la parte de la teoría, existen siete posibles casos de sobrecarpas, de los cuales nosotros hemos tomado los que es factible colocarlos sobre pavimento del tipo flexible, de la misma forma, si el pavimento a estudiar estuviese compuesto por pavimento rígido, será más recomendable realizar un Ensayo de Plato de Carga (FWD) para arrojar valores más exactos.

Concluimos diciendo que tras analizar el estado de la Vía: Av. Mario Urteaga (Entre Óvalo el Inca y Plazuela Víctor Raúl Haya la Torre), exactamente en la calzada con dirección noroeste, y siendo ésta, una de tránsito moderado-alto, es de vital importancia mejorar el estado en la que se encuentra, pues la gran cantidad de fallas existentes (fallas tipo piel de cocodrilo, fisuras longitudinales, fisuras transversales, ahuellamientos, gran cantidad de parches, etc.) hacen necesario un cambio.

La utilización de sobrecapas o sobrecarpas de refuerzo es una medida que se viene utilizando con más frecuencia, pues su comodidad en lo respectivo a costos e instalación, así la posicionan, en el Estudio realizado se plantean dos (02) alternativas, la primera el uso de una sobrecarpeta a base de concreto asfáltico sobre el pavimento existente, mientras que la segunda el uso de una losa de hormigón. A criterio ingenieril, la primera opción sería la más adecuada si se debería realizar una elección pues el usar concreto asfáltico sobre el pavimento existente resulta más práctico así como más barato (casi la mitad con respecto a la otra alternativa), el espesor de dicha capa resulta 16.50 cm. luego de realizar el diseño correspondiente, la segunda opción a tomarse en cuenta es la losa de hormigón que naturalmente resultaría más cara y en la cual deben de tenerse en cuenta las juntas.

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. CONCLUSIONES

- Se realizó el diseño de las Sobrecarpetas de refuerzo en la Av. Mario Urteaga (Entre Ovalo el Inca y Jr. Cumbe Mayo), para la calzada con dirección noroeste, mediante el Método AASHTO 93; obteniéndose espesores de 16.50 cm y 16 cm para sobrecarpetas a base de Concreto Asfáltico y Losa de hormigón respectivamente.
- Se realizó el levantamiento topográfico de la zona, así como el estudio de mecánica de suelos y tránsito, necesarios para hallar el valor de los espesores de las sobrecarpetas.
- Tras realizar el diagnóstico situacional del estado de la vía: Av. Mario Urteaga (Entre Ovalo el Inca y Jr. Cumbe Mayo) por el método del Índice de Condición de Pavimentos, se obtuvo un nivel de PCI de 21 y las fallas más repetitivas y que generan más problemas son fallas del tipo parches, huecos y grietas longitudinales
- Al realizar un presupuesto por m<sup>2</sup> de cada alternativa se obtuvo un costo de S/. 66.99 y de S/.123.55 para las sobrecapas a base de concreto asfáltico y losa de hormigón respectivamente.
- Se ha elaborado una hoja de cálculo estándar del procedimiento a usar en futuros diseños de sobrecapas de refuerzo, dependiendo del tipo de sobrecarpeta más conveniente a usar, y abarcando todas las posibilidades de sobrecapas estudiado.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- La utilización de sobrecarpetas de refuerzo es una medida de rehabilitación práctica y cómoda en lo respectivo a costos y colocación, pero, al mismo tiempo necesita de una evaluación de su utilización y estado de la vía; pues otras técnicas como reparaciones permanentes o la remoción total pueden también ser utilizables.
- Es imprescindible realizar el resellado, nivelado y limpieza de la capa existente; antes de colocar una nueva sobrecarpeta, para que así las fallas presentadas no se trasladen a la nueva rehabilitación.
- Como se plantea el uso de sobrecarpetas a base de Concreto asfáltico, se propone como ligante asfáltico al Cemento Asfáltico Medio Tipo AC PEN (85-100) para temperaturas templadas, un agregado pétreo que no tenga exceso de partículas planas o blandas y que del ensayo de Los Ángeles se obtenga un valor máximo del 25 %; además se puede usar Cal Tipo I y II de mejor adherencia con el asfalto.
- Como se plantea el uso de sobrecarpetas a base de losa de hormigón, se propone el uso de losas de hormigón convencional con juntas, baja relación agua/cemento y TMN entre 19 a 26.5 mm.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AASHTO, “Guía para el Diseño de Estructuras de Pavimentos”, 1993
2. Instituto Boliviano del Cemento y el Hormigón (IBCH). Manual del Diseño de Sobrecarpetas en Pavimentos Existentes utilizando el método AASHTO 1993. La Paz, Bolivia. 2014. Traducción y adaptación curso del Instituto Nacional de Carreteras N°13129.
3. MORALES, Javier. “Técnicas de Rehabilitación de Pavimentos de Concreto utilizando Sobrecapas de Refuerzo”. Piura. Universidad de Piura. 2005.
4. MARCHAN, Rufino. “Métodos de Rehabilitación en Pavimentos”. México. Instituto Politécnico Nacional. 2005.
5. MIRANDA, Ricardo. “Deterioros en Pavimentos Flexibles y Rígidos”. Valdivia, Chile, Universidad Austral de Chile. 2010.
6. CAMPOSANO, Jhessy; GARCIA, Kenny. “Diagnóstico del estado Situacional de la Vía: Av. Argentina- Av. 24 de Junio por el método: Índice de Condición de Pavimentos – 2012”. Huancayo. Universidad Peruana Los Andes. 2012.
7. VASQUEZ, Luis Ricardo. Diseño de Rehabilitación de Pavimentos Flexibles mediante sobrecapas de concreto asfáltico. Universidad Nacional de Colombia. 2015.
8. VASQUEZ, Luis Ricardo. Formulación de ábacos para el diseño de refuerzos de pavimentos empleando capas. Universidad Nacional de Colombia. 2011.
9. SANCHEZ, Fernando. Diseño de Obras de Rehabilitación para la corrección de Deficiencias Estructurales. Universidad Nacional de Colombia. 2015.
10. MONTEJO, Alfonso. “Ingeniería de pavimentos para carreteras”. Universidad católica de Colombia. 1998.
11. Manual de Carreteras. Rehabilitación de Pavimentos con Refuerzos Método AASHTO 93. Bolivia, San Simón. 2010
12. Instituto Boliviano del Cemento y el Hormigón. Software de Diseño de Pavimentos y Sobrecarpetas- Dipav 2.0. La Paz, Bolivia. 2014.
13. MANUAL DE CARRETERAS, Sección Suelos y Pavimentos, Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Lima, Perú. 2013.

***ANEXO 1***  
***ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS***



# CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

LF-016-2017

Laboratorio de Fuerza

Pág. 1 de 2

Mediante  
Solicitante  
Dirección

140083  
KAOLYN INGENIEROS S.A.C

JR. CHANCHAMAYO NRO. 108 BR LA MERCED  
CAJAMARCA- CAJAMARCA- CAJAMARCA.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Instrumento de Medición

Máquinas para Ensayos Uniaxiales Estáticos  
Máquinas de Ensayo de Tensión / Compresión

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.

Equipo Calibrado

PRENSA CBR

Alcance de Indicación 5000 kgf

Marca (o Fabricante) L.V.A.

Modelo NO INDICA

Número de Serie NO INDICA

Identificación 020

Procedencia NO INDICA

Indicador de Lectura

DIGITAL

Marca (o Fabricante) HIWEICH

Modelo 315-X2

Número de Serie 8847516

Identificación NO INDICA

Procedencia NO INDICA

Alcance de Indicación 0 kgf A 5000 kgf

Resolución 0.1 kgf

Transductor de Fuerza

TRANSDUCTOR

Alcance de Indicación 5000 Kgf

Marca (o Fabricante) NO INDICA

Modelo F-A-AA

Número de Serie 55U1728

Fecha de Calibración

2017-04-28

Lugar Del Equipo

Instalaciones del cliente.

Lugar de Calibración

Jr. Proceres 126.

Fecha de emisión

2017-04-28

Jefe del laboratorio de calibración

**GEM INDUSTRIAL**

*Jesús Quinto C.*  
**JESÚS QUINTO C.**  
JEFE DE LABORATORIO





# CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

LF-016-2017

Laboratorio de Fuerza

Pág. 2 de 2

## Método de Calibración

La calibración se realizó tomando como referencia el método descrito en la norma ISO 7500-1 / ISO 376, Verificación de Máquinas para Ensayos Uniaxiales Estáticos, Máquinas de Ensayo de Tensión / Compresión Verificación y Calibración del Sistema de Medición de Fuerza.

## Trazabilidad

Se utilizaron patrones calibrados con trazabilidad al SI, calibrado por la Universidad Católica del Perú

Certificado N° INF-010-17

## Resultados de medición

Lectura de la máquina (Fi)	Lectura del patrón			Promedio	Cálculo de errores		Incertidumbre
	Primera	Segunda	Tercera		Exactitud	Repetibilidad	
kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	q(%)	b(%)	U(%)
500	506.3	506.2	506.2	506.2	-1.2	0.0	0.37
1000	1010.5	1010.6	1010.6	1010.6	-1.0	0.0	0.28
1500	1511.2	1511.0	1511.0	1511.1	-0.7	0.0	0.26
2000	2009.2	2008.2	2008.2	2008.5	-0.4	0.0	0.25
2500	2504.2	2505.2	2505.2	2504.9	-0.2	0.0	0.25
3000	2999.8	3000.5	3000.5	3000.3	0.0	0.0	0.25
3500	3495.6	3496.6	3496.6	3496.3	0.1	0.0	0.24
4000	3991.5	3991.5	3991.5	3991.5	0.2	0.0	0.24
4500	4488.6	4487.6	4487.6	4487.9	0.3	0.0	0.24
5000	4988.6	4988.5	4988.5	4988.5	0.2	0.0	0.24
Lectura máquina en cero	0	0	0	---	0	0	Error máx. de cero(0)=0.00

Temperatura promedio durante los ensayos 20.6 Variación de temperatura en cada ensayo < 2 °C

## Validación de los resultados

Los errores encontrados entre el 20% y el 100% del rango nominal considerado no superan los valores máximos permitidos establecidos en la norma ISO 7500-1.

## Observaciones

Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de "CALIBRADO"  
 La incertidumbre de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por un factor de cobertura k=2 para una distribución normal de aproximadamente 95 %.



Este documento



# CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

LC-011-2017

Pág. 1 de 1

Laboratorio de Calibración

Identificación del Solicitante  
Dirección  
Equipo  
Marca (o Fabricante)  
Modelo  
Número de Serie  
Procedencia  
Código  
Ubicación del Equipo  
Lugar de Calibración

140083  
**KAOLYN INGENIEROS S.A.C**  
JR. CHANCHAMAYO NRO. 108 BR LA MERCED  
CAJAMARCA- CAJAMARCA- CAJAMARCA,  
**MARTILLO PROCTOR ESTANDAR**  
NO INDICA  
NO INDICA  
NO INDICA  
NO INDICA  
009  
Instalaciones del cliente  
Jr. Proceres 126.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor.

Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.

Fecha de Calibración: 2017-05-26.

Método de Calibración

La calibración se realizó por comparación directa utilizando como referencia la Norma ASTM D-1557.

Trazabilidad

Se utilizaron patrones con trazabilidad al SI, calibrados en el SNM-INDECOPI, con certificados de calibración: 0015-2017.

Condiciones Ambientales

Temperatura promedio: 20.3 °C ; Humedad relativa prom. 47 HR%

Resultado de Medición

Altura del Martillo Promedio mm	Altura de Caída Promedio mm	Incertidumbre de Medición mm	Masa del pisón promedio kg	Incertidumbre de Medición kg
50.7	458.5	2.5	4.54	0.01

Observaciones:

Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de "CALIBRADO"  
La incertidumbre de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estandar de la medición por el factor de cobertura k=2 para una distribución normal de aproximadamente 95 %.



Fecha de emisión

2017-05-29

Jefe del laboratorio de calibración

**GEM INDUSTRIAL**

*Jesús Quinto C.*  
**JESUS QUINTO C.**  
JEFE DE LABORATORIO

Centro Especializado en Metrología Industrial

Cosq. César Vallejo Mz. V.L. 01 Urb. Condevida S.M.P. - Lima

• Telf: 6717346 • RPM: #956008777 • RPM: #058008776

• ventas@cemind.com • jesus.quinto@cemind.com • www.cemind.com



# CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

LL-040-2017

Laboratorio de Longitud

Pág. 1 de 1

Expediente  
Solicitante  
Dirección

140083  
**KAOLYN INGENIEROS S.A.C**  
JR. CHANCHAMAYO NRO. 108 BR LA MERCED  
CAJAMARCA- CAJAMARCA- CAJAMARCA.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Equipo  
Designación del Tamiz  
Alternativa

**TAMIZ DE ENSAYO ESTANDAR**  
2 mm  
No. 10

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.

Marca (o Fabricante)  
Modelo

LVA  
NO INDICA

Número de Serie  
Procedencia

NO INDICA  
NO INDICA

Código  
Tolerancia

014  
 $\pm 0.07$  mm

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor.

Ubicación del equipo  
Lugar de Calibración

Instalaciones del cliente.  
Jr. Proceres 126.

Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.

Fecha de Calibración

2017-05-3

Método de Calibración

La calibración se realizó por comparación directa tomando como referencia los procedimientos descritos en la norma ASTM E11, "Standard Specification for Wire Cloth and Sieves for Testing Purposes".

Trazabilidad

Se utilizaron patrones con trazabilidad al SI, calibrados en el SNM-INDECOPI, con certificados de calibración: LA-035-2017, LL-0015-2017.

Condiciones Ambientales

Temperatura promedio: 21.6 °C ; Humedad relativa prom. 44 HR%

Resultado de Medición

Abertura promedio ( mm )	Incertidumbre de medición ( mm )
2.03	0.03

Observaciones:

Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de "CALIBRADO"  
La incertidumbre de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estandar de la medición por factor de cobertura k=2 para una distribución normal de aproximadamente 95 %.

Fecha de emisión

Jefe del laboratorio de calibración



2017-05-5

**CEM INDUSTRIAL**

*Jesús Quinto C.*  
**JESÚS QUINTO C.**  
JEFE DE LABORATORIO

Centro Especializado en Metrología Industrial

Coop. César Vallejo Mz. V Lt. 01 Urb. Concepción S.M.P. Lima

• Tel: 0717348 • R.P.M. #558009777 • R.P.M. #558009776

• ventas@cemind.com • jesus.quinto@cemind.com • www.cemind.com



# CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

LL-042-2017

Pág. 1 de 1

Laboratorio de Longitud

Identificación del solicitante

140083  
**KAOLYN INGENIEROS S.A.C**  
JR. CHANCHAMAYO NRO. 108 BR LA MERCED  
CAJAMARCA- CAJAMARCA- CAJAMARCA.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Designación del Tamiz alternativa (o Fabricante)

### TAMIZ DE ENSAYO ESTANDAR

600 um

No. 30

LVA

No indica

No indica

No indica

016

± 25 um

Instalaciones del cliente.

Jr. Proceres 26.

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.

Modelo de Serie

Precedencia

Algo

Garantía

Ubicación del equipo

Fecha de Calibración

2017-05-11

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor.

Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.

Fecha de Calibración

Método de Calibración

La calibración se realizó por comparación directa tomando como referencia los procedimientos descritos en la norma ASTM E11, "Standard Specification for Wire Cloth and Sieves for Testing Purposes".

Capacidad

Utilizaron patrones con trazabilidad al SI, calibrados en el SNM-INDECOPI, con certificados de calibración: SNM-2017.

Condiciones Ambientales

Temperatura promedio: 21.5 °C ; Humedad relativa prom. 44 HR%

Estado de Medición

Abertura promedio (um)	Incertidumbre de medición (um)
578.0	5

Observación:

Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de "CALIBRADO"

La incertidumbre de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por un factor de cobertura k=2 para una distribución normal de aproximadamente 95 %.

Fecha de emisión

2017-05-15

Jefe del laboratorio de calibración

**CEM INDUSTRIAL**

*Jesus Quinto C.*  
**JESUS QUINTO C.**  
JEFE DE LABORATORIO



Centro Especializado en Metrología Industrial

Coop. César Vallejo Mz. Y Lt. 01 Urb. Condensina S.M.P. - Lima

• Tel: 6717346 • RPIA: #958008777 • RPIV: #958008776

• ventas@cemind.com • jesus.quinto@cemind.com • www.cemind.com



CALIBRACIÓN, CONTROL DE CALIDAD, ENSAYO DE MATERIALES, ESTUDIO DE PROYECTOS TÉCNICOS, SERVICIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO (LABORATORIO CIENTÍFICO), LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS, MATERIALES (ENSAYOS DE ABRASIÓN PERMEABILIDAD CONCRETO) PRUEBA DE MATERIALES

## Universidad Nacional de Cajamarca. ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS.



**PROYECTO: "Optimización del Diseño Estructural de Pavimentos de Concreto mediante el uso de Sobrecapas de Refuerzo, para la: Av. Mario Urteaga- Carril Noreste (Entre Ovalo el Inca y Jr. Cumbe Mayo) de la ciudad de Cajamarca, 2016"**

**FECHA: JULIO DEL 2017.**

DIRECCION: Jr. Próceres 126 - Teléfono (51) (076) 363572



efectuadas; la elaboración de cuadros, gráficos e ilustraciones; la descripción de fotografías y la redacción del informe final.

Calicata	H (m) del Estrato Analizado (m)	Nº de Estrato	Contenido de Humedad (%)	LL%	IP%	GRANULOMETRIA % PASANTE			S.U.C.S	AASHTO
						Nº10	Nº40	Nº200		
C-01	0.00-0.30	E-1	MATERIAL ORGANICO CON PRESENCIA DE RAICES.							
	0.0-0.40.	E-2	5.62	30	9	21.11	20.57	58.32	CL	A-4
	0.40-0.80	E-3	14.62	24.8	10.7	.29	9.74	89.97	CL	-
C-02	0.00-0.25	E-1	MATERIAL ORGANICO CON PRESENCIA DE RAICES.							
	0.25-0.45	E-2	6.51	42	24	10.40	17.94	71.33	CL	A-7-6
	0.45-0.80	E-3	15.20	27.6	14	0.00	5.95	94.05	CL	A-6

**Cuadro N° 02. Clasificación de los suelos**

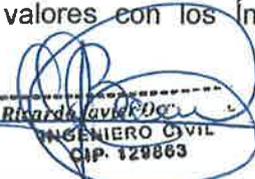
De acuerdo a Seed, Woodward y Lundgren, establecieron la siguiente tabla de potencial de expansión determinado en laboratorio:

**TABLA DE POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE SEED, WOODWARD Y LUNDGREN**

INDICE DE PLASTICIDAD	POTENCIAL DE EXPANSIÓN
0 - 15	BAJO
15 - 35	MEDIO
35 - 55	ALTO
> 55	MUY ALTO

**Cuadro N° 03. Potencial de expansión**

Comparamos estos valores con los Índices Plásticos de las muestras de suelos ensayadas.

  
 Ricardo David  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 129863

  
 Lilian Rocío Villanueva Bazán  
 GERENTE GENERAL



CALIBRACIÓN, CONTROL DE CALIDAD, ENSAYO DE MATERIALES, ESTUDIO DE PROYECTOS TÉCNICOS, SERVICIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO (LABORATORIO CIENTÍFICO), LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS, MATERIALES (ENSAYOS DE ABRASIÓN PERMEABILIDAD CONCRETO) PRUEBA DE MATERIALES

Calicata	H (m) del Estrato Analizado (m)	LL%	IP%	S.U.C.S.	AASHTO	POTENCIAL DE EXPANSIÓN
C-01	00.-0.30	MATERIAL ORGANICO				
	0.30-0.40.	30	9	CL	A-4	BAJO
	0.40-0.80	24.8	10.7	CL	-	BAJO
C-02	0.0-0.25	MATERIAL ORGANICO				
	0.25-0.45	6.51	42	CL	A-7-6	ALTO
	0.45-0.80	15.20	27.6	CL	A-6	MEDIO

**Cuadro N° 04. Potencial de expansión de las muestras ensayadas**

## 2.7. PERFIL ESTRATIGRÁFICO

De acuerdo a la prospección geológica-geotécnica, la localidad de Inkari, del distrito de Padre Felipe Luyando - Leoncio Prado - Huánuco se ha emplazado sobre depósitos de suelo de origen predominantemente residual y coluviales. El perfil de este depósito en profundidad está constituido por materiales heterogéneos, como se describe en la siguiente tabla:

Calicata	H (m) del Estrato Analizado (m)	N° de Estrato	Descripción	S.U.C.S.	AASHTO
C-01	0.0-0.30	E-1	Suelo disturbado con presencia de raíces, color marrón claro, húmedo.		
	0.3-0.70.	E-2	Presenta un suelo de arcilla gravosa de baja plasticidad con arena, para la construcción es un suelo malo, presentando las siguientes características: 21.11% de grava, 20.57% de arena y un 58.32% de finos	CL	A-4
	0.70-1.50	E-3	Presenta un suelo de arcilla de baja plasticidad, para la construcción es un suelo malo, presentando las siguientes características: 0.00% de grava, 5.95% de arena y un 94.05% de finos	CL	-
C-02	0.00-0.25	E-1	Suelo disturbado con presencia de raíces, color marrón claro, húmedo.		
	0.25-0.45	E-2	Presenta un suelo de arcilla gravosa de baja plasticidad con arena, para la construcción es un suelo malo, presentando las siguientes características: 10.40% de grava, 17.94% de arena y un 71.66% de finos	CL	A-7-6
	0.45-0.80	E-3	Presenta un suelo de arcilla gravosa de baja plasticidad, para la construcción es un suelo malo, presentando las siguientes características: 0.29% de grava, 9.74% de arena y un 89.97% de finos	CL	A-6

**Cuadro N° 05. Descripción del perfil estratigráfico.**

DIRECCION: Jr. Próceres 26 - Teléfono (51) (076) 363572

*Ricardo Rojas*  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 129863

*Rocío Villanueva Bazán*  
GERENTE GENERAL



CALIBRACIÓN, CONTROL DE CALIDAD, ENSAYO DE MATERIALES, ESTUDIO DE PROYECTOS TÉCNICOS, SERVICIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO (LABORATORIO CIENTÍFICO), LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS, MATERIALES (ENSAYOS DE ARRASIÓN PERMEABILIDAD CONCRETO) PRUEBA DE MATERIALES

### 3. CBR.

#### 3.1. DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE CBR EL SUELO

La finalidad de este ensayo, es determinar la capacidad de soporte (CBR) de suelos y agregados compactados en laboratorio, con una humedad óptima y niveles de compactación variables. Es un método desarrollado por la división de carreteras del Estado de California (EE.UU.) y sirve para evaluar la calidad relativa del suelo para sub-rasante, sub-base y base de pavimentos. El ensayo mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, permitiendo obtener un (%) de la relación de soporte. El (%) CBR, está definido como la fuerza requerida para que un pistón normalizado penetre a una profundidad determinada, expresada en porcentaje de fuerza necesaria para que el pistón penetre a esa misma profundidad y con igual velocidad, en una probeta normalizada constituida por una muestra patrón de material chancado.

MUESTRA	CBR AL 100% DE M.D.S	CBR AL 95% DE M.D.S
CALICATA N° 01	7.3%	4.8%
CALICATA N° 02	7.1%	4.6%

Cuadro N° 06. VALORES DE CBR.

  
Ricardo Javier Lucas Buitón  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 129863

  
KAOLYN INGENIEROS SAC.  
Lilian Rocío Villanueva Buzán  
GERENTE GENERAL



#### 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

##### 4.1 CONCLUSIONES

- Para la identificación de la estratigrafía del terreno de fundación se excavaron dos calicatas de 1.50 m en promedio en los lugares de proyección de estructuras, dichas excavaciones se realizaron a cielo abierto en el área de las futuras estructuras respectivamente.
- De acuerdo a la exploración realizada, pruebas de campo, ensayos de laboratorio y al análisis efectuado, se concluye con lo siguiente:

Calicata	H (m) del Estrato Analizado (m)	LL%	IP%	S.U.C.S.	AASHTO	POTENCIAL DE EXPANSIÓN
C-01	00.-0.30	MATERIAL ORGANICO				
	0.30-0.40.	30	9	CL	A-4	BAJO
	0.40-0.80	24.8	10.7	CL	-	BAJO
C-02	0.0-0.25	MATERIAL ORGANICO				
	0.25-0.45	6.51	42	CL	A-7-6	ALTO
	0.45-0.80	15.20	27.6	CL	A-6	MEDIO

**Cuadro N° 07. Clasificación de los suelos**

- El suelo de la localidad de Cajamarca se encuentra en estado semi compactado, presentando moderadamente resistencia a la excavación con pico y lampa.
- El suelo está conformado por un estrato superficial de suelo contaminado (restos vegetales, plantas y raíces), en un espesor variable que va desde los 0.00 m hasta los 0.30 m.
- Es importante indicar que, durante la ejecución de los estudios de Mecánica de Suelos, no se encontró en ninguna calicata el nivel freático.
- Los materiales en estudio se encontraron arcillas en ambas calicatas.

  
 Ricardo Javier Ocas Borón  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 129863

  
 KADLYN INGENIEROS S.A.S.  
 Lilian Rocío Villanueva Bazán  
 GERENTE GENERAL

DIRECCION: Jr. Próceres 126 – CAJAMARCA-CAJAMARCA.

TELÉFONOS: FIJO:(51) (076) 363572 CLARO: 984336450 / 97090944614



CALIBRACIÓN, CONTROL DE CALIDAD, ENSAYO DE MATERIALES, ESTUDIO DE PROYECTOS TÉCNICOS, SERVICIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO (LABORATORIO CIENTÍFICO), LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS, MATERIALES (ENSAYOS DE ABRASIÓN, PERMEABILIDAD, CONCRETO), PRUEBA DE MATERIALES

#### 4.2 RECOMENDACIONES:

- Se recomienda realizar un proceso de relleno de zanja y compactación adecuada el que deberá ser por capas como máximo de 0.30 m. de espesor para dar una uniformidad al relleno.
- Se recomienda la eliminación de todo el material orgánico y realizar un mejoramiento en casos de encontrarse materiales arcillosos.
- Se recomienda controlar la compactación de mediante el Ensayo de Densidad de Campo in situ.
- Se recomienda no construir sobre el material superficial contaminado con restos vegetales y siempre llegar al terreno natural materia de estudio.
- Se debe considerar para material de afirmado las siguientes consideraciones, de no cumplir el material se recomienda mejorar el material para cumplir los requisitos de calidad técnicos mínimos:
  - · Desgaste Los Ángeles: 50% máx. (MTC E 207)
  - · Límite Líquido: 35% máx. (MTC E 110)
  - · Índice de Plasticidad: 4-9% (MTC E 111)
  - · CBR (1): 40% mín. (MTC E 132)
- Todas las recomendaciones y conclusiones dadas en el presente estudio, deberán ser compatibilizadas con las demás partes del proyecto.
- Se recomienda que la humedad de trabajo no debe variar en  $\pm 2,0\%$  con respecto del Óptimo Contenido de Humedad, obtenido con el Próctor Modificado.
- Se recomienda tener los siguientes criterios para la ejecución de la obra, teniendo los controles mínimos siguientes:

  
Ricardo Javier Ocas Boñón  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 129866

  
ISAOLYNI INGENIEROS S.A.S.  
Lilian Rocío Villanueva Bozán  
GERENTE GENERAL

DIRECCION: Jr. Próceres 126 – CAJAMARCA-CAJAMARCA.

TELÉFONOS: FIJO:(51) (076) 363572 CLARO: 984336450 / 97090944615



Tabla 301-02  
Ensayos y Frecuencias

Material o producto	Propiedades y Características	Método de ensayo	Norma ASTM	Norma AASHTO	Frecuencia (1)	Lugar de muestreo
Afirmado	Granulometría	MTC E 204	C 136	T27	1 cada 750 m <sup>2</sup>	Cantera (2)
	Límites de Consistencia	MTC E 111	D 4318	T89	1 cada 750 m <sup>2</sup>	Cantera (2)
	Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	C 131	T96	1 cada 2.000 m <sup>2</sup>	Cantera (2)
	CBR	MTC E 132	D 1883	T193	1 cada 2.000 m <sup>2</sup>	Cantera (2)
	Densidad-Humedad	MTC E 115	D 1557	T180	1 cada 750 m <sup>2</sup>	Plsta
	Compactación	MTC E 117 MTC E 124	D 1556 D 2922	T191 T238	1 cada 250 m <sup>2</sup>	Plsta

Notas:

- (1) O antes, sí por su génesis, existe variación estratigráfica horizontal y vertical que originen cambios en las propiedades físico-mecánicas de los agregados. En caso de que los metrados del Proyecto no alcancen las frecuencias mínimas especificadas se exigirá como mínimo un ensayo de cada propiedad o característica.
- (2) Material preparado previo a su uso.
- Los resultados obtenidos en el presente estudio son válidos única y exclusivamente para el proyecto de tesis "OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS DE CONCRETO MEDIANTE EL USO DE SOBRECAPAS DE REFUERZO, PARA LA: AV. MARIO URTEAGA- CARRIL NORESTE (ENTRE OVALO EL INCA Y JR. CUMBE MAYO) DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA, 2016" .

  
Ricardo Javier Ocaña Bozán  
INGENIERO CIVIL  
CNP. 129863

  
KAPOLYN INGENIEROS S.A.S.  
Lilian Rocío Villanueva Bozán  
GERENTE GENERAL



CALIBRACIÓN, CONTROL DE CALIDAD, ENSAYO DE MATERIALES, ESTUDIO DE PROYECTOS TÉCNICOS, SERVICIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO (LABORATORIO CIENTÍFICO), LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS, MATERIALES (ENSAYOS DE ABRASIÓN, PERMEABILIDAD, CONCRETO), PRUEBA DE MATERIALES

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alva Hurtado J.E., Meneses J. Y Guzmán V. V. (1984), "Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas Observadas en el Perú",
- Leopold B.L., M.G. Wolman, John P. Miller (1964) "Fluvial Processes in Geomorphology", Freeman and Co. San Francisco 1964, p.p. 281-319.
- Noa Yarasca E. (2004). "Socavación Local por Chorros Horizontales de agua, sobre un Lecho de Suelo Cohesivo", MSc. Thesis, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima Perú.
- Blench T. (1952). "Regime theory for self-formed sediment bearing channels". Paper 2499,
- Vol 117, Transactions American Society of Civil Engineers, p.p. 383-408.
- Juárez Badillo – Rico Rodríguez: Mecánica de Suelos, Tomos I, II.
- Karl Terzaghi / Ralph B. Peck: Mecánica de Suelos en la ingeniería Práctica. Segunda Edición 1973.
- Roberto Michelena / Mecánica de Suelos Aplicada. Primera Edición 1991.
- Reglamento Nacional de Construcciones CAPECO Quinta Edición 1987.
- RNC Normas de Diseño Sismo Resistente
- Cimentación de Concreto Armado en Edificaciones – ACI American Concrete Institute. Segunda Edición 1993.
- Supervisión de Obras de Concreto – ACI American Institute. Tercera Edición 1995.
- Geotécnica para Ingenieros, Principios Básicos Alberto, J. Martínez Vargas /CONCYTEC 1990.

  
Ricardo Javier Ocas Boñón  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 129863

  
KAQLYN INGENIEROS S.A.S.  
Lilian Rocío Villanueva Bazán  
GERENTE GENERAL

DIRECCION: Jr. Próceres 126 – CAJAMARCA-CAJAMARCA.

TELÉFONOS: FIJO:(51) (076) 363572 CLARO: 984336450 / 97090944617

17



CALIBRACIÓN, CONTROL DE CALIDAD, ENSAYO DE MATERIALES,  
ESTUDIO DE PROYECTOS TÉCNICOS, SERVICIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS Y CONCRETO (LABORATORIO CIENTÍFICO),  
LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS, MATERIALES (ENSAYOS DE  
ABRASIÓN, PERMEABILIDAD, CONCRETO), PRUEBA DE MATERIALES

---

## **ANEXO I PANEL FOTOGRÁFICO DE EXCAVACIONES**

---

**DIRECCION: Jr. Próceres 126 – CAJAMARCA-CAJAMARCA.**

**TELÉFONOS: FIJO:(51) (076) 363572 CLARO: 984336450 / 97090944618**

**18**



CALIBRACIÓN, CONTROL DE CALIDAD, ENSAYO DE MATERIALES, ESTUDIO DE PROYECTOS TÉCNICOS, SERVICIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO (LABORATORIO CIENTÍFICO), LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS, MATERIALES (ENSAYOS DE ABRASIÓN, PERMEABILIDAD, CONCRETO), PRUEBA DE MATERIALES



**FOTOGRAFIA N° 01:** Se muestra la identificación de la calicata N° 01



**FOTOGRAFIA N° 02:** Se muestra la identificación de los estratos de la calicata N° 01

KAOGLYN INGENIEROS SAC.

*Lilian Rocío Villanueva Bazán*  
GERENTE GENERAL

*Ricardo Javier Ocas Boñón*  
INGENIERO CIVIL  
CIP 120863

DIRECCION: Jr. Próceres 126 – CAJAMARCA-CAJAMARCA.

TELÉFONOS: FIJO:(51) (076) 363572 CLARO: 984336450 / 97090944623



CALIBRACIÓN, CONTROL DE CALIDAD, ENSAYO DE MATERIALES, ESTUDIO DE PROYECTOS TÉCNICOS, SERVICIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO (LABORATORIO CIENTÍFICO), LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS, MATERIALES (ENSAYOS DE ABRASIÓN, PERMEABILIDAD, CONCRETO), PRUEBA DE MATERIALES



FOTOGRAFIA N° 03: Se muestra la medición de los estratos de la calicata.



FOTOGRAFIA N° 02: Se muestra la identificación de la calicata N° 02.

  
Ricardo Javier Ocas Boñón  
INGENIERO CIVIL  
CIP 129863

  
KAOLYN INGENIEROS S.A.S.  
Lilian Rocío Villanueva Bazán  
GERENTE GENERAL

DIRECCION: Jr. Próceres 126 – CAJAMARCA-CAJAMARCA.

TELÉFONOS: FIJO:(51) (076) 363572 CLARO: 984336450 / 97090944624



CALIBRACIÓN. CONTROL DE CALIDAD. ENSAYO DE MATERIALES.  
ESTUDIO DE PROYECTOS TÉCNICOS. SERVICIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS Y CONCRETO (LABORATORIO CIENTÍFICO) ,  
LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS, MATERIALES (ENSAYOS DE  
ABRASIÓN. PERMEABILIDAD. CONCRETO) PRUEBA DE MATERIALES

---

## ANEXO 11 · PERFILES ESTRATIGRÁFICOS

---

DIRECCION: Jr. Próceres 126 -CAJAMARCA-CAJAMARCA.

TELÉFONOS: FIJO:(51) (076) 363572 CLARO: 984336450 / 97090944619



CALIBRACIÓN, CONTR. OL DE CALIDAD, ENSAYO DE MATERIALES,  
 ESTUDIO DE PROYECTOS TÉCNICOS, SERVICIO DE MECÁNICA DE  
 SUELOS Y CONCRETO (LABORATORIO CIENTIFICO), LEVANTAMIENTOS  
 TOPOGRÁFICOS, MATERIALES (ENSAYOS DE ABRASIÓN,  
 PERMEABILIDAD, CONCRETO), PRUEBA DE CALIDAD MATERIALES

## PERFIL ESTRATIGRAFICO

(ASTM D-2488)

PROYECTO : TESIS: " OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS DE CONCRETO  
 MEDIANTE EL USO DE SOBRECAPAS DE REFUERZO PARA LA AV. MARIO URTEAGA- CARRIL  
 NORESTE (ENTRE OVALO EL INCA Y JR. CUMBE MAYO) DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA,  
 2016"

UBICACIÓN : DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA.  
 SOLICITADO : UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

MUESTRA : C-01 / E - 3  
 FECHA : 27/06/2017

NIVEL FREÁTICO: NO SE ENCONTRO

PROFUNDIDAD: 1.50m por debajo subr.

MUESTREO A CIELO ABIERTO

### REGISTRO DE EXCAVACION

Prof. ( m )	Espesor del Estrato (m)	Descripción del Estrato	SIMBOLO	
			SUCS	Gráfico
0.00 0.30	E-01 (0.30)	Suelo disturbado color marron oscuro, con presencia de raíces, húmedo	PT	
0.70	E-02 (0.40)	Suelo color marron oscuro, con presencia de rafees, húmedo, consistencia firme	CL	
1.50	E-03 (0.80)	Suelo color marrón claro, húmedo, consistencia firme, arcilla de baja plasticidad.	CL	

OBSERVACIONES:

Lilian Rocio Villanueva Bazán  
 GERENTE GENERAL

Ricardo Javier Ocas Barón  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 128863



CALIBRACIÓN, CONTROL DE CALIDAD, ENSAYO DE MATERIALES,  
 ESTUDIO DE PROYECTOS TÉCNICOS, SERVICIO DE MECÁNICA DE  
 SUELOS Y CONCRETO (LABORATORIO CIENTÍFICO), LEVANTAMIENTOS  
 TOPOGRÁFICOS MATERIALES (ENSAYOS DE ABRASIÓN  
 PERMEABILIDAD, CONCRETO), PRUEBA DE CALIDAD MATERIALES

PERFIL ESTRATIGRAFICO  
 (ASTM D-2488)

PROYECTO \*OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS DE CONCRETO  
 MEDIANTE EL USO DE SOBRECAPAS DE REFUERZO PARA LA AV. MARIO URTEAGA  
 CARRIL NORESTE (ENTRE OVALO ELINCA Y JR. CUMBEMAYO) DE LA CIUDAD DE  
 CAJAMARCA, 2016"

UBICACIÓN : DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA.  
 SOLICITADO : UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA.  
 MUESTRA C-02  
 FECHA 27.06.2017  
 NIVEL FREÁTICO: NO SE ENCONTRO  
 PROFUNDIDAD: 1.50 m

MUESTREO A CIELO ABIERTO

REGISTRO DE EXCAVACION				
Prof. (m)	Espesor del Estrato (m)	Descripción del Estrato	SIMBOLO	
			SUCS	Gráfico
0.00	E-01 (0.25)	Suelo disturbado color marran oscuro, con presencia de raices, húmedo	PT	
0.25				
	E-02 (0.45)	Suelo color marrón oscuro, ligeramente húmedo, consistencia firme, arcilla de baja plasticidad.	CL	
0.70				
	E-02 (0.80)	Suelo color marrón oscuro ligeramente húmedo, consistencia firme Arcilla limo arenoso de baja plasticidad plasticidad.	CL	
1.50				

KADIVI INGENIEROS SAC.

Lilian Rocío Villanueva B. zán  
 INGENIERO

Ricardo Javier Ocas Rosón  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 128253



CALIBRACIÓN, CONTROL DE CALIDAD, ENSAYO DE MATERIALES,  
ESTUDIO DE PROYECTOS TÉCNICOS, SERVICIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS Y CONCRETO (LABORATORIO CIENTÍFICO),  
LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS, MATERIALES (ENSAYOS DE  
ABRASIÓN, PERMEABILIDAD, CONCRETO), PRUEBA DE MATERIALES

---

## **ANEXO III: ENSAYOS DE LABORATORIO**

---

**DIRECCION: Jr. Próceres 126 – CAJAMARCA-CAJAMARCA.**

**TELÉFONOS: FIJO:(51) (076) 363572 CLARO: 984336450 / 97090944620**

**20**



CALIBRACIÓN, CONTROL DE CALIDAD, ENSAYO DE MATERIALES, ESTUDIO DE PROYECTOS TÉCNICOS, SERVICIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO (LABORATORIO CIENTÍFICO), LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS, MATERIALES (ENSAYOS DE ABRASIÓN, PERMEABILIDAD, CONCRETO), PRUEBA DE CALIDAD MATERIALES

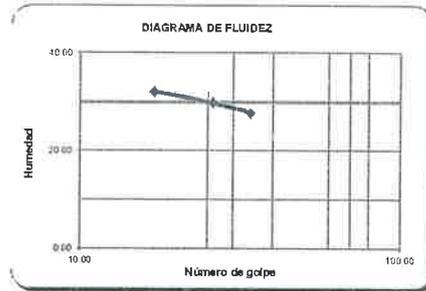
ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION  
(ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

PROYECTO : TESIS: "OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS DE CONCRETO MEDIANTE EL USO DE SOBRECAPAS DE REFUERZO, PARA LA : AV. MARIO URTEAGA- CARRIL NORESTE (ENTRE OVALO EL INCA Y JR. CUMBE MAYO) DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA. 2016"

SOLICITADO : UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA  
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA

REALIZADO: David Alexander Rojas Muñoz  
REVISADO : Lilian Villanueva Bazán  
FECHA : 26/02/2017

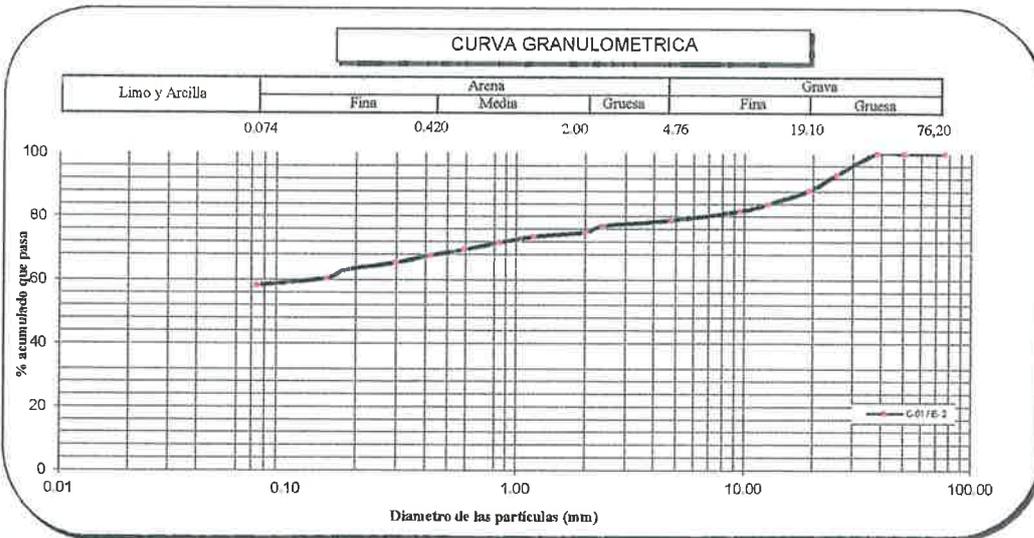
Calicata			C-01
Muestra			E-2
Profundidad (m)			1.50
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	Malla		% que pasa
	Nº	Abertura (mm)	
	3"	76.200	100.0
	2"	50.800	100.0
	1 1/2"	38.100	100.0
	1"	25.400	93.3
	3/4"	19.100	88.2
	1/2"	12.700	84.0
	3/8"	9.520	81.8
	Nº 4	4.760	78.9
	Nº 8	2.380	77.1
	Nº 10	2.000	75.1
	Nº 16	1.190	73.6
	Nº 20	0.840	71.8
	Nº 30	0.590	69.6
	Nº 40	0.420	67.7
	Nº 50	0.297	65.4
	Nº 80	0.177	63.0
	Nº 100	0.149	60.5
	Nº 200	0.074	58.3
Contenido de Humedad	(%)	5.62	
Límite Líquido (LL)	(%)	30	
Límite Plástico (LP)	(%)	21	
Índice Plástico (IP)	(%)	9	
Clasificación (S.U.C.S.)		CL	
Clasificación (AASHTO)		A-4	
Índice de Grupo		5	



Distribución Granulométrica

% Grava	GG%	11.77	21.11
	GF%	9.35	
% Arena	AG%	3.83	20.57
	AM%	7.31	
% Finos	AF%	9.43	58.32

Nombre de grupo : Arcilla gravosa de baja plasticidad con arena



Descripción (AASHTO) : REG-MALO

INCAOIL INGENIEROS S.A.  
Lilian Rocío Villanueva Bazán  
GERENTE GENERAL

Ricardo Javier Ocas Boñón  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 129863



CALIBRACIÓN, CONTROL DE CALIDAD, ENSAYO DE MATERIALES,  
 ESTUDIO DE PROYECTOS TÉCNICOS, SERVICIO DE MECÁNICA DE  
 SUELOS Y CONCRETO (LABORATORIO CIENTÍFICO), LEVANTAMIENTOS  
 TOPOGRÁFICOS, MATERIALES (ENSAYOS DE ABRASIÓN,  
 PERMEABILIDAD, CONCRETO), PRUEBA DE CALIDAD MATERIALES

OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS DE CONCRETO MEDIANTE EL USO DE SOBRECAPAS DE REFUERZO, PARA LA : AV. MARIO URTEAGA- CARRIL NORESTE (ENTRE OVALO EL INCA Y JR. CUMBE MAYO) DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA, 2016"

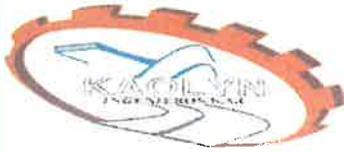
**CONTENIDO DE HUMEDAD**  
 MTC E 108 - 2000 ASTM - D2216

UBICACIÓN : DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA  
 ALTURA : 1.50 m  
 FECHA DE MUESTREO : 26/02/2017  
 FECHA DE ENSAYO : 27/02/2017  
 IDENTIFICACIÓN : C-01 / E- 2

MUESTRO N°	1	2
TARA	10	11
TARA + SUELO HUMEDO (g)	625.0	656.0
TARA + SUELO SECO (g)	597.4	627.4
DE AGUA (g)	27.60	28.60
DE LA TARA (g)	103.10	122.50
DEL SUELO SECO (g)	494.30	504.90
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	5.58%	5.66%
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO (%)	5.62%	

KAOLYN INGENIEROS SAC.  
  
 Lilian Rocío Villanueva Bazán  
 GERENTE GENERAL

Ricardo Javier Ocasio  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP-129863



CALIBRACIÓN, CONTROL DE CALIDAD, ENSAYO DE MATERIALES,  
ESTUDIO DE PROYECTOS TÉCNICOS, SERVICIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS Y CONCRETO (LABORATORIO CIENTÍFICO), LEVANTAMIENTOS  
TOPOGRÁFICOS, MATERIALES (ENSAYOS DE ABRASIÓN,  
PERMEABILIDAD, CONCRETO), PRUEBA DE CALIDAD MATERIALES

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

(MTC E 107 - 2000 ASTM D-422)

#### LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

**PROYECTO** : TESIS: "OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS DE CONCRETO MEDIANTE EL USO DE SOBRECAPAS DE REFUERZO, PARA LA : AV. MARIO URTEAGA- CARRIL NORESTE (ENTRE OVALO EL INCA Y JR. CUMBE MAYO) DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA, 2016"

**UBICACIÓN** : DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA

**TEC. LABORATORISTA** : D.A.R.M.  
**ING. RESPONSABLE** : L.R.V.B.  
**FECHA** : 26/02/2017

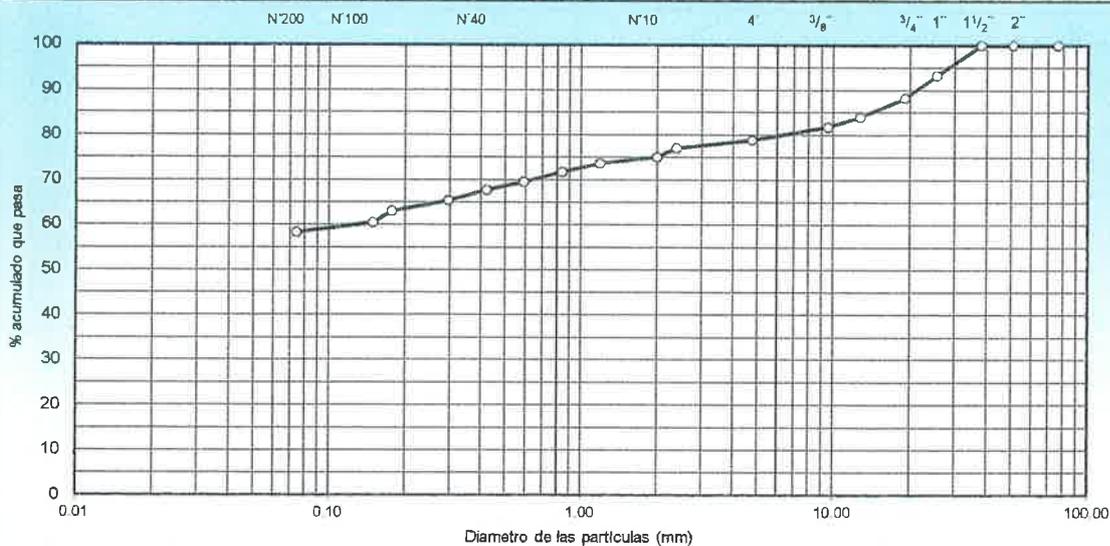
#### DATOS DE LA MUESTRA

**CALICATA** : C-01  
**MUESTRA** : E-2  
**NIVEL FREÁTICO** : No se encontró

**Peso inicial seco** : 5125.00 g  
**Peso Fracción Pas. N°4** : 274.68 g

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET.	%RET. AC.	% Q' PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00		
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00		% DE GRAVA = 21.11 %
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00		% DE ARENA = 20.57 %
1"	25.400	345.00	6.73	6.73	93.27		% DE FINOS = 58.32 %
3/4"	19.100	258.00	5.03	11.77	88.23		
1/2"	12.700	215.00	4.20	15.96	84.04		
3/8"	9.520	116.00	2.26	18.22	81.78		
N° 4	4.760	148.00	2.89	21.11	78.89		
N° 8	2.380	24.44	1.83	22.94	77.06		
N° 10	2.000	26.74	2.00	24.95	75.05		CLASIFICACION
N° 16	1.190	18.85	1.41	26.36	73.64		SUCS = CL
N° 20	0.840	24.71	1.85	28.21	71.79		
N° 30	0.590	29.64	2.22	30.43	69.57		
N° 40	0.420	24.41	1.83	32.26	67.74		DENOMINACIÓN:
N° 50	0.297	30.78	2.31	34.56	65.44		Arcilla gravosa de baja plasticidad con arena 
N° 80	0.177	32.74	2.45	37.01	62.99		
N° 100	0.149	33.65	2.52	39.53	60.47		
N° 200	0.074	28.72	2.15	41.68	58.32		
< N° 200		778.65	58.32	100.00	0.00		

#### CURVA GRANULOMÉTRICA



KAOLYN INGENIEROS SAC  
*Lilian Rocío Villanueva Bázán*  
Lilian Rocío Villanueva Bázán  
GERENTE GENERAL

*Ricardo Javier Ocas Boñón*  
Ricardo Javier Ocas Boñón  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 129863



CALIBRACIÓN, CONTROL DE CALIDAD, ENSAYO DE MATERIALES,  
 ESTUDIO DE PROYECTOS TÉCNICOS, SERVICIO DE MECÁNICA DE  
 SUELOS Y CONCRETO (LABORATORIO CIENTÍFICO), LEVANTAMIENTOS  
 TOPOGRÁFICOS, MATERIALES (ENSAYOS DE ABRASIÓN,  
 PERMEABILIDAD, CONCRETO), PRUEBA DE CALIDAD MATERIALES

**LIMITES DE CONSISTENCIA**

(MTC E 110 - 2000 MTC E 111 - 2000 AASHTO T-89, T-90, ASTM D 4318)

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**

PROYECTO  
 UBICACIÓN

: TESIS: "OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS DE CONCRETO MEDIANTE EL USO DE SOBRECAPAS DE REFUERZO, PARA LA : AV. MARIO URTEAGA- CARRIL NORESTE (ENTRE OVALO EL INCA Y JR. CUMBE MAYO) DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA, 2016"

: DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA

TEC. LABORATORISTA : D.A.R.M.

ING. RESPONSABLE : L.R.V.B.

FECHA : 26/02/2017

**DATOS DE LA MUESTRA**

CALICATA : C-01  
 MUESTRA : E-2

**LIMITE LIQUIDO**

Nº TARRO		5	1	14
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		48.30	43.77	36.08
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		43.18	39.01	31.60
PESO DE AGUA (g)		5.12	4.76	4.48
PESO DEL TARRO (g)		27.13	23.05	15.40
PESO DEL SUELO SECO (g)		16.05	15.96	16.20
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		31.90	29.82	27.65
NUMERO DE GOLPES		17	26	34

**LIMITE PLASTICO**

Nº TARRO		10	8
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		25.90	35.78
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		24.74	34.41
PESO DE AGUA (g)		1.16	1.37
PESO DEL TARRO (g)		19.00	27.85
PESO DEL SUELO SECO (g)		5.74	6.56
CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%)		20.21	20.88

**DIAGRAMA DE FLUIDEZ**



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	30
LIMITE PLASTICO	21
INDICE DE PLASTICIDAD	9

OBSERVACIONES

*Lilian Rocio Villanueva Bazán*  
 LILIAN R. VILLANUEVA BAZÁN  
 GERENTE GENERAL

*Ricardo Javier Ocas Boñón*  
 Ricardo Javier Ocas Boñón  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 129863



**CALIBRACIÓN, CONTROL DE CALIDAD, ENSAYO DE MATERIALES,  
ESTUDIO DE PROYECTOS TÉCNICOS, SERVICIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS Y CONCRETO (LABORATORIO CIENTÍFICO), LEVANTAMIENTOS  
TOPOGRÁFICOS, MATERIALES (ENSAYOS DE ABRASIÓN,  
PERMEABILIDAD, CONCRETO), PRUEBA DE CALIDAD MATERIALES**

ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACION  
(ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

PROYECTO : TESIS: " OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS DE CONCRETO MEDIANTE EL USO DE SOBRECAPAS DE REFUERZO, PARA LA : AV. MARIO URTEAGA- CARRIL NORESTE (ENTRE OVALO EL INCA Y JR. CUMBE MAYO) DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA, 2016" 27/06/2017

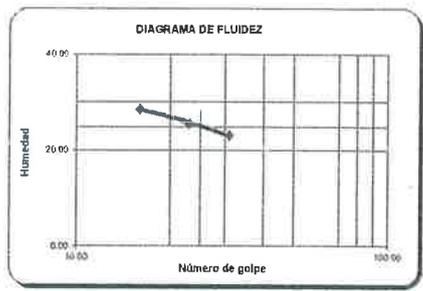
SOLICITADO : UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA. REALIZADO: Tec. David Alexander Rojas Muñoz

UBICACIÓN : DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA. REVISADO Ing. Lilian Rocío Villanueva Bazán

FECHA 27/06/2017

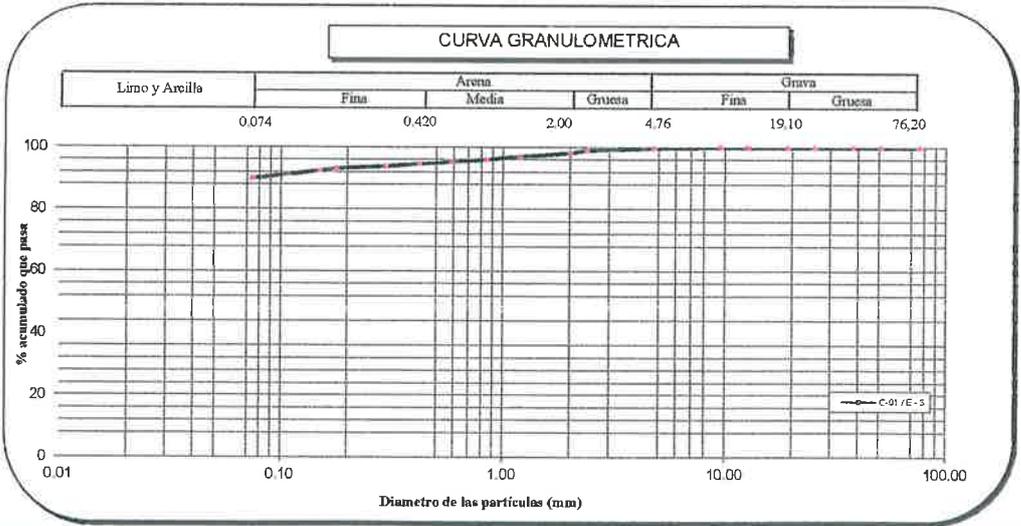
Calicata		C-01
Muestra		E - 3
Profundidad (m)		1.50
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	Malla	
	Nº	Abertura (mm)
	3 "	76.200
	2 "	50.800
	1 1/2 "	38.100
	1 "	25.400
	3/4"	19.100
	1/2"	12.700
	3/8"	9.520
	Nº 4	4.760
	Nº 8	2.380
	Nº 10	2.000
	Nº 16	1.190
	Nº 20	0.840
	Nº 30	0.590
	Nº 40	0.420
	Nº 50	0.297
	Nº 80	0.177
Nº 100	0.149	
Nº 200	0.074	
Contenido de Humedad (%)		14.62
Límite Líquido ( L.L ) (%)		24.8
Límite Plástico ( LP ) (%)		14.1
Índice Plástico ( IP ) (%)		10.7
Clasificación ( S.U.C.S )		CI
Clasificación ( AASHTO )		-
Índice de Grupo		15

Nombre de grupo : Arcilla de baja plasticidad



Distribución Granulométrica

% Grava	GG%	0.00	
	GF%	0.29	0.29
% Arena	AG%	1.53	
	AM%	3.54	
	AF%	4.67	9.74
% Finos			89.97



Descripción ( AASHTO ) : -

Elaborado por

Nombre / Función: \_\_\_\_\_ D: \_\_\_\_\_

M: \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_ A: \_\_\_\_\_

Revisado por

Nombre / Función: \_\_\_\_\_ D: \_\_\_\_\_

M: \_\_\_\_\_

Firma: *Lilian Rocío Villanueva Bazán*

Lilian Rocío Villanueva Bazán  
GERENTE GENERAL

Aprobado por

Nombre / Función: \_\_\_\_\_ D: \_\_\_\_\_

M: \_\_\_\_\_

Firma: *Ricardo Javier Bazán*

Ricardo Javier Bazán  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 129863



CALIBRACIÓN, CONTROL DE CALIDAD, ENSAYO DE MATERIALES, ESTUDIO DE PROYECTOS TÉCNICOS, SERVICIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO (LABORATORIO CIENTÍFICO), LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS, MATERIALES (ENSAYOS DE ABRASIÓN, PERMEABILIDAD, CONCRETO), PRUEBA DE CALIDAD MATERIALES

TESIS: OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS DE CONCRETO MEDIANTE EL USO DE SOBRECAPAS DE REFUERZO, PARA LA : AV. MARIO URTEAGA- CARRIL NORESTE (ENTRE OVALO EL INCA Y JR. CUMBE MAYO) DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA, 2016\*27/06/2017

**CONTENIDO DE HUMEDAD**  
MTC E 108 - 2000 ASTM - D2216

UBICACIÓN  
PROFUNDIDAD  
FECHA DE MUESTREO  
FECHA DE ENSAYO  
ALCATA

: DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA.  
: 1.50 m  
: 27/06/2017  
: 28/06/2017  
: C-01 / E - 3

ENSAYO N°	1	2
TARA	6	10
PESO TARA + SUELO HUMEDO (g)	459.5	503.3
PESO TARA + SUELO SECO (g)	415.4	452.1
PESO DE AGUA (g)	44.10	51.20
PESO DE LA TARA (g)	112.70	103.10
PESO DEL SUELO SECO (g)	302.70	349.00
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	14.57%	14.67%
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO (%)	14.62%	

Elaborado por

Nombre / Función:

D:

M:

A:

Revisado por

Nombre / Función:

D:

M:

A:

Firma: *Lilian Rocío Villanueva*  
GERENTE G<sup>o</sup>

Aprobado por

Nombre / Función:

D:

M:

A:

Firma: *Ricardo Javier Ocas Bonilla*  
INGENIERO C.VII  
CIP: 129863



CALIBRACIÓN, CONTROL DE CALIDAD, ENSAYO DE MATERIALES,  
ESTUDIO DE PROYECTOS TÉCNICOS, SERVICIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS Y CONCRETO (LABORATORIO CIENTÍFICO), LEVANTAMIENTOS  
TOPOGRÁFICOS, MATERIALES (ENSAYOS DE ABRASIÓN,  
PERMEABILIDAD, CONCRETO), PRUEBA DE CALIDAD MATERIALES

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

(MTC E 107 - 2000 ASTM D-422)

#### LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

**PROYECTO** : TESIS: "OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS DE CONCRETO MEDIANTE EL USO DE SOBRECAPAS DE REFUERZO, PARA LA : AV. MARIO URTEAGA- CARRIL NORESTE (ENTRE OVALO EL INCA Y JR. CUMBE MAYO) DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA, 2016"

**UBICACIÓN** : DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA.

**TEC. LABORATORISTA** : D.A.R.M.  
**ING. RESPONSABLE** : L.R.V.B.  
**FECHA** : 27/06/2017

#### DATOS DE LA MUESTRA

**CALICATA** : C-01

**MUESTRA** : E-3

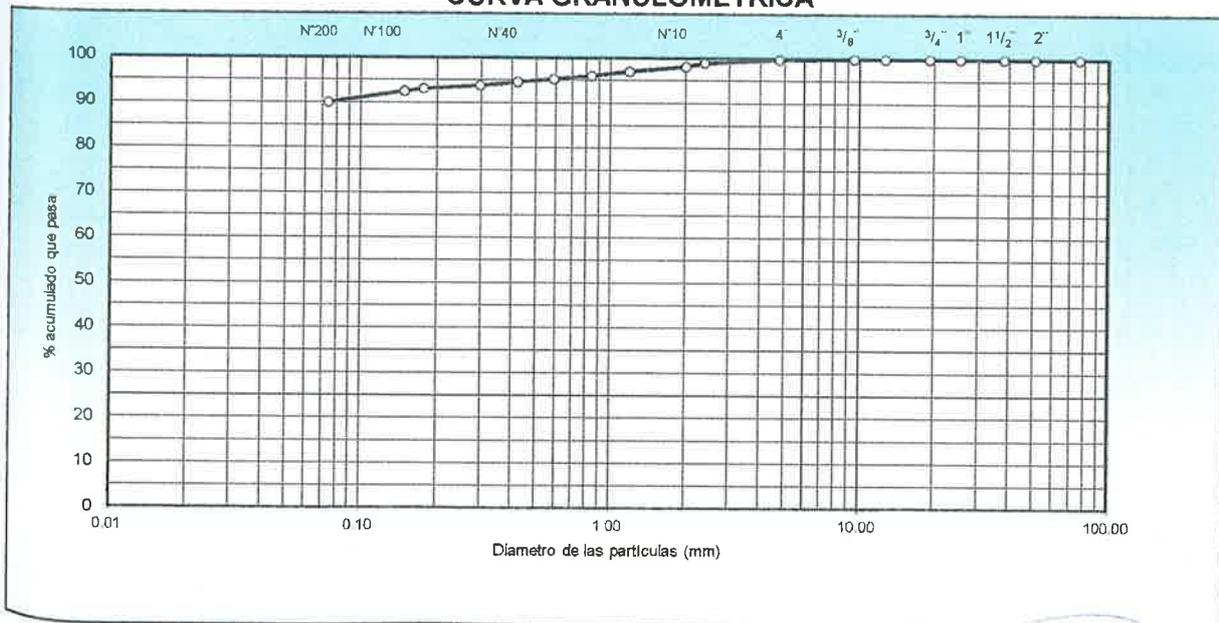
**NIVEL FREÁTICO** : NO se encontro

**Peso inicial seco** : 827.24 g

**Peso lavado seco** : 83.01 g

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET.	%RET. AC.	% Q' PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00		
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00		% DE GRAVA = 0.29 %
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00		% DE ARENA = 9.74 %
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00		% DE FINOS = 89.97 %
3/4"	19.100	0.00	0.00	0.00	100.00		
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00		
3/8"	9.520	0.00	0.00	0.00	100.00		
Nº 4	4.760	2.42	0.29	0.29	99.71		
Nº 8	2.380	6.25	0.76	1.05	98.95		
Nº 10	2.000	6.42	0.78	1.82	98.18		CLASIFICACION
Nº 16	1.190	9.27	1.12	2.94	97.06		SUCS = CL
Nº 20	0.840	8.14	0.98	3.93	96.07		
Nº 30	0.590	6.18	0.75	4.68	95.32		
Nº 40	0.420	5.72	0.69	5.37	94.63		
Nº 50	0.297	6.34	0.77	6.13	93.87		DENOMINACIÓN:
Nº 80	0.177	6.28	0.76	6.89	93.11		
Nº 100	0.149	5.20	0.63	7.52	92.48		
Nº 200	0.074	20.79	2.51	10.03	89.97		
< Nº 200		744.23	90.0	100.00	0.00		Arcilla de baja plasticidad 

#### CURVA GRANULOMÉTRICA



Elaborado por

Nombre / Función: \_\_\_\_\_ D: \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_ M: \_\_\_\_\_

A: \_\_\_\_\_

Revisado por

Nombre / Función: \_\_\_\_\_ D: \_\_\_\_\_

Firma: *Lilian Rocío Villanueva Bazán* M: \_\_\_\_\_

Lilian Rocío Villanueva Bazán  
GERENTE GENERAL

Aprobado por

Nombre / Función: \_\_\_\_\_ D: \_\_\_\_\_

Firma: *Ricardo Javier Ocas Borón* M: \_\_\_\_\_

Ricardo Javier Ocas Borón  
INGENIERO CIVIL  
CIP 129863



CALIBRACIÓN, CONTROL DE CALIDAD, ENSAYO DE MATERIALES,  
 ESTUDIO DE PROYECTOS TÉCNICOS, SERVICIO DE MECÁNICA DE  
 SUELOS Y CONCRETO (LABORATORIO CIENTÍFICO), LEVANTAMIENTOS  
 TOPOGRÁFICOS, MATERIALES (ENSAYOS DE ABRASIÓN,  
 PERMEABILIDAD, CONCRETO), PRUEBA DE CALIDAD MATERIALES

### LIMITES DE CONSISTENCIA

(MTC E 110 - 2000 MTC E 111 - 2000 AASHTO T-89, T-90, ASTM D 4318)

#### LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

PROYECTO  
 UBICACIÓN

: TESIS: OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS DE CONCRETO MEDIANTE EL USO DE SOBRECAPAS DE REFUERZO, PARA LA : AV. MARIO URTEAGA- CARRIL NORESTE (ENTRE OVALO EL INCA Y JR. CUMBE MAYO) DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA, 2016/27/06/2017  
 : DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA.

TEC. LABORATORISTA : D.A.R.M.  
 ING. RESPONSABLE : L.R.V.B.  
 FECHA : 27/06/2017

#### DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA : C-01  
 MUESTRA : E - 3

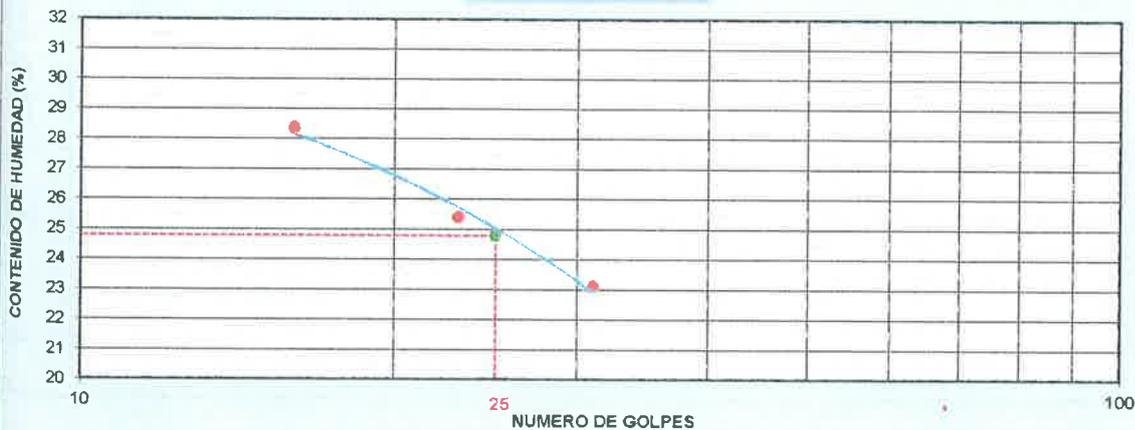
#### LIMITE LIQUIDO

Nº TARRO		14	8	6
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		36.89	38.22	40.56
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		32.14	33.82	36.42
PESO DE AGUA (g)		4.75	4.40	4.14
PESO DEL TARRO (g)		15.40	16.50	18.50
PESO DEL SUELO SECO (g)		16.74	17.32	17.92
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		28.38	25.40	23.10
NUMERO DE GOLPES		16	23	31

#### LIMITE PLASTICO

Nº TARRO		11	5
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		26.11	22.38
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		25.33	21.51
PESO DE AGUA (g)		0.78	0.87
PESO DEL TARRO (g)		19.80	15.30
PESO DEL SUELO SECO (g)		5.53	6.21
CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%)		14.10	14.01

#### DIAGRAMA DE FLUIDEZ



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	25
LIMITE PLASTICO	14
INDICE DE PLASTICIDAD	11

OBSERVACIONES

Elaborado por	
Nombre / Función:	D:
Firma:	M:
	A:

Revisado por	
Nombre:	D:
Firma:	M:
Lilian Rocio Villanueva Baza GERENTE GENERAL	

Aprobado por	
Nombre / Función:	D:
Firma:	M:
Ricardo Javier Ocasión INGENIERO CIVIL CIP: 129865	



CALIBRACIÓN, CONTROL DE CALIDAD, ENSAYO DE MATERIALES, ESTUDIO DE PROYECTOS TÉCNICOS, SERVICIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO (LABORATORIO CIENTÍFICO), LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS, MATERIALES (ENSAYOS DE ABRASIÓN, PERMEABILIDAD, CONCRETO), PRUEBA DE CALIDAD MATERIALES

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**

**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO  
(NORMA MTC E 115 - ASTM D 1557)**

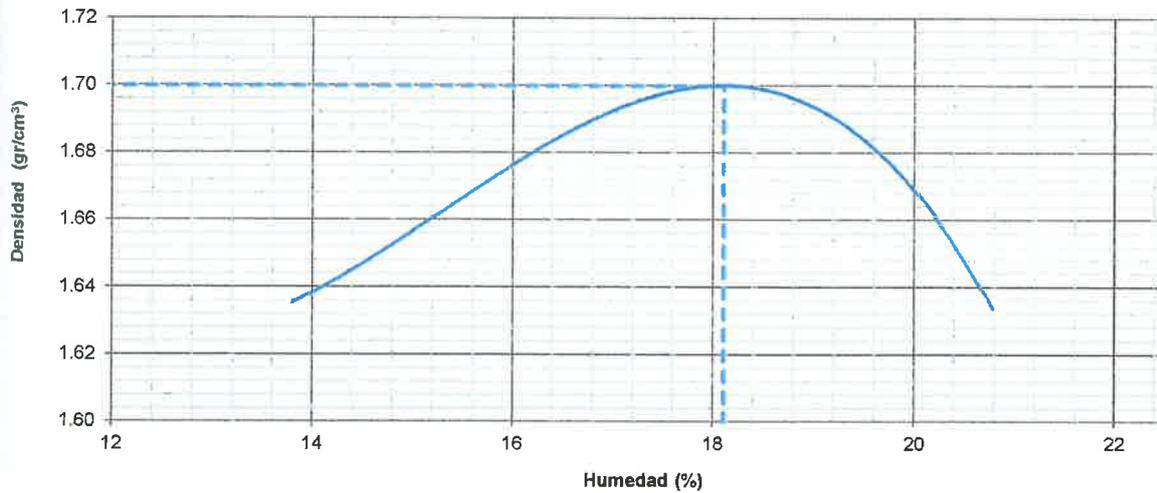
**PROYECTO :** TESIS: "OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS DE CONCRETO MEDIANTE EL USO DE SOBRECAPAS DE REFUERZO, PARA LA : AV. MARIO URTEAGA- CARRIL NORESTE (ENTRE OVALO EL INCA Y JR. CUMBE MAYO) DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA, 2016"

**UBICACION :** DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA. **Fecha Muestreo :** 27/06/2017

**CALICATA :** C-01 / E -3

VOLUMEN DEL MOLDE (cm <sup>3</sup> )	2105				PESO DEL MOLDE (gr.) :	5201				METODO	"C"
NUMERO DE ENSAYOS	4%		6%		8%		10%				
PESO SUELO + MOLDE (g)	9140		9297		9428		9383				
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO (g)	3939		4096		4227		4182				
DENSIDAD HUMEDO (g/cm <sup>3</sup> )	1.871		1.946		2.008		1.987				
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>											
RECIPIENTE Nro.	M18		M19		M20		M21				
PESO SUELO HUMEDO + TARA (g)	670.4		320.9		480.1		529.8				
PESO SUELOS SECO + TARA (g)	595.6		286.1		416.4		450.5				
PESO DE LA TARA (g)	65.4		69.1		64.7		63.3				
PESO DE AGUA (g)	74.8		34.8		63.7		79.3				
PESO DE SUELO SECO (g)	530.2		217.0		351.7		387.2				
CONTENIDO DE AGUA (%)	14.11		16.04		18.10		20.48				
DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	1.640		1.677		1.700		1.649				
DENS. MAXIMA SECA:	1.700		HUMEDAD OPTIMA :		18.11		%				

**CURVA PROCTOR MODIFICADO**



OBSERVACIONES:

Elaborado por	
Nombre / Función:	D:
Firma:	M:
	A:

Revisado por	
Nombre / Función:	D:
Firma:	M:
	A:

*Lilian Rocio Villanueva Bazañal*  
GERENTE GENERAL

Aprobado por	
Nombre / Función:	D:
Firma:	M:
	A:

*Ricardo Javier Ocas Bazañal*  
INGENIERO CIVIL  
CIP 129863



CALIBRACIÓN, CONTROL DE CALIDAD, ENSAYO DE MATERIALES,  
 ESTUDIO DE PROYECTOS TÉCNICOS, SERVICIO DE MECÁNICA DE  
 SUELOS Y CONCRETO (LABORATORIO CIENTÍFICO), LEVANTAMIENTOS  
 TOPOGRÁFICOS, MATERIALES (ENSAYOS DE ABRASIÓN,  
 PERMEABILIDAD, CONCRETO), PRUEBA DE CALIDAD MATERIALES

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)  
 (NORMA MTC E - 132 ASTM D 1883)

PROYECTO : TESIS: " OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS DE CONCRETO MEDIANTE EL USO DE SOBRECAPAS DE REFUERZO, PARA LA : AV. MARIO URTEAGA- CARRIL NORESTE (ENTRE OVALO EL INCA Y JR. CUMBE MAYO) DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA, 2016"

UBICACION : DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA Fecha Muestreo : 27/06/2017

CALICATA : N° 01

Cond. de la muestra	4		7		2	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde N°	4		7		2	
N° Capa	5		5		5	
Polvos por capa N°	56		25		12	
Peso molde + Suelo húmedo	1211.6		1134.1		1177.9	
Peso de molde (gr)	784.8		776.3		774.3	
Peso del suelo húmedo (gr)	426.6		417.8		403.6	
Volumen del molde (cc)	212.3		213.7		213.2	
Densidad húmeda (gr/cc)	2.009		1.955		1.893	
% de humedad	18.11		18.04		18.50	
Densidad seca (gr/cc)	1.701		1.656		1.597	
Carro N°	5		7		2	
Suelo húmedo ( gr. )	671.3		641.2		618.0	
Suelo seco ( gr. )	569.2		543.2		521.5	
Peso del Agua ( gr. )	103.1		98.0		96.5	
Peso del suelo seco ( gr. )	569.2		543.2		521.5	
% de humedad	18.11		18.04		18.50	
Promedio de Humedad (%)	18.11		18.04		18.50	

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
28/06/2017	09:00	0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0
29/06/2017	09:00	24									
30/06/2017	09:00	48									
01/07/2017	09:00	72									
02/07/2017	09:00	96	5.70	5.7	4.9	3.30	3.3	2.8	2.40	2.4	2.1

PENETRACION

PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N° 4				MOLDE N° 7				MOLDE N° 2			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0.0	0.0			0.0	0.0			0.0	0.0		
0.025		38.2	2.4			27.1	1.7			20.6	1.3		
0.050		55.1	3.5			43.6	2.7			30.6	1.9		
0.075		69.1	4.3			53.4	3.4			40.0	2.5		
0.100	70.3	82.1	5.2	5.2	7.3	64.5	4.0	4.0	5.8	48.5	3.0	3.0	4.3
0.125		98.8	6.2			73.0	4.6			56.5	3.5		
0.150		109.0	6.8			82.5	5.2			62.9	3.9		
0.200	105.5	127.6	8.0	8.0	7.6	101.5	6.4	6.4	6.0	75.5	4.7	4.7	4.5
0.300		143.6	9.0			114.0	7.2			91.5	5.7		
0.400													
0.500													

Elaborado por  
 Nombre / Función: \_\_\_\_\_ D: \_\_\_\_\_  
 M: \_\_\_\_\_  
 A: \_\_\_\_\_

Revisado por  
**KALVA INGENIEROS S.A.C.**  
 Nombre / Función: *Lilian Rocio Villanueva Bazon* D: \_\_\_\_\_  
 Firma: *Lilian Rocio Villanueva Bazon* M: \_\_\_\_\_  
 A: \_\_\_\_\_  
 REPRESENTANTE GENERAL

Aprobado por  
 Nombre / Función: *Ricardo Javier Ocas Bazon* D: \_\_\_\_\_  
 Firma: *Ricardo Javier Ocas Bazon* M: \_\_\_\_\_  
 A: \_\_\_\_\_  
 INGENIERO C.VII  
 CIP. 129863



CALIBRACIÓN, CONTROL DE CALIDAD, ENSAYO DE MATERIALES, ESTUDIO DE PROYECTOS TÉCNICOS, SERVICIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO (LABORATORIO CIENTÍFICO), LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS, MATERIALES (ENSAYOS DE ABRASIÓN, PERMEABILIDAD, CONCRETO), PRUEBA DE CALIDAD MATERIALES

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)  
(NORMA MTC E - 132 ASTM D 1883)

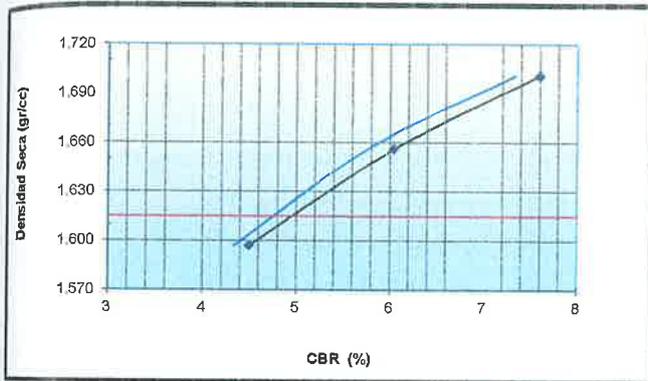
PROYECTO :  
UBICACION :  
CALICATA :

TESIS: "OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS DE CONCRETO MEDIANTE EL USO DE SOBRECAPAS DE REFUERZO, PARA LA : AV. MARIO URTEAGA- CARRIL NORESTE (ENTRE OVALO EL INCA Y JR. CUMBE MAYO) DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA, 2016"

DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA  
N° 01

Fecha Muestreo : 27/06/2017

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	7.3	0.2":	7.6
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	4.8	0.2":	5.0

Datos del Proctor

Densidad Seca	1.700	gr/cm <sup>3</sup>
Humedad Optima	18.11	%

OBSERVACIONES:

---



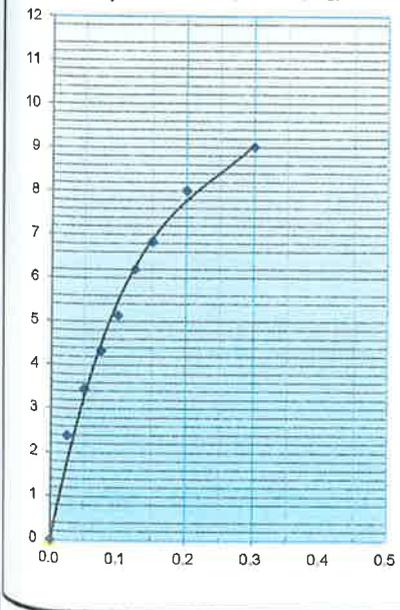
---



---

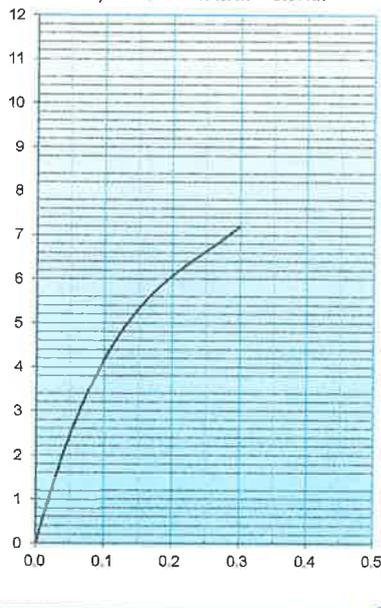
EC = 56 GOLPES

$$y = 356.77x^3 - 265.39x^2 + 77.712x$$



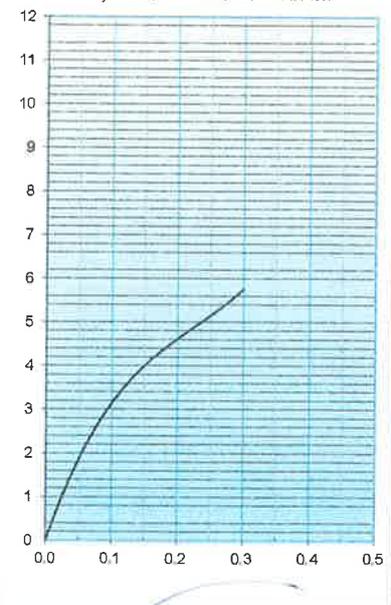
EC = 25 GOLPES

$$y = 257.11x^3 - 191.86x^2 + 58.446x$$



EC = 12 GOLPES

$$y = 223.19x^3 - 150.04x^2 + 44.149x$$



Elaborado por

Nombre / Función: \_\_\_\_\_ D: \_\_\_\_\_

M: \_\_\_\_\_

A: \_\_\_\_\_

Revisado por

Nombre / Función: RAOLYN INGENIEROS SAC D: \_\_\_\_\_

Firma: *Lilian Rocio Villanueva Bazán* M: \_\_\_\_\_

Lilian Rocio Villanueva Bazán A: \_\_\_\_\_

ABSENTE GENERAL

Aprobado por

Nombre / Función: \_\_\_\_\_ D: \_\_\_\_\_

Firma: *Ricardo Javier Ocaso Bazán* M: \_\_\_\_\_

Ricardo Javier Ocaso Bazán A: \_\_\_\_\_

INGENIERO C. J. Ocaso Bazán

CIP. 129863



**CALIBRACIÓN, CONTROL DE CALIDAD, ENSAYO DE MATERIALES,  
ESTUDIO DE PROYECTOS TÉCNICOS, SERVICIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS Y CONCRETO (LABORATORIO CIENTÍFICO), LEVANTAMIENTOS  
TOPOGRÁFICOS, MATERIALES (ENSAYOS DE ABRASIÓN,  
PERMEABILIDAD, CONCRETO), PRUEBA DE CALIDAD MATERIALES**

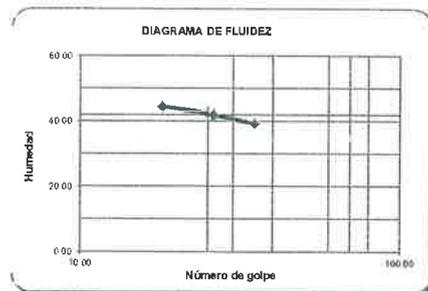
ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION  
(ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

PROYECTO : TESIS: "OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS DE CONCRETO MEDIANTE EL USO DE SOBRECAPAS DE REFUERZO, PARA LA : AV. MARIO URTEAGA- CARRIL NORESTE (ENTRE OVALO EL INÇA Y JR. CUMBE MAYO) DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA, 2016"

SOLICITADO : UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA  
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA

REALIZADO : David Alexander Rojas Muñoz  
REVISADO : Lilian Villanueva Bazán  
FECHA : 27/06/2017

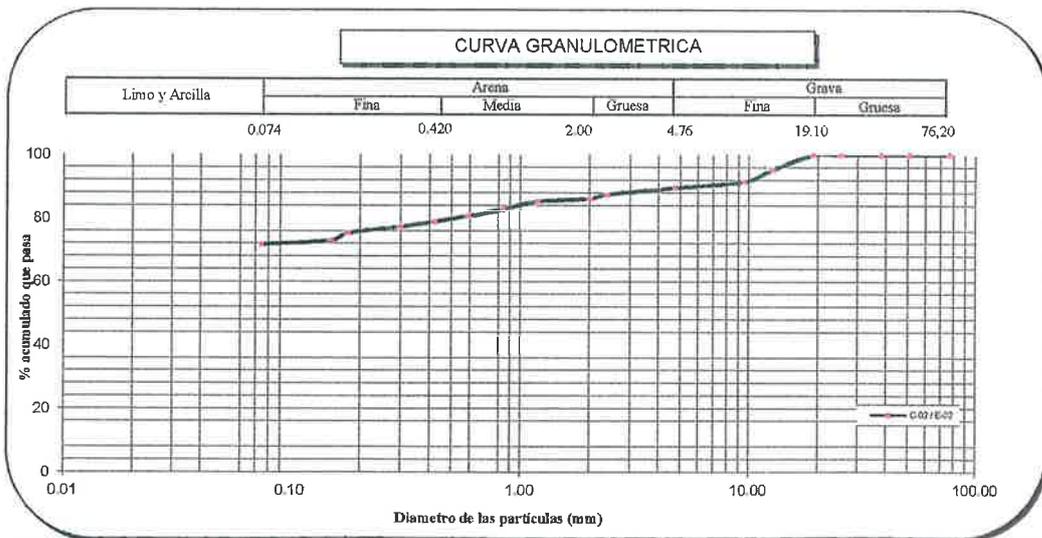
Calicata	C-02		
Muestra	E-02		
Profundidad (m)	1.50		
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO  PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	Malla		% que pasa
	Nº	Abertura (mm)	
	3"	76.200	100.0
	2"	50.800	100.0
	1 1/2"	38.100	100.0
	1"	25.400	100.0
	3/4"	19.100	100.0
	1/2"	12.700	95.3
	3/8"	9.520	91.6
	Nº 4	4.760	89.6
	Nº 8	2.380	87.5
	Nº 10	2.000	86.1
	Nº 16	1.190	85.2
	Nº 20	0.840	82.9
	Nº 30	0.590	80.7
	Nº 40	0.420	78.9
	Nº 50	0.297	77.2
	Nº 80	0.177	75.3
	Nº 100	0.149	73.0
	Nº 200	0.074	71.7
Contenido de Humedad	(%)	6.51	
Límite Líquido (LL)	(%)	42	
Límite Plástico (LP)	(%)	18	
Índice Plástico (IP)	(%)	24	
Clasificación (S.U.C.S.)		CL	
Clasificación (AASHTO)		A-7-6	
Índice de Grupo		15	



Distribución Granulométrica

% Grava	GG%	0.00	10.40
	GF%	10.40	
% Arena	AG%	3.47	17.94
	AM%	7.26	
	AF%	7.21	
% Finos			71.66

Nombre de grupo : Arcilla de baja plasticidad con arena



Descripción (AASHTO) : MALO

RAOLYN INGENIEROS SAC.  
 Lilian Rocío Villanueva Bazán  
 GERENTE GENERAL

Ricardo Javier Ocas Boñón  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 129863



CALIBRACIÓN, CONTROL DE CALIDAD, ENSAYO DE MATERIALES,  
 ESTUDIO DE PROYECTOS TÉCNICOS, SERVICIO DE MECÁNICA DE  
 SUELOS Y CONCRETO (LABORATORIO CIENTÍFICO), LEVANTAMIENTOS  
 TOPOGRÁFICOS, MATERIALES (ENSAYOS DE ABRASIÓN,  
 PERMEABILIDAD, CONCRETO), PRUEBA DE CALIDAD MATERIALES

TESIS: OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS DE CONCRETO MEDIANTE EL USO DE SOBRECAPAS DE REFUERZO, PARA LA : AV. MARIO URTEAGA- CARRIL NORESTE (ENTRE OVALO EL INCA Y JR. CUMBE MAYO) DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA, 2016"

**CONTENIDO DE HUMEDAD**  
**MTC E 108 - 2000 ASTM - D2216**

UBICACIÓN : DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA.  
 PROFUNDIDAD : 1.50 m  
 FECHA DE MUESTREO : 27/06/2017  
 FECHA DE ENSAYO : 29/06/2017  
 CATEGORÍA : C-02 / E-02

ENSAYO N°	1	2
TARA	10	6
PESO TARA + SUELO HUMEDO (g)	579.8	610.3
PESO TARA + SUELO SECO (g)	549.6	581.0
PESO DE AGUA (g)	30.20	29.30
PESO DE LA TARA (g)	103.10	112.70
PESO DEL SUELO SECO (g)	446.50	468.30
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	6.76%	6.26%
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO (%)	6.51%	

KAOLYN INGENIEROS SAC.  
 Lilian Rocio Villanueva Rosán  
 GERENTE

Ricardo Javier Ocas Buñón  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 129863



CALIBRACIÓN, CONTROL DE CALIDAD, ENSAYO DE MATERIALES,  
ESTUDIO DE PROYECTOS TÉCNICOS, SERVICIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS Y CONCRETO (LABORATORIO CIENTÍFICO), LEVANTAMIENTOS  
TOPOGRÁFICOS, MATERIALES (ENSAYOS DE ABRASIÓN,  
PERMEABILIDAD, CONCRETO), PRUEBA DE CALIDAD MATERIALES

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

(MTC E 107 - 2000 ASTM D-422)

#### LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

**PROYECTO** : TESIS: "OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS DE CONCRETO MEDIANTE EL USO DE SOBRECAPAS DE REFUERZO, PARA LA : AV. MARIO URTEAGA- CARRIL NORESTE (ENTRE OVALO EL INCA Y JR. CUMBE MAYO) DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA, 2016"

**UBICACIÓN** : DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA.

**TEC. LABORATORISTA** : D.A.R.M.  
**ING. RESPONSABLE** : L.R.V.B.  
**FECHA** : 27/06/2017

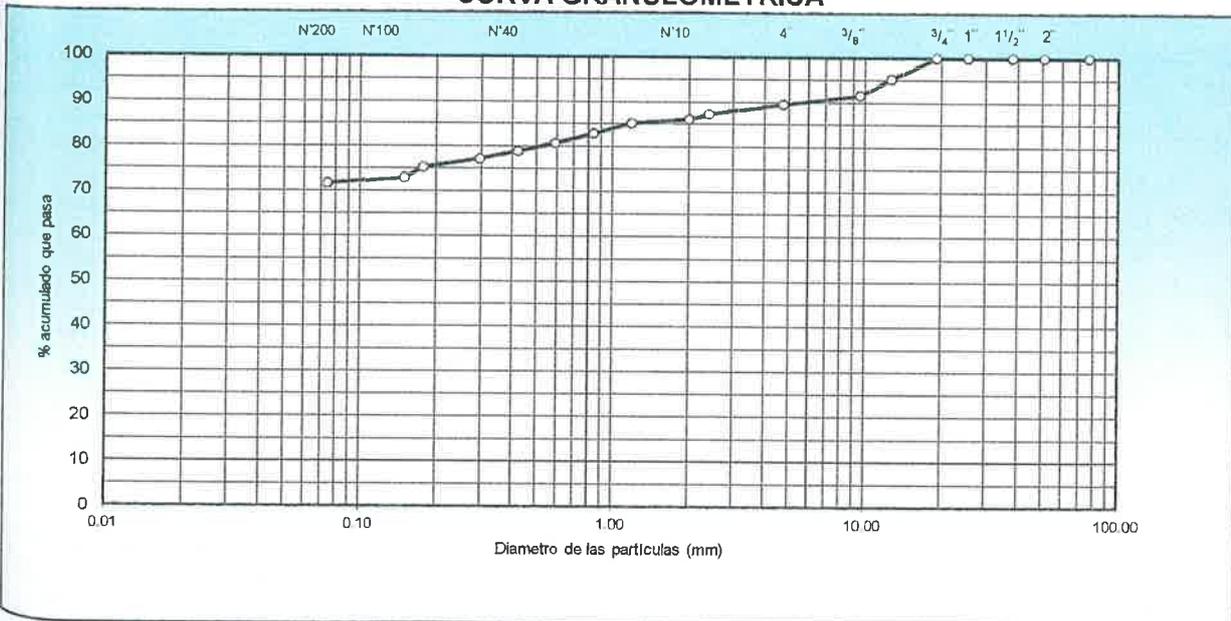
#### DATOS DE LA MUESTRA

**CALICATA** : C-02  
**MUESTRA** : E-02  
**NIVEL FREÁTICO** : No se encontro

**Peso inicial seco** : 2000.00 g  
**Peso Fraccion Pas. N°4** : 62.99 g

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET.	%RET. AC.	% Q' PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00		
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00		% DE GRAVA = 10.40 %
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00		% DE ARENA = 17.94 %
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00		% DE FINOS = 71.66 %
3/4"	19.100	0.00	0.00	0.00	100.00		
1/2"	12.700	94.00	4.70	4.70	95.30		
3/8"	9.520	75.00	3.75	8.45	91.55		
N° 4	4.760	39.00	1.95	10.40	89.60		
N° 8	2.380	7.54	2.15	12.55	87.45		
N° 10	2.000	4.65	1.32	13.87	86.13		CLASIFICACION
N° 16	1.190	3.16	0.90	14.77	85.23		SUCS = CL
N° 20	0.840	8.14	2.32	17.09	82.91		
N° 30	0.590	7.64	2.18	19.27	80.73		
N° 40	0.420	6.54	1.86	21.13	78.87		
N° 50	0.297	5.72	1.63	22.76	77.24		DENOMINACIÓN:
N° 80	0.177	6.81	1.94	24.70	75.30		Arcilla de baja plasticidad con arena
N° 100	0.149	8.13	2.32	27.01	72.99		
N° 200	0.074	4.66	1.33	28.34	71.66		
< N° 200		251.61	71.66	100.00	0.00		

#### CURVA GRANULOMÉTRICA



KAOLYN INGENIEROS SAC.  
*Lilian Rocío Villanueva*  
Lilian Rocío Villanueva  
CIP: 129863

*Ricardo Javier Ocas Buñón*  
Ricardo Javier Ocas Buñón  
INGENIERO C. I. L.  
CIP: 129863



CALIBRACIÓN, CONTROL DE CALIDAD, ENSAYO DE MATERIALES,  
ESTUDIO DE PROYECTOS TÉCNICOS, SERVICIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS Y CONCRETO (LABORATORIO CIENTÍFICO), LEVANTAMIENTOS  
TOPOGRÁFICOS, MATERIALES (ENSAYOS DE ABRASIÓN,  
PERMEABILIDAD, CONCRETO), PRUEBA DE CALIDAD MATERIALES

**LIMITES DE CONSISTENCIA**

(MTC E 110 - 2000 MTC E 111 - 2000 AASHTO T-89, T-90, ASTM D 4318)

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**

PROYECTO

: TESIS: "OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS DE CONCRETO MEDIANTE EL USO DE SOBRECAPAS DE REFUERZO, PARA LA : AV. MARIO URTEAGA- CARRIL NORESTE (ENTRE OVALO EL INCA Y JR. CUMBE MAYO) DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA, 2016"

UBICACIÓN

: DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA.

TEC. LABORATORISTA : D.A.R.M.

ING. RESPONSABLE : L.R.V.B.

FECHA : 27/06/2017

**DATOS DE LA MUESTRA**

CALICATA : C-02

MUESTRA : E-02

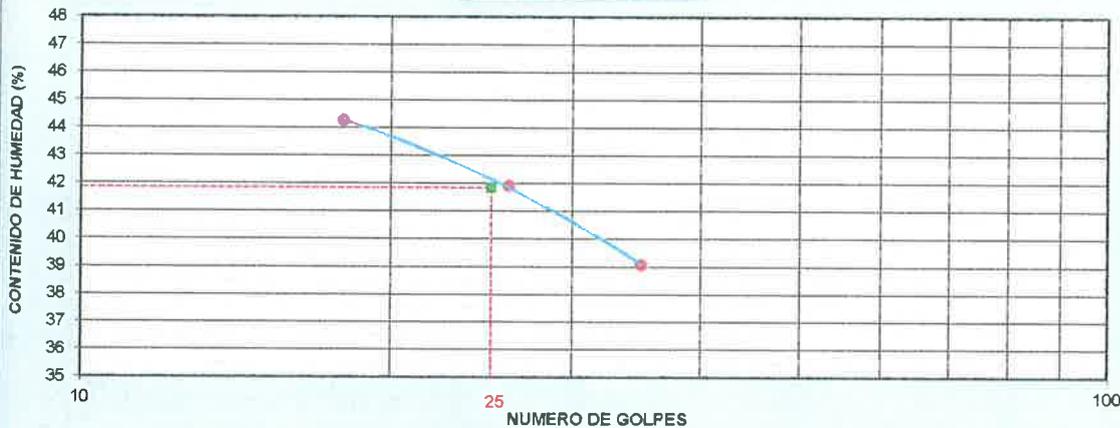
**LIMITE LIQUIDO**

Nº TARRO		6	10	18
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		42.02	40.16	61.98
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		35.99	33.91	56.28
PESO DE AGUA (g)		6.03	6.25	5.70
PESO DEL TARRO (g)		22.37	19.00	41.69
PESO DEL SUELO SECO (g)		13.62	14.91	14.59
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		44.27	41.92	39.07
NUMERO DE GOLPES		18	26	35

**LIMITE PLASTICO**

Nº TARRO		7	13
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		34.03	22.77
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		33.00	21.62
PESO DE AGUA (g)		1.03	1.15
PESO DEL TARRO (g)		27.36	15.30
PESO DEL SUELO SECO (g)		5.64	6.32
CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%)		18.26	18.20

**DIAGRAMA DE FLUIDEZ**



**CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA**

LIMITE LIQUIDO	42
LIMITE PLASTICO	18
INDICE DE PLASTICIDAD	24

**OBSERVACIONES**

Empty box for observations.

KAOLYN INGENIEROS SAC.

*Lilian Rocio Villanueva Bazán*  
GERENTE GENERAL

*Ricardo Javier Ocas Bonón*  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 129863



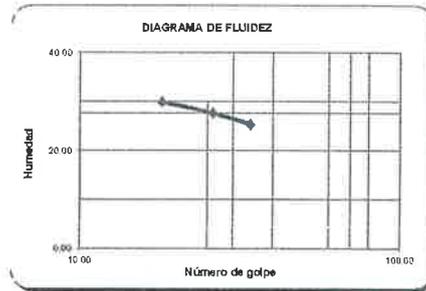
CALIBRACIÓN, CONTROL DE CALIDAD, ENSAYO DE MATERIALES,  
 ESTUDIO DE PROYECTOS TÉCNICOS, SERVICIO DE MECÁNICA DE  
 SUELOS Y CONCRETO (LABORATORIO CIENTÍFICO), LEVANTAMIENTOS  
 TOPOGRÁFICOS, MATERIALES (ENSAYOS DE ABRASIÓN,  
 PERMEABILIDAD, CONCRETO), PRUEBA DE CALIDAD MATERIALES

**ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION**  
 (ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

**PROYECTO :** OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS DE CONCRETO MEDIANTE EL USO DE SOBRECAPAS DE REFUERZO, PARA LA: AV. MARIO URTEAGA- CARRIL NORESTE (ENTRE OVALO EL INCA)  
**REALIZADO:** Tec. David Alexander Rojas Muñoz  
**SOLICITADO :** UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA  
**REVISADO :** Ing. Lilian Rocio Villanueva Bazan  
**UBICACIÓN :** DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA  
**FECHA :** 27/06/2017

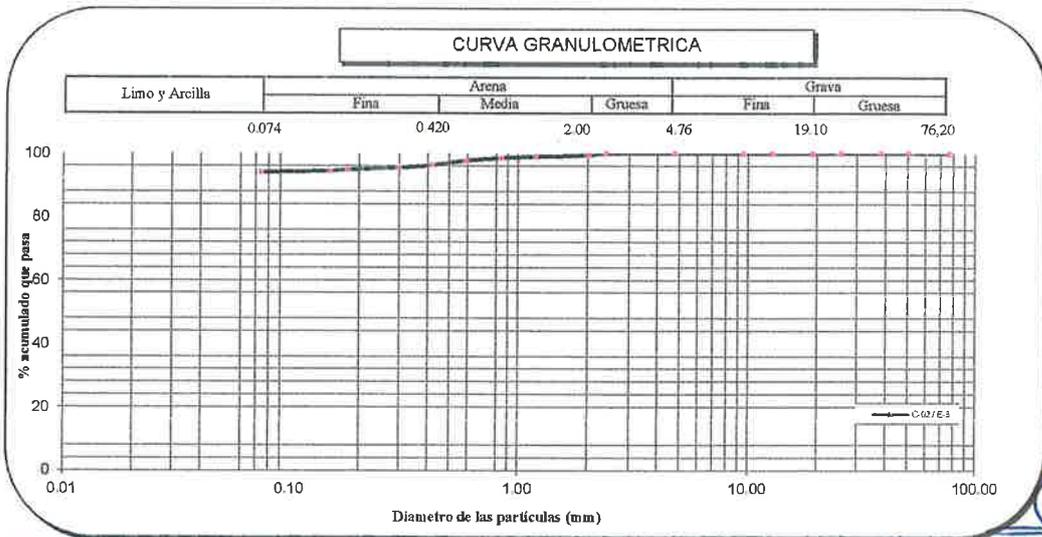
Calicata	C-02	
Muestra	E-3	
Profundidad (m)	1.50	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	Malla	
	Nº	Abertura (mm)
	3 "	76.200
	2 "	50.800
	1 1/2 "	38.100
	1 "	25.400
	3/4 "	19.100
	1/2 "	12.700
	3/8 "	9.520
	Nº 4	4.760
	Nº 8	2.380
	Nº 10	2.000
	Nº 16	1.190
	Nº 20	0.840
	Nº 30	0.590
	Nº 40	0.420
	Nº 50	0.297
	Nº 80	0.177
	Nº 100	0.149
	Nº 200	0.074
Contenido de Humedad (%)	15.20	
Límite Líquido ( LL ) (%)	27.6	
Límite Plástico ( LP ) (%)	13.6	
Índice Plástico ( IP ) (%)	14.0	
Clasificación ( S.U.C.S. )	CL	
Clasificación ( AASHTO )	A-6	
Índice de Grupo	17	

Nombre de grupo : Arcilla de baja plasticidad



Distribución Granulométrica

% Grava	GG%	0.00	0.00
	GF%	0.00	
% Arena	AG%	0.54	5.95
	AM%	3.14	
	AF%	2.27	
% Finos			94.05



KACYL INGENIERIA S.A.  
*Lilian Rocio Villanueva Bazan*  
 Lilian Rocio Villanueva Bazan  
 GERENTE GENERAL

*Ricardo Javier Ocaso*  
 Ricardo Javier Ocaso  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 129863

<b>Descripción ( AASHTO )</b>		<b>MALO</b>	
Elaborado por		Revisado por	
Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:
	M:		M:
Firma:	A:	Firma:	A:
Aprobado por		Aprobado por	
Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:
	M:		M:
Firma:	A:	Firma:	A:



CALIBRACIÓN, CONTROL DE CALIDAD, ENSAYO DE MATERIALES,  
ESTUDIO DE PROYECTOS TÉCNICOS, SERVICIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS Y CONCRETO (LABORATORIO CIENTÍFICO), LEVANTAMIENTOS  
TOPOGRÁFICOS, MATERIALES (ENSAYOS DE ABRASIÓN,  
PERMEABILIDAD, CONCRETO), PRUEBA DE CALIDAD MATERIALES

OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS DE CONCRETO MEDIANTE EL USO DE SOBRECAPAS DE REFUERZO, PARA LA: AV. MARIO URTEAGA-CARRIL NORESTE (ENTRE OVALO EL INCA Y JR. CUMBE MAYO) DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA, 2016"

**CONTENIDO DE HUMEDAD**  
MTC E 108 - 2000 ASTM - D2216

LOCALIZACIÓN  
PROFUNDIDAD  
FECHA DE MUESTREO  
FECHA DE ENSAYO  
CATEGORÍA

: DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA.  
: 1.50 m  
: 27/06/2017  
: 28/06/2017  
: C-02 / E-3

ENSAYO N°	1	2
TARA	3	4
PESO TARA + SUELO HUMEDO (g)	530.1	572.4
PESO TARA + SUELO SECO (g)	468.6	505.0
PESO DE AGUA (g)	61.50	67.40
PESO DE LA TARA (g)	62.30	63.40
PESO DEL SUELO SECO (g)	406.30	441.60
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	15.14%	15.26%
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO (%)	15.20%	

Elaborado por

Nombre / Función: \_\_\_\_\_ D: \_\_\_\_\_

M: \_\_\_\_\_

A: \_\_\_\_\_

Revisado por

Nombre / Función: KAOLYN INGENIEROS SAC. D: \_\_\_\_\_

Firma: *Lilian Rocio Villanueva Bazán* M: \_\_\_\_\_

Lilian Rocio Villanueva Bazán A: \_\_\_\_\_

GERENTE GENERAL

Aprobado por

Nombre / Función: \_\_\_\_\_ D: \_\_\_\_\_

Firma: *Ricardo Javier Geas Donón* M: \_\_\_\_\_

Ricardo Javier Geas Donón A: \_\_\_\_\_

INGENIERO CIVIL

CIP. 129863



CALIBRACIÓN, CONTROL DE CALIDAD, ENSAYO DE MATERIALES, ESTUDIO DE PROYECTOS TÉCNICOS, SERVICIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO (LABORATORIO CIENTÍFICO), LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS, MATERIALES (ENSAYOS DE ABRASIÓN, PERMEABILIDAD, CONCRETO), PRUEBA DE CALIDAD MATERIALES

### ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

(MTC E 107 - 2000 ASTM D-422)

#### LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

PROYECTO : OPTIMIZACION DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS DE CONCRETO MEDIANTE EL USO DE SOBRECAPAS DE REFUERZO, PARA LA: AV. MARIO URTEAGA- CARRIL NORESTE (ENTRE OVALO EL INCA Y JR. CUMBE MAYO) DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA, 2016"

UBICACIÓN : DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA.

TEC. LABORATORISTA : D.A.R.M.

ING. RESPONSABLE : L.R.V.B.

FECHA : 27/06/2017

#### DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA : C-02

MUESTRA : E-3

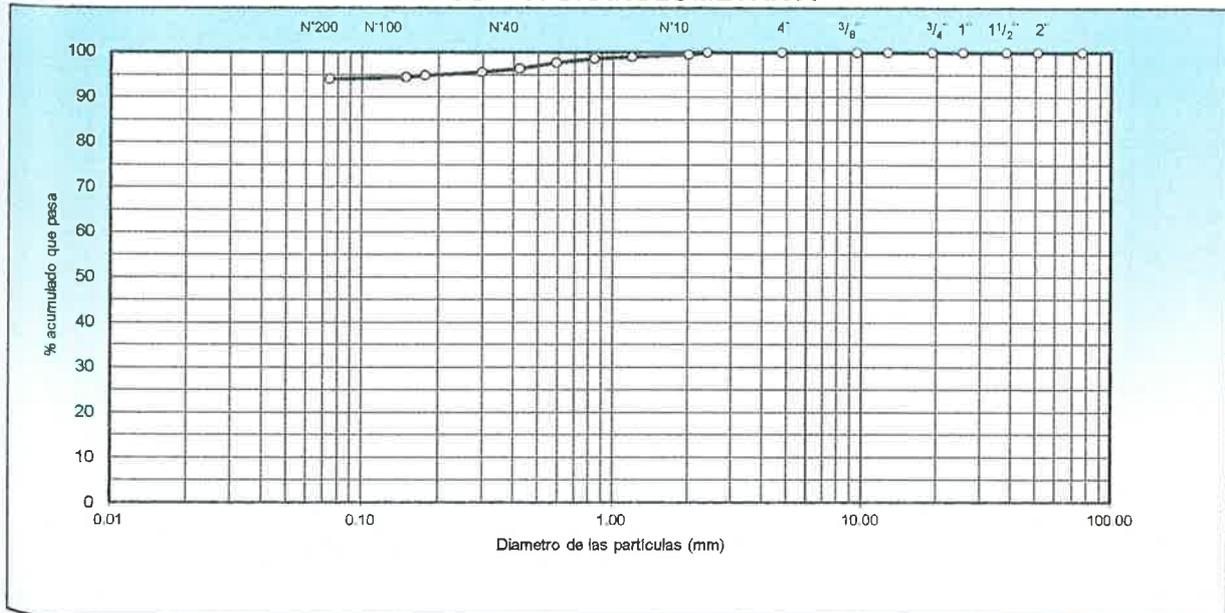
NIVEL FREÁTICO : NO se encontro

Peso inicial seco : 768.00 g

Peso lavado seco : 45.69 g

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET.	%RET. AC.	% Q' PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00		
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00		% DE GRAVA = 0.00 %
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00		% DE ARENA = 5.95 %
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00		% DE FINOS = 94.05 %
3/4"	19.100	0.00	0.00	0.00	100.00		
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00		
3/8"	9.520	0.00	0.00	0.00	100.00		
Nº 4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00		
Nº 8	2.380	0.00	0.00	0.00	100.00		
Nº 10	2.000	4.16	0.54	0.54	99.46		CLASIFICACION
Nº 16	1.190	3.72	0.48	1.03	98.97		SUCS = CL
Nº 20	0.840	2.95	0.38	1.41	98.59		
Nº 30	0.590	6.73	0.88	2.29	97.71		
Nº 40	0.420	10.72	1.40	3.68	96.32		DENOMINACIÓN:
Nº 50	0.297	6.14	0.80	4.48	95.52		Arcilla de baja plasticidad 
Nº 80	0.177	5.18	0.67	5.16	94.84		
Nº 100	0.149	3.16	0.41	5.57	94.43		
Nº 200	0.074	2.93	0.38	5.95	94.05		
< Nº 200		722.31	94.1	100.00	0.00		

#### CURVA GRANULOMETRICA



Elaborado por

Nombre / Función: \_\_\_\_\_ D: \_\_\_\_\_

M: \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_ A: \_\_\_\_\_

Revisado por

Nombre / Función: **KALYN INGENIEROS SAC** D: \_\_\_\_\_

Firma: *Lilian Rocío Villanueva Bazán* M: \_\_\_\_\_

**Lilian Rocío Villanueva Bazán** A: \_\_\_\_\_

GERENTE GENERAL

Aprobado por

Nombre / Función: *Ricardo Javier Ocas Bojórquez* D: \_\_\_\_\_

Firma: *Ricardo Javier Ocas Bojórquez* M: \_\_\_\_\_

**INGENIERO CIVIL** A: \_\_\_\_\_

CIP: 129883



CALIBRACIÓN, CONTROL DE CALIDAD, ENSAYO DE MATERIALES,  
ESTUDIO DE PROYECTOS TÉCNICOS, SERVICIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS Y CONCRETO (LABORATORIO CIENTÍFICO), LEVANTAMIENTOS  
TOPOGRÁFICOS, MATERIALES (ENSAYOS DE ABRASIÓN,  
PERMEABILIDAD, CONCRETO), PRUEBA DE CALIDAD MATERIALES

### LIMITES DE CONSISTENCIA

(MTC E 110 - 2000 MTC E 111 - 2000 AASHTO T-89, T-90, ASTM D 4318)

#### LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

PROYECTO	: OPTIMIZACION DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS DE CONCRETO MEDIANTE EL USO DE SOBRECAPAS DE REFUERZO, PARA LA: AV. MARIO URTEAGA- CARRIL NORESTE (ENTRE OVALO EL INCA Y JR. CUMBE MAYO) DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA, 2016"		
UBICACIÓN	: DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA.	TEC. LABORATORISTA	: D.A.R.M.
		ING. RESPONSABLE	: L.R.V.B.
		FECHA	: 27/06/2017

#### DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA : C-02  
MUESTRA : E-3

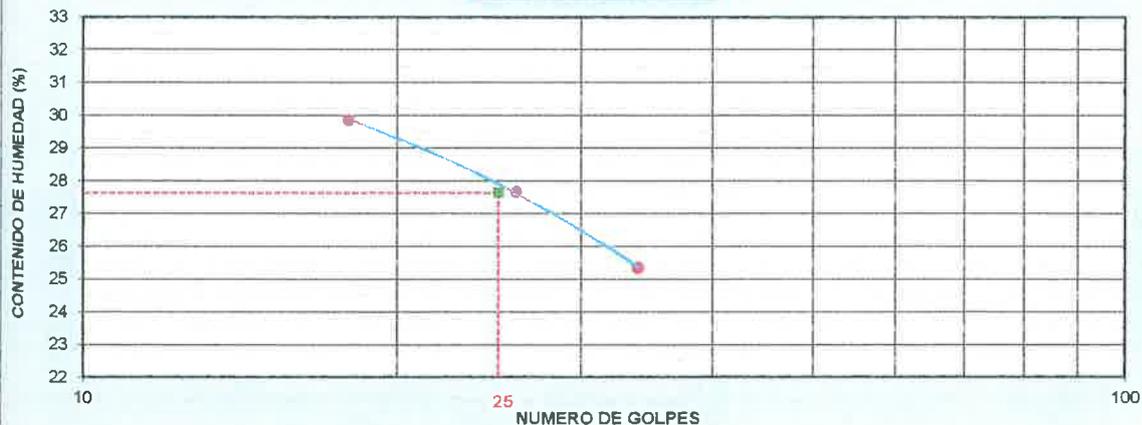
#### LIMITE LIQUIDO

Nº TARRO		4	2	5
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		41.11	41.02	36.17
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		36.05	36.40	31.95
PESO DE AGUA (g)		5.06	4.62	4.22
PESO DEL TARRO (g)		19.10	19.70	15.30
PESO DEL SUELO SECO (g)		16.95	16.70	16.65
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		29.85	27.66	25.35
NUMERO DE GOLPES		18	26	34

#### LIMITE PLASTICO

Nº TARRO		10	14
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		25.07	20.51
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		24.34	19.90
PESO DE AGUA (g)		0.73	0.61
PESO DEL TARRO (g)		19.00	15.40
PESO DEL SUELO SECO (g)		5.34	4.50
CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%)		13.67	13.56

#### DIAGRAMA DE FLUIDEZ



#### CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO	28
LIMITE PLASTICO	14
INDICE DE PLASTICIDAD	14

#### OBSERVACIONES

--

Elaborado por	
Nombre / Función:	D:
	M:
Firma:	A:

Revisado por	
Nombre / Función:	D:
KAOSIN INGENIEROS SAC.	
Firma:	A:
Lilian Rocio Villanueva Bazañ GERENTE GENERAL	

Aprobado por	
Nombre / Función:	D:
Ricardo Javier Ocas Balboa	
Firma:	A:
INGENIERO CIVIL CIP 128863	



CALIBRACIÓN, CONTROL DE CALIDAD, ENSAYO DE MATERIALES,  
 ESTUDIO DE PROYECTOS TÉCNICOS, SERVICIO DE MECÁNICA DE  
 SUELOS Y CONCRETO (LABORATORIO CIENTÍFICO), LEVANTAMIENTOS  
 TOPOGRÁFICOS, MATERIALES (ENSAYOS DE ABRASIÓN,  
 PERMEABILIDAD, CONCRETO), PRUEBA DE CALIDAD MATERIALES

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**

**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO  
 (NORMA MTC E 115 - ASTM D 1557)**

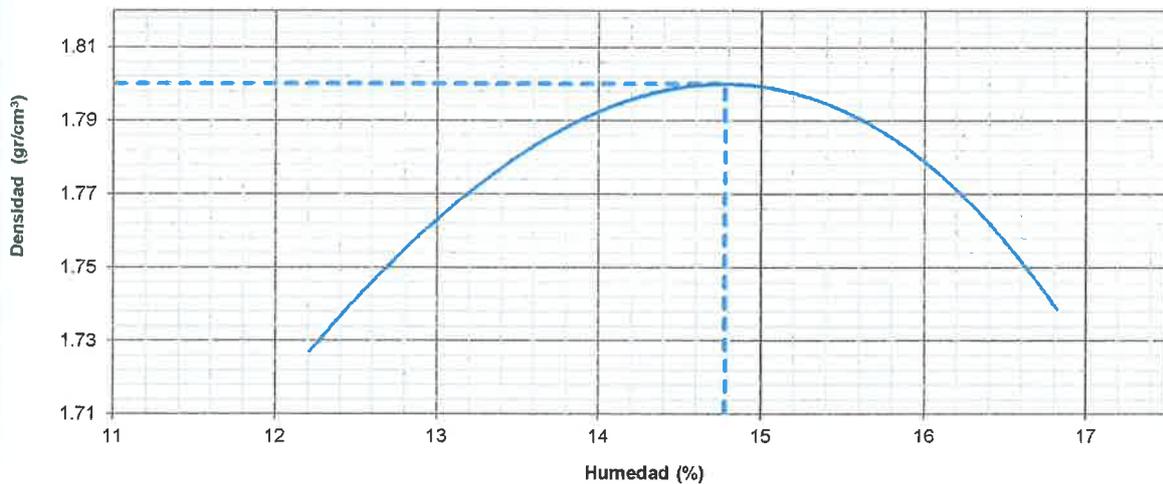
**PROYECTO :** TESIS: "OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS DE CONCRETO MEDIANTE EL USO DE SOBRECAPAS DE REFUERZO, PARA LA : AV. MARIO URTEAGA- CARRIL NORESTE (ENTRE OVALO EL INCA Y JR. CUMBE MAYO) DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA, 2016"

**UBICACION :** DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA. **Fecha Muestreo :** 27/06/2017

**CALICATA :** C2-E3

VOLUMEN DEL MOLDE (cm <sup>3</sup> )	2105				PESO DEL MOLDE (gr.) :	5201				METODO	"C"
NUMERO DE ENSAYOS	2%		4%		6%		8%				
PESO SUELO + MOLDE (g)	9309		9385		9531		9490				
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO (g)	4108		4184		4330		4289				
DENSIDAD HUMEDO (g/cm <sup>3</sup> )	1.952		1.988		2.057		2.038				
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>											
RECIPIENTE Nro.	M1		M2		M3		M4				
PESO SUELO HUMEDO + TARA (g)	628.9		502.3		648.8		608.2				
PESO SUELOS SECO + TARA (g)	570.1		453.9		575.6		533.0				
PESO DE LA TARA (g)	80.8		69.1		63.7		63.7				
PESO DE AGUA (g)	58.8		48.4		73.2		75.2				
PESO DE SUELO SECO (g)	489.3		384.8		511.9		469.3				
CONTENIDO DE AGUA (%)	12.02		12.58		14.30		16.02				
DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	1.742		1.766		1.800		1.756				
DENS. MAXIMA SECA:	1.800		HUMEDAD OPTIMA :		14.28		%				

**CURVA PROCTOR MODIFICADO**



OBSERVACIONES:

Elaborado por

Nombre / Función: \_\_\_\_\_ D: \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_ M: \_\_\_\_\_

A: \_\_\_\_\_

Revisado por

Nombre / Función: \_\_\_\_\_ D: \_\_\_\_\_

Firma: **KAOLYN INGENIEROS SAC.**  
*Lilian Rocío Villanueva Bazán*  
 GERENTE GENERAL

M: \_\_\_\_\_

A: \_\_\_\_\_

Aprobado por

Nombre / Función: \_\_\_\_\_ D: \_\_\_\_\_

Firma: *Ricardo Javier Oca*  
**INGENIERO CIVIL**  
**CIP 129863**

M: \_\_\_\_\_

A: \_\_\_\_\_



CALIBRACIÓN, CONTROL DE CALIDAD, ENSAYO DE MATERIALES, ESTUDIO DE PROYECTOS TÉCNICOS, SERVICIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO (LABORATORIO CIENTÍFICO), LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS, MATERIALES (ENSAYOS DE ABRASIÓN, PERMEABILIDAD, CONCRETO), PRUEBA DE CALIDAD MATERIALES

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)  
(NORMA MTC E - 132 ASTM D 1883)

PROYECTO : TESIS: "OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS DE CONCRETO MEDIANTE EL USO DE SOBRECAPAS DE REFUERZO, PARA LA : AV. MARIO URTEAGA- CARRIL NORESTE (ENTRE OVALO EL INCA Y JR. CUMBE MAYO) DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA, 2016"

UBICACION : DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA, Fecha Muestreo :  
CALICATA : C02- E 3

Molde N°	1		10		9	
	5		5		5	
Nº Capa	56		26		12	
Golpes por capa N°	56		26		12	
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + Suelo húmedo	12002		11930		11829	
Peso de molde (gr)	7575		7790		7790	
Peso del suelo húmedo (gr)	4427		4140		4039	
Volumen del molde (cc)	2145		2123		2123	
Densidad húmeda (gr/cc)	2.064		1.950		1.902	
% de humedad	14.27		14.20		14.24	
Densidad seca (gr/cc)	1.806		1.708		1.665	
Tarro N°	11		10		4	
Suelo húmedo ( gr. )	663.0		595.0		612.9	
Suelo seco ( gr. )	580.2		521.0		536.0	
Peso del Agua ( gr. )	82.8		74.0		76.3	
Peso del suelo seco ( gr. )	580.2		521.0		536.0	
% de humedad	14.27		14.20		14.24	
Promedio de Humedad (%)	14.27		14.20		14.24	

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
01/01/1900	09:00	0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0
02/01/1900	09:00	24									
03/01/1900	09:00	48									
04/01/1900	09:00	72									
05/01/1900	09:00	96	6.30	6.3	5.4	3.90	3.9	3.4	2.80	2.8	2.4

PENETRACION

PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N° 1				MOLDE N° 10				MOLDE N° 9			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0.0	0.0			0.0	0.0			0.0	0.0		
0.025		24.2	1.5			15.1	0.9			12.2	0.8		
0.050		43.3	2.7			28.6	1.8			21.2	1.3		
0.075		59.9	3.8			40.1	2.5			32.1	2.0		
0.100	70.3	79.3	5.0	5.0	7.1	52.0	3.3	3.3	4.6	41.6	2.6	2.6	3.7
0.125		93.6	5.9			67.4	4.2			51.4	3.2		
0.150		110.1	6.9			79.6	5.0			62.5	3.9		
0.200	105.5	130.2	8.2	8.2	7.8	99.5	6.2	6.2	5.9	82.2	5.2	5.2	4.9
0.300		160.0	10.0			140.2	8.8			119.6	7.5		
0.400													
0.500													

Elaborado por \_\_\_\_\_  
Nombre / Función: \_\_\_\_\_  
D: \_\_\_\_\_  
M: \_\_\_\_\_  
A: \_\_\_\_\_

Revisado por \_\_\_\_\_  
Nombre / Función: \_\_\_\_\_  
Firma: *Lilian Rocío Villanueva Bazán*  
Lilian Rocío Villanueva Bazán  
GERENTE GENERAL

Aprobado por \_\_\_\_\_  
Nombre / Función: \_\_\_\_\_  
Firma: *Ricardo Javier Uca*  
Ricardo Javier Uca  
INGENIERO CIVIL  
CIP 129863



CALIBRACIÓN, CONTROL DE CALIDAD, ENSAYO DE MATERIALES, ESTUDIO DE PROYECTOS TÉCNICOS, SERVICIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO (LABORATORIO CIENTÍFICO), LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS, MATERIALES (ENSAYOS DE ABRASIÓN, PERMEABILIDAD, CONCRETO), PRUEBA DE CALIDAD MATERIALES

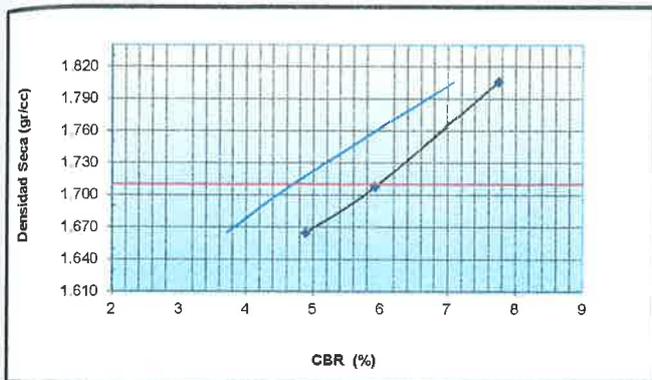
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)  
(NORMA MTC E - 132 ASTM D 1883)

PROYECTO :  
UBICACION :  
CALICATA :

TESIS: "OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS DE CONCRETO MEDIANTE EL USO DE SOBRECAPAS DE REFUERZO, PARA LA : AV. MARIO URTEAGA- CARRIL NORESTE (ENTRE OVALO EL INCA Y JR. CUMBE MAYO) DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA, 2016"  
DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA. Fecha Muestreo : 27/06/2017

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	7.1	0.2":	7.8
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	4.6	0.2":	5.9

Datos del Proctor

Densidad Seca	1.800	gr/cm <sup>3</sup>
Humedad Optima	14.28	%

OBSERVACIONES:

---



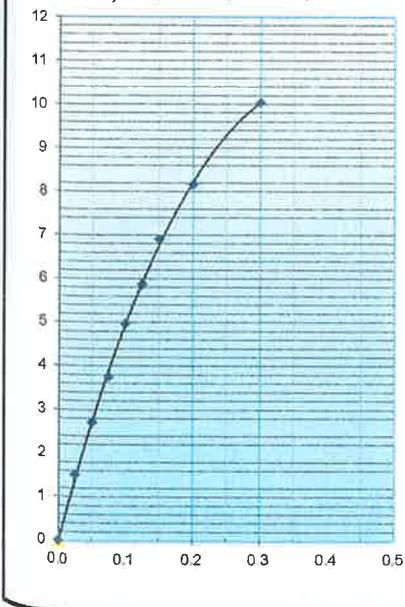
---



---

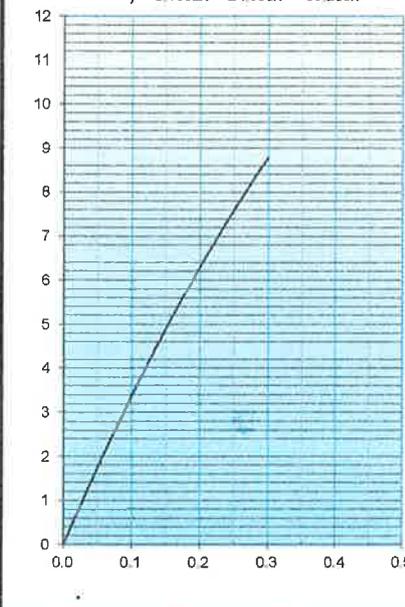
EC = 56 GOLPES

$$y = 39.394x^3 - 96.267x^2 + 58.806x$$



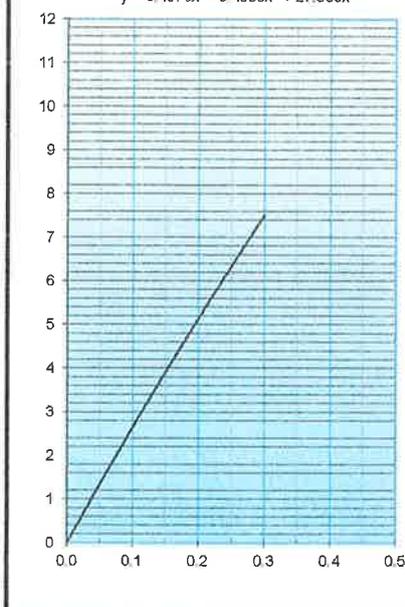
EC = 25 GOLPES

$$y = 5.1582x^3 - 24.698x^2 + 36.268x$$



EC = 12 GOLPES

$$y = 6.4376x^3 - 9.4558x^2 + 27.306x$$



Elaborado por

Nombre / Función:	D:
Firma:	M:
	A:

Revisado por

Nombre / Función:	D:
Firma:	M:
	A:

**Lilian Rocío Villanueva Bazán**  
GERENTE GENERAL

Aprobado por

Nombre / Función:	D:
Firma:	M:
	A:

**Ricardo Javier Ocas Bóna**  
INGENIERO CIVIL  
CIP 129863

***ANEXO 2***  
***ESTUDIO DE TRÁNSITO***

## **1. CONTEO SEMANAL DE UNIDADES**

Inicialmente vamos a identificar la zona en estudio y luego se realizará un conteo inicial durante un periodo de una semana, ubicándonos en un punto estratégico:

**Vía:** Av. Mario Urteaga – Calzada con dirección al centro de la ciudad

**Especificaciones:** Entre Ovalo el Inca y Jr. Cumbe Mayo

**Distrito:** Cajamarca

**Provincia:** Cajamarca

**Departamento:** Cajamarca

**Longitud Total:** 0+000 – 0+500.00

**Fecha del Conteo:** Del 17/07/2017 al 23/07/2017

**Encargado:** Tesista Bachiller Walter Malaver Vargas.

CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS AV. MARIO URTEAGA CARRIL NORESTE (PLAZUELA VICTOR RAUL - ÓVALO EL INCA)									TOTAL POR DÍA
TIPO DE UNIDAD	AUTOMÓVIL	CAMIONETA	COMBI	MICRO BUS	OMNIBUS	CAMIÓN			
DÍA					B -2	C-2	C-3	C-4	
LUNES 08:00- 09:00 am	202	105	35	4	2	6	3	0	357
LUNES 09:00- 10:00 am	180	118	22	1	1	5	0	1	328
LUNES 10:00- 11:00 am	168	98	14	2	4	3	2	0	291
LUNES 11:00- 12:00 am	152	89	13	0	0	2	2	0	258
LUNES 12:00- 01:00 pm	182	77	28	2	1	2	1	3	296
LUNES 01:00- 02:00 pm	212	118	34	3	4	6	4	0	381
LUNES 02:00- 03:00 pm	145	104	24	2	1	2	1	0	279
LUNES 03:00- 04:00 pm	165	78	20	1	1	3	0	1	269
LUNES 04:00- 05:00 pm	140	86	17	1	0	3	1	0	248
LUNES 05:00- 06:00 pm	152	104	15	1	1	0	2	0	275
<b>TOTAL LUNES</b>	<b>1698</b>	<b>977</b>	<b>222</b>	<b>17</b>	<b>15</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>5</b>	<b>2982</b>
MARTES 08:00- 09:00 am	145	80	12	2	1	3	1	0	244
MARTES 09:00- 10:00 am	160	125	20	0	0	5	4	1	315
MARTES 10:00- 11:00 am	115	95	10	1	1	4	0	0	226
MARTES 11:00- 12:00 am	155	125	9	2	2	1	2	0	296
MARTES 12:00- 01:00 pm	125	100	7	1	1	1	0	0	235
MARTES 01:00- 02:00 pm	200	86	37	2	3	3	2	1	334
MARTES 02:00- 03:00 pm	102	65	22	2	2	1	0	0	194
MARTES 03:00- 04:00 pm	165	92	26	2	1	1	1	0	288
MARTES 04:00- 05:00 pm	172	86	20	1	0	4	2	0	285
MARTES 05:00- 06:00 pm	190	90	25	2	1	2	2	0	312
<b>TOTAL MARTES</b>	<b>1529</b>	<b>944</b>	<b>188</b>	<b>15</b>	<b>12</b>	<b>25</b>	<b>14</b>	<b>2</b>	<b>2729</b>

MIERCOLES 08:00- 09:00 am	145	100	18	3	2	6	0	0	274
MIERCOLES 09:00- 10:00 am	135	115	16	0	3	6	2	0	277
MIERCOLES 10:00- 11:00 am	165	135	22	2	4	3	3	0	334
MIERCOLES 11:00- 12:00 am	130	82	13	0	0	4	2	0	231
MIERCOLES 12:00- 01:00 pm	195	92	20	1	1	2	1	0	312
MIERCOLES 01:00- 02:00 pm	212	150	45	3	3	2	2	2	419
MIERCOLES 02:00- 03:00 pm	130	100	22	2	2	3	1	0	260
MIERCOLES 03:00- 04:00 pm	145	110	26	1	1	3	0	1	287
MIERCOLES 04:00- 05:00 pm	172	84	14	1	0	1	0	0	272
MIERCOLES 05:00- 06:00 pm	190	98	18	2	1	0	1	0	310
<b>TOTAL MIERCOLES</b>	<b>1619</b>	<b>1066</b>	<b>214</b>	<b>15</b>	<b>17</b>	<b>30</b>	<b>12</b>	<b>3</b>	<b>2976</b>
JUEVES 08:00- 09:00 am	128	75	12	1	1	3	2	0	222
JUEVES 09:00- 10:00 am	140	112	8	0	0	1	2	0	263
JUEVES 10:00- 11:00 am	110	120	10	1	1	2	0	1	245
JUEVES 11:00- 12:00 am	130	104	6	1	2	1	1	0	245
JUEVES 12:00- 01:00 pm	110	98	10	1	1	2	0	0	222
JUEVES 01:00- 02:00 pm	155	135	12	2	1	2	2	0	309
JUEVES 02:00- 03:00 pm	100	80	8	0	1	2	0	0	191
JUEVES 03:00- 04:00 pm	102	92	10	0	1	1	1	0	207
JUEVES 04:00- 05:00 pm	95	70	6	1	0	0	0	0	172
JUEVES 05:00- 06:00 pm	142	102	12	1	0	1	2	1	261
<b>TOTAL JUEVES</b>	<b>1212</b>	<b>988</b>	<b>94</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>15</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	<b>2337</b>

VIERNES 08:00- 09:00 am	201	85	35	3	3	5	3	2	337
VIERNES 09:00- 10:00 am	175	102	21	1	1	3	2	2	307
VIERNES 10:00- 11:00 am	192	90	25	2	2	3	1	1	316
VIERNES 11:00- 12:00 am	163	115	14	2	1	1	2	0	298
VIERNES 12:00- 01:00 pm	195	108	28	2	2	2	1	1	339
VIERNES 01:00- 02:00 pm	210	142	36	3	4	4	2	0	401
VIERNES 02:00- 03:00 pm	162	88	24	2	2	5	1	0	284
VIERNES 03:00- 04:00 pm	154	75	20	2	1	4	2	1	259
VIERNES 04:00- 05:00 pm	168	110	22	3	2	5	2	0	312
VIERNES 05:00- 06:00 pm	174	112	25	2	2	2	1	2	320
<b>TOTAL VIERNES</b>	<b>1794</b>	<b>1027</b>	<b>250</b>	<b>22</b>	<b>20</b>	<b>34</b>	<b>17</b>	<b>9</b>	<b>3173</b>
SABADO 08:00- 09:00 am	175	90	30	2	2	5	2	1	307
SABADO 09:00- 10:00 am	155	70	28	0	4	4	3	2	266
SABADO 10:00- 11:00 am	168	88	40	2	5	4	4	3	314
SABADO 11:00- 12:00 am	114	82	25	2	3	5	2	1	234
SABADO 12:00- 01:00 pm	178	112	36	1	2	4	3	1	337
SABADO 01:00- 02:00 pm	205	125	52	4	5	4	2	2	399
SABADO 02:00- 03:00 pm	180	104	38	2	2	4	1	3	334
SABADO 03:00- 04:00 pm	142	86	28	1	3	5	1	1	267
SABADO 04:00- 05:00 pm	117	102	29	2	3	6	1	2	262
SABADO 05:00- 06:00 pm	171	94	31	4	5	1	3	2	311
<b>TOTAL SABADO</b>	<b>1605</b>	<b>953</b>	<b>337</b>	<b>20</b>	<b>34</b>	<b>42</b>	<b>22</b>	<b>18</b>	<b>3031</b>

DOMINGO 08:00- 09:00 am	100	68	18	2	1	3	1	0	193
DOMINGO 09:00- 10:00 am	106	74	22	1	2	1	2	2	210
DOMINGO 10:00- 11:00 am	160	85	20	1	2	1	2	1	272
DOMINGO 11:00- 12:00 am	130	90	25	2	1	2	2	1	253
DOMINGO 12:00- 01:00 pm	155	112	32	1	4	2	1	1	308
DOMINGO 01:00- 02:00 pm	180	125	45	3	3	3	2	2	363
DOMINGO 02:00- 03:00 pm	155	95	30	1	1	1	1	1	285
DOMINGO 03:00- 04:00 pm	130	86	21	0	3	3	2	0	245
DOMINGO 04:00- 05:00 pm	113	75	16	1	2	2	3	0	212
DOMINGO 05:00- 06:00 pm	146	102	35	2	2	0	2	2	291
<b>TOTAL DOMINGO</b>	<b>1375</b>	<b>912</b>	<b>264</b>	<b>14</b>	<b>21</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>10</b>	<b>2632</b>

Fuente: Elaboración propia

Fecha: Octubre 2017

<b>CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS AV. MARIO URTEAGA CARRIL NORESTE (PLAZUELA VICTOR RAUL - ÓVALO EL INCA)</b>									<b>TOTAL POR DÍA</b>
<b>TIPO DE UNIDAD</b>	<b>AUTOMÓVIL</b>	<b>CAMIONETA</b>	<b>COMBI</b>	<b>MICRO BUS</b>	<b>OMNIBUS</b>	<b>CAMIÓN</b>			
<b>DÍA</b>					<b>B -2</b>	<b>C-2</b>	<b>C-3</b>	<b>C-4</b>	
<b>LUNES</b>	1698	977	222	17	15	32	16	5	2982
<b>MARTES</b>	1529	944	188	15	12	25	14	2	2729
<b>MIÉRCOLES</b>	1619	1066	214	15	17	30	12	3	2976
<b>JUEVES</b>	1212	988	94	8	8	15	10	2	2337
<b>VIERNES</b>	1794	1027	250	22	20	34	17	9	3173
<b>SÁBADO</b>	1605	953	337	20	34	42	22	18	3031
<b>DOMINGO</b>	1375	912	264	14	21	18	18	10	2632
<b>TOTAL</b>	10832	6867	1569	111	127	196	109	49	19860

## 2. VALORES DE EJES EQUIVALENTES DE CARGA – EAL

Para el cálculo del EAL se emplea la fórmula dada por el AASHTO:

$$EAL = \sum_{i=1}^n (IMDo)_i (FECV)(G)(D)(L)(365)(N)$$

Dónde:

- (IMDo)<sub>i</sub> : Número de vehículos inicial de tipo "i"  
N : Período de diseño o vida útil del pavimento.  
D : Factor direccional  
L : Factor de distribución del tránsito por carril.  
G : Factor de crecimiento.  
FECV : Factor de Ejes Equivalentes

## 3. CÁLCULO DEL NÚMERO DE VEHÍCULOS INICIAL DEL TIPO “i”:

CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS AV. MARIO URTEAGA CARRIL NORESTE (PLAZUELA VICTOR RAUL - ÓVALO EL INCA)									TOTAL POR DÍA
TIPO DE UNIDAD	VEHÍCULOS LIGEROS				OMNIBUS	CAMIÓN			
DIA	AUTOMÓVIL	CAMIONETA	COMBI	MICRO BUS	B -2	C-2	C-3	C-4	
LUNES	1698	977	222	17	15	32	16	5	2982
MARTES	1529	944	188	15	12	25	14	2	2729
MIÉRCOLES	1619	1066	214	15	17	30	12	3	2976
JUEVES	1212	988	94	8	8	15	10	2	2337
VIERNES	1794	1027	250	22	20	34	17	9	3173
SÁBADO	1605	953	337	20	34	42	22	18	3031
DOMINGO	1375	912	264	14	21	18	18	10	2632
<b>TOTAL</b>	10832	6867	1569	111	127	196	109	49	19860
<b>(IMD<sub>0</sub>)<sub>i</sub></b>	1547	981	224	16	18	28	16	7	2837
<b>(IMD<sub>0</sub>)<sub>i</sub></b>	<b>2768</b>				<b>18</b>	<b>28</b>	<b>16</b>	<b>7</b>	<b>2837</b>

Fuente: Elaboración propia

Fecha: Octubre 2017

#### 4. FACTOR DIRECCIONAL

Para este caso, nuestra vía posee 2 calzadas, ambas con 2 carriles de circulación; para el caso se ha analizado solamente una de las calzadas, la que solamente tiene una dirección hacia el centro de la ciudad.

Por lo tanto:

$$D = 1.00$$

#### 5. FACTOR DE DISTRIBUCIÓN

Para nuestra vía, se cuenta con 2 calzadas, ambas con 2 carriles, pero el estudio se ha realizado únicamente a una de las calzadas, por lo que el factor va a variar, para autopistas multicarriles el carril de diseño es el carril exterior y el factor de distribución depende del número de carriles en cada dirección que tenga la autopista. En la tabla siguiente se muestran los valores utilizados por la AASHTO:

N° carriles en cada dirección	Porcentaje de ejes simples equivalentes de 18 kips en el carril de diseño (fc)
1	100
2	80-100
3	60-80
4 ó más	50-75

Por lo tanto:

$$L = 0.80$$

#### 6. FACTOR DE CRECIMIENTO

El factor de crecimiento del tráfico, se calcula aplicando la siguiente fórmula:

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

Dónde:

r = tasa de crecimiento anual (decimales.)

n= Periodo de diseño (años).

Reemplazando r= 0.03 y n=20 en (1), tenemos:

$$G = \frac{[(1 + 0.03)^{20} - 1]}{0.03} = 26.87$$

Por lo tanto:

$$G = 26.87$$

## 7. FACTOR DE EJES EQUIVALENTES

En la siguiente tabla se muestran los factores de equivalencia de carga publicada en la Guía AASHTO 1986.

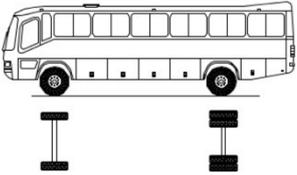
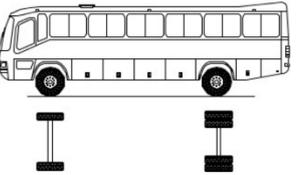
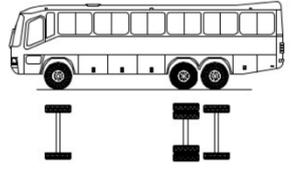
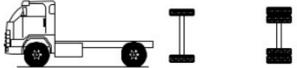
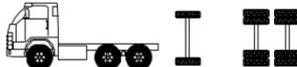
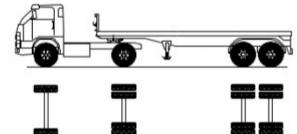
Carga Total por Eje o Conjunto de Ejes.		Factores de Equivalencia de Carga.		
Kn	lb	Eje Sencillo	Ejes dobles	Ejes Triples
4.45	1,000	0.00002		
8.9	2,000	0.00018		
17.8	4,000	0.00209	0.0003	
26.7	6,000	0.01043	0.001	0.0003
35.6	8,000	0.0343	0.003	0.001
44.5	10,000	0.0877	0.007	0.002
53.4	12,000	0.189	0.014	0.003
62.3	14,000	0.360	0.027	0.006
71.2	16,000	0.623	0.047	0.011
80.0	18,000	1.000	0.077	0.017
89.0	20,000	1.51	0.121	0.027
97.9	22,000	2.18	0.180	0.040
106.8	24,000	3.03	0.260	0.057
115.6	26,000	4.09	0.364	0.080
124.5	28,000	5.39	0.495	0.109
133.4	30,000	6.97	0.658	0.145
142.3	32,000	8.88	0.857	0.191
151.2	34,000	11.18	1.095	0.246
160.1	36,000	13.93	1.38	0.313
169.0	38,000	17.20	1.70	0.393
178.0	40,000	21.08	2.08	0.487
187.0	42,000	25.64	2.51	0.597
195.7	44,000	31.00	3.00	0.723
204.5	46,000	37.24	3.55	0.868
213.5	48,000	44.50	4.17	1.033
222.4	50,000	52.88	4.86	1.22
231.3	52,000		5.63	1.43
240.2	54,000		6.47	1.66
249.0	56,000		7.41	1.91
258.0	58,000		8.45	2.20
267.0	60,000		9.59	2.51
275.8	62,000		10.84	2.85
284.5	64,000		12.22	3.22
293.5	66,000		13.73	3.62
302.5	68,000		15.38	4.05
311.5	70,000		17.19	4.52
320.0	72,000		19.16	5.03
329.0	74,000		21.32	5.57
338.0	76,000		23.66	6.15
347.0	78,000		26.22	6.78
356.0	80,000		29.00	7.45
364.7	82,000		32.00	8.2
373.6	84,000		35.30	8.9
382.5	86,000		38.80	9.8
391.4	88,000		42.60	10.6
400.3	90,000		46.80	11.6

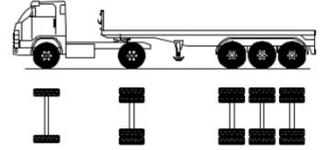
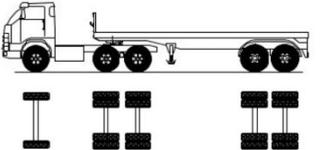
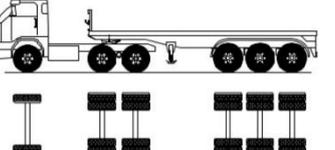
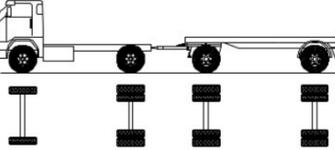
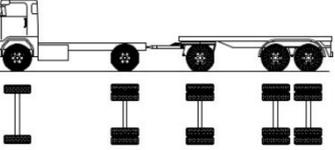
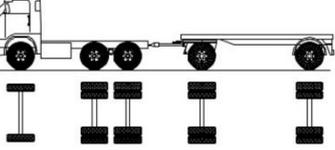
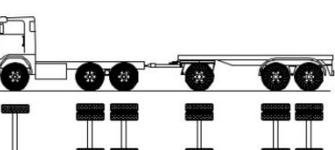
- Tabulando los datos de la tabla, encontramos los siguientes factores de equivalencia para las cargas puntuales para el estudio de tráfico:

<b>TON</b>	<b>LB</b>	<b>FE</b>
1	2204.62	0.0003710
2	4409.240	0.0037973
7	15432.34	0.5483527
11	24250.82	3.1629346
16	35273.92	1.2765336
18	39683.16	2.0198004
23	50706.26	1.2941573
25	55115.50	1.7994375

- Calculo de trenes de carga de los diferentes tipos de vehículo

**PESOS Y MEDIDAS VEHICULARES**

Veh.	Descripción de vehículos	Long. máx. (m)	Peso máximo (Ton.)				Peso bruto máx. (Ton.)	
			Eje delant	Conjunto de ejes posteriores				
				1°	2°	3°		4°
Ac		-	1	1			2	
B2		13.20	7	11			18	
B3-1		14.00	7	16			23	
C2		12.30	7	11			18	
C3		13.20	7	18			25	
C4		13.20	7	23			30	
T2S1/T2S2		20.50	7	11	18		36	

T2S3		20.50	7	11	25			43
T3S1/T3S2		20.50	7	18	18			43
≥3S3		20.50	7	18	25			48
C2-R2		23	7	11	11	11		40
C2-R3		23	7	11	11	18		47
C3-R2		23	7	18	11	11		47
≥C3-R3		23	7	18	11	18		54

## 8. CÁLCULO DEL FACTOR CAMIÓN PARA CADA TIPO DE VEHÍCULO

A continuación mostramos la siguiente tabla donde se ha realizado la transformación al factor equivalente.

TIPO VEHÍCULO	EJES SIMPLES		EJES TANDÉM		EJES TRIDÉM		FACTOR CAMIÓN
	7 TON	11 TON	16 TON	18 TON	23 TON	25 TON	
B2	0.54835271	3.1629346					3.71128731
C2	0.54835271	3.1629346					3.71128731
C3	0.54835271			2.0198004			2.56815311
C4	0.54835271				1.2941573		1.84251001

Le vamos a agregar a los vehículos del tipo ligero Ac, Ap, esto por la gran cantidad de unidades de este tipo que circulan por la Avenida estudiada, a pesar de su poca incidencia por sus cargas.

TIPO VEHÍCULO	EJES SIMPLES		EJES TANDÉM		EJES TRIDÉM		FACTOR CAMIÓN
	1 TON	1 TON	16 TON	18 TON	23 TON	25 TON	
AC/AP	0.0003710	0.0003710					0.0007420

## 9. CÁLCULO DEL EAL FINAL PARA EL DISEÑO:

TIPO VEHÍCULO	VEH/DÍA	FECV	G	D	L	Nº DIAS/AÑO	N	EAL
AC/AP	2768	0.00074200	26.87	1.00	0.80	365	1	16117.13137
B2	18	3.71128731	26.87	1.00	0.80	365	1	524140.3563
C2	28	3.71128731	26.87	1.00	0.80	365	1	815329.4432
C3	16	2.56815311	26.87	1.00	0.80	365	1	313761.6701
C4	07	1.842510001	26.87	1.00	0.80	365	1	101194.8507
<b>TOTAL:</b>								<b>1770543.452</b>

***ANEXO 3***  
***DISEÑO DE LOS ESPESORES***

## CALCULO DE LOS ESPESORES DE LAS SOBRECARPETAS :

### A. CALCULO DEL ESPESOR DEL CASO 01: SOBRECARPETA A BASE DE CONCRETO ASFÁLTICO SOBRE PAVIMENTO DEL TIPO ASFÁLTICO

#### 1. DATOS DEL PAVIMENTO EXISTENTE:

Usamos los valores, recogidos a partir de información que se pudo obtener de acuerdo a estudios realizados anteriormente a la vía en mención y los últimos mantenimientos e intervenciones, por ende es que recolectamos los siguientes espesores de capas existentes:

D1 =	7.00	centímetros (Espesor Carpeta asfáltica)
D2 =	25.00	centímetros (Espesor Capa Base)
D3 =	15.00	centímetros (Espesor Capa Sub-base)

Transformandolo a pulgadas:

D1 =	2.76	pulgadas (Espesor Carpeta asfáltica)
D2 =	9.84	pulgadas (Espesor Capa Base)
D3 =	5.91	pulgadas (Espesor Capa Sub-base)

#### 2. ANÁLISIS DE TRÁNSITO :

De los datos calculados ya anteriormente en el Análisis de Tránsito, se tiene:

EALS <sub>20 años</sub> =	1770543.452
---------------------------	-------------

#### 3. OBSERVACIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO EXISTENTE :

De las fallas encontradas que nos importan y basándonos en la tesis del Ing. Luis Enrique Nureña Torres :

Superficie con Piel de Cocodrilo	Alta severidad
Profundidad del ahuellamiento	Media severidad
Fisuras Transversales	Alta severidad

#### 4. MODULO RESILIENTE DE LA SUBRASANTE:

Vamos a utilizar la Tabla 2.2.2 de Cálculo del Modulo de Resiliencia por ensayos de suelos realizado

MODULO DE RESILIENCIA (M <sub>R</sub> )	VALORES DE CBR
M <sub>R</sub> = 1500 X C.B.R	C.B.R < 7.2 %
M <sub>R</sub> = 3000 X C.B.R <sup>0.65</sup>	7.2 % < C.B.R < 20 %
M <sub>R</sub> = 4326.Ln (C.B.R)+241	C.B.R > 20 %

(Suelos granulares)

Tenemos en cuenta para el cambio de unidades :

1 Mpa =	145.038	lb/pulg <sup>2</sup> = psi
---------	---------	----------------------------

El valor obtenido del CBR del Estudio de Suelos realizado es :

CBR <sub>diseño</sub> (%) =	4.80	M.D.S al 95 %
-----------------------------	------	---------------

Entonces el valor obtenido de M<sub>R</sub>, según el cuadro es de :

M <sub>R</sub> =	7200.00	psi ( Modulo resiliente de diseño )
------------------	---------	-------------------------------------

#### 5. PERDIDA DE SERVICIABILIDAD :

Según tabla de valores, Po para pavimentos flexibles de 4.20 y Pf de 2.50 en Carret. Principales

Indice de Serv. Inicial (P <sub>1</sub> )	4.20	
Indice de Serv. Final (P <sub>2</sub> )	2.50	
P1- P2 =	1.70	Vía en mal estado según Norma CE.010 de Pav. Urbanos

#### 6. CONFIABILIDAD R DE LA SOBRECARPETA :

Según el tipo de vía, visto en la tabla 2.2.7, para este caso se tiene Vía tipo Colectora y del Sector Urbano y las condiciones normales:

Confiabilidad de Diseño (R) =	90	%
-------------------------------	----	---

Por ende de este valor deducimos que :

Desviación Estandar Normal (Z <sub>R</sub> ) =	-1.282
--	--------

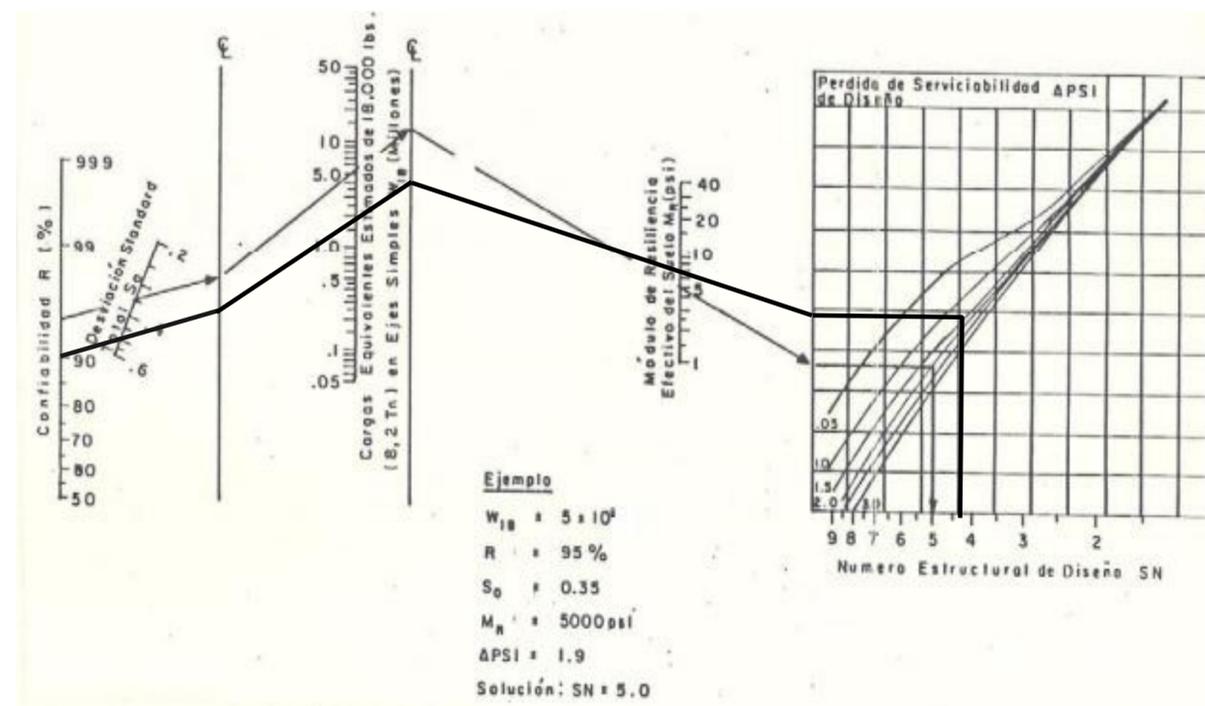
**7. DESVIACION STANDART :**

Se recomienda un valor para su determinación:

**Desviación Standart (S<sub>0</sub>) = 0.49** Recomendado para sobrecarpetas de C°asf

**8. DISEÑO DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL FUTURA :**

La capacidad Estructural para tráfico futuro es determinada del nomograma de diseño de pavimentos flexibles, según AASHTO 1993 :



**Capacidad Estructural Futura (SN<sub>f</sub>) = 4.30 pulg**

**9) DETERMINACION DEL SN<sub>ef</sub> DEL PAVIMENTO EXISTENTE :**

**9.1) Observación Visual y Ensayo de Materiales :**

Consideraciones Generales :

- Mediante la ecuación del Número Estructural
- Los valores de a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub>, a<sub>3</sub> serán menores a los de un diseño nuevo debido al deterioro de las capas

**Fórmula General:**

$$SN_{ef} = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$$

En la tabla 2.2.3 se encontrarán valores de sugerencia en función de su grado de deterioro

Tabla 2.2.3. Valores sugeridos del coeficiente estructural para capas de pavimentos deteriorados

Material	Condición de Superficie	Coefficiente
Pavimento Asfáltico	Muy poca piel de cocodrilo y/o fisuras transversales de baja severidad.	0,35-0,40
	<10% de piel de cocodrilo de baja severidad y/o <5% de fisuras transversales de media y alta severidad.	0,25-0,35
	>10% de piel de cocodrilo de baja severidad y/o <10% de piel de cocodrilo de severidad media y/o 5-10% de fisuras transversales de media y alta severidad	0,20-0,30
	>10% de piel de cocodrilo de severidad media y/o <10% de piel de cocodrilo de alta severidad y/o >10% de fisuras transversales de media y alta severidad	0,14-0,20
	>10% de piel de cocodrilo de alta severidad y/o >10% de fisuras transversales de alta severidad	0,20-0,35
Base Estabilizada	Muy poca piel de cocodrilo y/o fisuras transversales de baja severidad	0,20-0,35
	<10% de piel de cocodrilo de baja severidad y/o <5% de fisuras transversales de media y alta severidad	0,15-0,25
	>10% de piel de cocodrilo de baja severidad y/o <10% de piel de cocodrilo de severidad media y/o 5-10% de fisuras transversales de media y alta severidad.	0,15-0,20
	>10% de piel de cocodrilo de severidad media y/o <10% de piel de cocodrilo de alta severidad y/o >10% de fisuras transversales de media y alta severidad.	0,10-0,20
	>10% de piel de cocodrilo de alta severidad y/o >10% de fisuras transversales de alta severidad	0,08-0,15
Base o sub base granular	Sin evidencia de bombeo, degradación o contaminación por finos.	0,10-0,14
	Alguna evidencia de bombeo, degradación o contaminación por finos.	0,00-0,10

Entonces calculamos :	
D1 =	Espesor de la carpeta superior de asfalto
D2 =	Espesor de la Capa Base
D3 =	Espesor de la capa Subbase
a1 =	Coeficiente Estructural a1
a2 =	Coeficiente estructural a2
a3 =	Coeficiente estructural a3
m2 =	Coeficiente de Drenaje m2
m3 =	Coeficiente de Drenaje m3

Nuestros valores serán:

D1 =	2.76	pulgadas(valor del espesor )
D2 =	9.84	pulgadas(valor del espesor)
D3 =	5.91	pulgadas(valor del espesor )
a1 =	0.16	0.14-0.20 ( Tabla 2.2.3)
a2 =	0.12	0.10-0.20 ( Tabla 2.2.3)
a3 =	0.04	0.00-0.10 ( Tabla 2.2.3)
m2 =	0.80	Drenaje Regular con periodo de lluvias de 6 meses
m3 =	0.80	Drenaje Regular con periodo de lluvias de 6 meses

Cabe decir que para la vía contiene pequeñas evidencias de bombeo

Finalmente :

<b>SN<sub>ef</sub> =</b>	<b>1.575</b>	<b>pulg.</b>
--------------------------	--------------	--------------

### 9.2) Vida Remanente :

El cálculo de S<sub>Nef</sub> por este método no refleja ningún beneficio por reparaciones en sobrecarpetas. Además el S<sub>Nef</sub> del pavimento será más alto si las reparaciones en la sobrecarpeta previa con deterioro por cargas asociadas (piel de cocodrilo) se han realizado.

#### Fórmula General:

$$\text{Vida Remanente (\%)}RL = 100\left(1 - \frac{N_p}{N_{1.5}}\right)$$

Donde :

N<sub>1.5</sub> = Con el ábaco de diseño, determinando el número de ESALs que producen una serviciabilidad de 1.5, con una confiabilidad de R= 50 %

N<sub>p</sub> = Número de EALS hasta la fecha

#### Explicación:

Según lo visto en la parte de la teoría en lo concerniente a la aplicación del Método de la Vida Remanente de la página 34, se asume un R= 50 % y Serviciabilidad de Δ PSI = 1.50; según la Norma CE.010 de Pav. Urbanos la serviciabilidad de 1.50 califica a la vía como mala y R= 50 % de confiabilidad nos indica que los problemas tales como la deformación sean más altos que los niveles permisibles (Solo aplicado en el método de la Vida Remanente y tras el análisis de PCI "MUY MALO A MALO" )

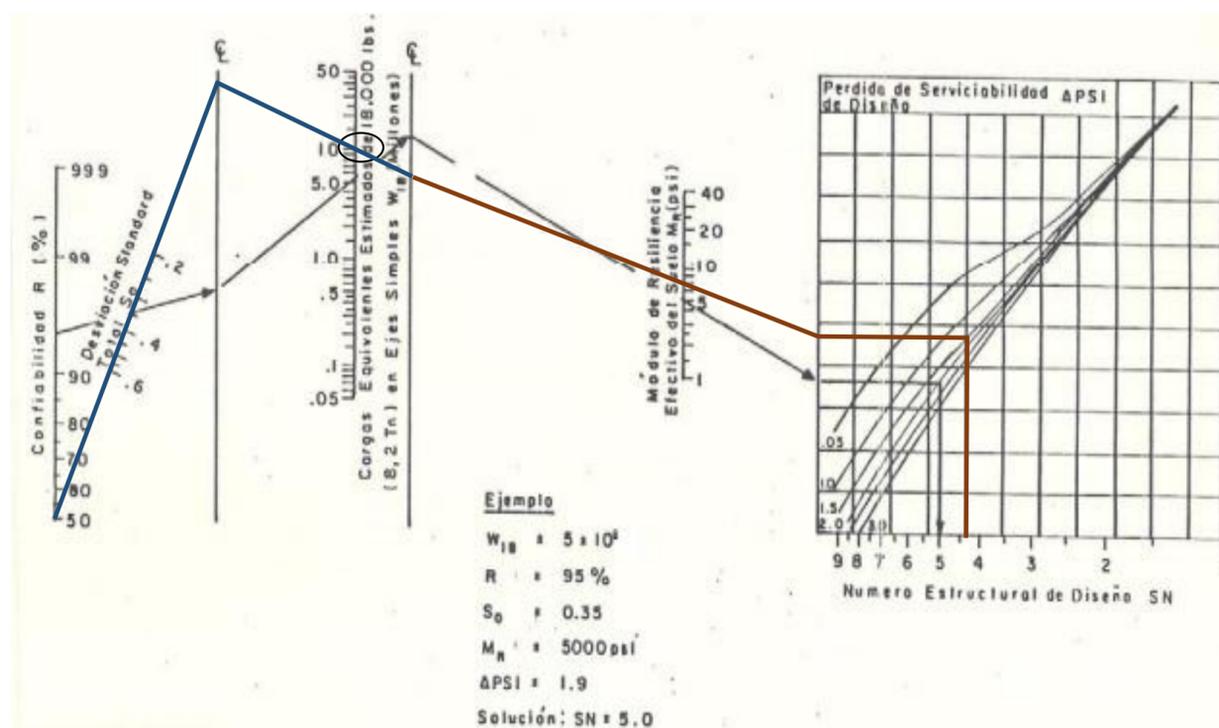
#### Finalmente :

$$SN_{ef} = CF * SN_0$$

Donde :

SN<sub>0</sub> = Es el Nro. Estructural del Pavimento si fuera nuevamente construido.

En primer lugar calculamos N<sub>1.5</sub>, mediante el abaco de diseño y los valores que ya se tienen , pero únicamente variamos la pérdida de serviciabilidad a 1.5 y nivel de confiabilidad a R = 50 %



Recopilando información, cambiamos unicamente los valores pintados de rosa :

$M_R =$	7200.00	PSI
$\Delta PSI =$	1.50	Calificación de la vía :MALA
$R =$	50.00	% (Según Método)
$S_0 =$	0.49	S/c de C° Asfáltico

Obtenemos del tránsito, el valor del ábaco, aproximadamente :		
$N_{1.5} =$	10000000	Obtenido del ábaco

Del valor ya conocido de :

EALS =	1770543.45
--------	------------

Entonces el número de EALs hasta la fecha sería el mismo valor pues es obtenido a partir del Análisis de Tránsito visto en el Anexo 2

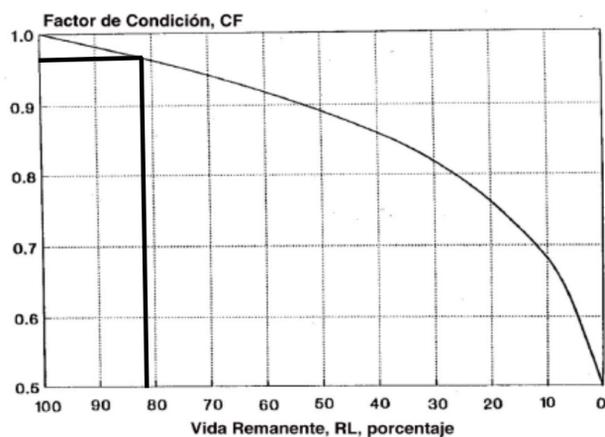
$N_p =$	1770543.45
---------	------------

Finalmente aplicando la fórmula:

$$(\%)RL = 100\left(1 - \frac{N_p}{N_{1.5}}\right)$$

RL =	82.29	%
------	-------	---

Entonces luego ingresamos al abaco 2.2.4 que se muestra a continuación



Abaco 2.2.4. Relación entre el Factor de Condición y la Vida Remanente

Entonces luego de ingresar al gráfico tendremos:

CF =	0.96
------	------

Usamos nuevamente la siguiente ecuación:

$$SN_0 = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$$

$D_1 =$	2.76	pulgadas
$D_2 =$	9.84	pulgadas
$D_3 =$	5.91	pulgadas
$a_1 =$	0.16	Tabla 2.2.8 con CBR = 4.80%
$a_2 =$	0.12	Tabla 2.2.8 con CBR = 4.80%
$a_3 =$	0.06	Tabla 2.2.8 con CBR = 4.80%
$m_2 =$	0.80	
$m_3 =$	0.80	

Vamos a usar la tabla 2.2.8 de coeficientes propuesta en la Guía AASHTO 1993  
Coeficientes de equivalencia de espesor ( $a_i$ )

COMPONENTE DEL PAVIMENTO	OBSERVACIONES	COEFICIENTE $a_i$
<b>CAPA SUPERIOR</b>		
a) Carpeta concreto asfáltico tipo sup.		0.165 / cm
b) Mezcla asfáltica en frío, en camino	Baja estabilidad	0.08 / cm
c) Tratamiento superf bitum. Doble/triple		0.25- 0.40
d) Sello Asfáltico (con agregados )		0.03
<b>BASES</b>		
a) Bases tipo concreto asfáltico		0.17 / cm
b) Bases granulares: grava arenosa	CBR = 40 %	0.04/ cm
	CBR = 60 %	0.05 / cm
	CBR = 80 %	0.06 / cm
	Agregado pétreo trituración	CBR = 100 %
		0.07 / cm
c) Base granular tratada con asfalto		0.138/ cm
d) Base granular tratada con cemento		0.12/ cm
e) Base granular tratada con cal		0.09- 0.12 / cm
<b>SUB BASES</b>		
a) Arena, arcilla arenosa	CBR = 10 %	0.02/ cm
	CBR = 25 %	0.04/ cm
	CBR = 40 %	0.045/cm
b) Grava Arenosa	CBR = 60 %	0.05 /cm

Vamos a tener en cuenta que el C.B.R encontrado de ensayos es C.B.R = 4.80 % por lo cual el coeficiente "ai" se reducirá en la misma magnitud

Finalmente:

<b>SN<sub>0</sub> =</b>	<b>1.6693</b>	<b>pulg.</b>
<b>SN<sub>ef</sub> =</b>	<b>1.6025</b>	<b>pulg. (SN<sub>0</sub> * CF)</b>

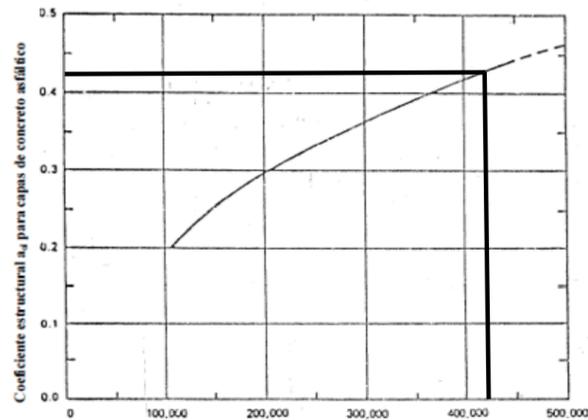
**10) DETERMINACIÓN DEL ESPESOR FINAL DE LA SOBRECARPETA :**

Finalmente :

$$D_{ol} = \frac{SN_{ol}}{a_{ol}} = \frac{(SN_f - SN_{ef})}{a_{ol}}$$

Para el cálculo del coeficiente aol, usaremos el ábaco 2.2.5  
Tener en cuenta modulo de resiliencia del concreto asfáltico

<b>E<sub>AC</sub> =</b>	<b>420000</b>	<b>psi</b>
<b>a<sub>ol</sub> =</b>	<b>0.42</b>	<b>( Del abaco 2.2.9)</b>



Ábaco 2.2.5. Relación del Coeficiente Estructural en función del Módulo de Resiliencia

Concluimos diciendo :

Valores	Metodo Factor Condición	Metodo Vida Reman.
<b>SN<sub>f</sub> (in) =</b>	<b>4.30</b>	<b>4.30</b>
<b>SN<sub>ef</sub> (in) =</b>	<b>1.57</b>	<b>1.60</b>
<b>a<sub>ol</sub> =</b>	<b>0.42</b>	<b>0.42</b>
<b>Espesor de la S/ Carpeta (pulg)</b>	<b>6.49</b>	<b>6.42</b>
<b>Espesor S/C ( cm )</b>	<b>16.48</b>	<b>16.31</b>

Tomamos el mayor valor, es decir que el espesor asignado debe de ser :

<b>Espesor S/C ( pulg. )</b>	<b>6.49</b>
<b>Espesor S/C ( cm )</b>	<b>16.48</b>

Finalmente y para mayor seguridad nos asumimos para la S/C de C°Asfáltico :

<b>Espesor S/C ( cm )</b>	<b>16.50</b>
---------------------------	--------------

**B. CALCULO DEL ESPESOR DEL CASO 02: SOBRECARPETA A BASE DE LOSA DE HORMIGÓN SOBRE PAVIMENTO DE TIPO ASFÁLTICO**

**1. INFORMACIÓN DEL PAVIMENTO EXISTENTE :**

De los valores tomados del pavimento existente y materiales existentes

D1 =	2.76	pulgadas ( Espesor Carpeta Asfáltica)
D2 =	9.84	pulgadas ( Espesor Capa Base )
D3 =	5.91	pulgadas ( Espesor Capa Sub Base)

**2. ANALISIS DEL TRANSITO :**

EALS =	1770543.452	Del analisis de Transito estudiado
--------	-------------	------------------------------------

**3. OBSERVACIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO:**

Mediante una Observación Directa del Estado del Pavimento, y basándonos en la tesis tesis : "Evaluación del pavimento flexible en la Av. Mario Urteaga - Tramo Ovalo el Inca y Plazuela Victor Raúl, utilizando la metodología PCI"

Hundimientos de la superficie	Existente en media frecuencia
Disgregación de Asfalto	Existente en media frecuencia
Fisuras Transversales	Existente en alta frecuencia

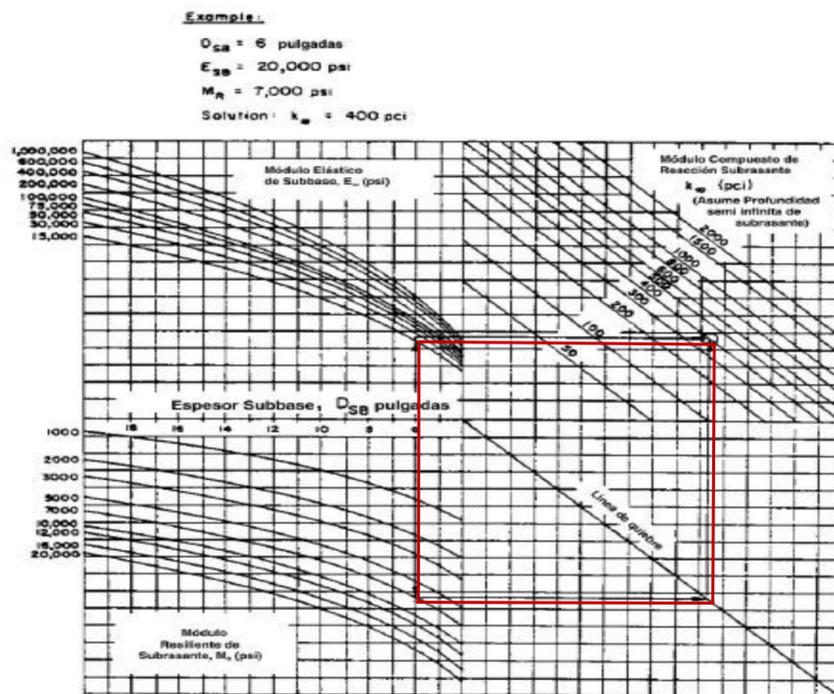
**4. ENSAYOS DE DEFLEXIÓN :**

Módulo Resiliente de la Subrasante ( $M_R$ ) :	49.64	Mpa( dato hallado del caso 01)
Módulo Resiliente de la Subrasante ( $M_R$ ) :	7200.00	psi ( dato hallado del caso 01)
Módulo de Elasticidad de la Subbase ( $E_{SB}$ ) :	17100.00	psi (Valor transformado a psi )
El pavimento de nuestra vía presenta una Subbase del tipo Granular, por lo que el Rango del $E_{SB}$ se encuentra entre los 800 y 2000 Kg/cm <sup>2</sup> , por ende tomaremos un valor típico $E_{SB} = 1200 \text{ Kg/cm}^2$		

Tendremos en cuenta la siguiente tabla tras estudios del Ing. Fernando Sanchez:

Módulos de Elasticidad de Materiales para Pavimentos		
MATERIAL	RANGO (Kg/cm <sup>2</sup> )	TÍPICO(Kg/cm2)
Concreto hidráulico	200000 - 550000	300000
Concreto asfáltico	15000 - 35000	30000
Base tratada con asfalto	5000 - 30000	10000
Base tratada con cemento	35000 - 70000	50000
Concreto Pobre	100000 - 300000	200000
Base Granular	1000 - 3500	2000
Subbase Granular	800 - 2000	1200
Suelo Granular	500 -1500	1000
Suelo Fino	200 - 500	300

Finalmente realizamos el cálculo del Valor Efectivo Dinámico(k), ingresando al ábaco 2.2.3 con los valores del Espesor de la subbase, el  $M_R$  y  $E_p$



Abaco 2.2.3 Estimación del Módulo Efectivo de Reacción de la Subrasante mediante datos de suelos

Al realizar el Cálculo del Módulo de Elasticidad de la Subbase con los rangos extremos (800 y 2000 Kg/cm<sup>2</sup>) se obtendrá un  $E_{SB}$  entre 11400 y 28500 Kg/cm<sup>2</sup>, entonces por las curvas la variación no será considerable.

Del Ábaco tenemos:

<b>Valor Efectivo Dinámico K (K) :</b>	400.00	psi ( Gráfico)
--	--------	----------------

El rango de K se encuentra entre 100 y 600 psi según el Manual de Diseño de S/C (OK.)

### 5. MUESTREO Y ENSAYO DE MATERIALES :

A menos que deterioros en condiciones inusuales se presenten.

### 6. DETERMINACIÓN DEL ESPESOR REQUERIDO DE LOSA PARA EL TRANSITO FUTURO :

#### 6.1) Módulo K Estático efectivo :

Del valor antes hallado

Valor Efectivo Dinámico (k)=	400.00	psi
------------------------------	--------	-----

El K estático efectivo es igual a K dinamico /2:

<b>Módulo K Estático Efectivo =</b>	<b>200.00</b>	<b>psi</b>
-------------------------------------	---------------	------------

#### 6.2) Pérdida de Serviciabilidad :

Según tabla de valores, Po para pavimentos rígidos de 4.50 y Pf de 2.50 en Carret. Principales

<b>Indice de Serv. Inicial (P<sub>1</sub>)</b>	<b>4.50</b>
<b>Indice de Serv. Final (P<sub>2</sub>)</b>	<b>2.50</b>
<b>P1- P2 =</b>	<b>2.00</b>

#### 6.3) Factor de Transferencia de Cargas (J) :

Ingresamos a la Tabla 2.2.8 de Valores de Transferencia de cargas

Porcentaje de transferencia de cargas	Coefic. de transfer.de carga
> 70	3.20
50-70	3.50
< 50	4.00

Para pavimentos con refuerzo continuo, J varía entre 2.20 y 2.60

Tomamos un valor de :

<b>J =</b>	<b>2.30</b>
------------	-------------

Pues la S/C de hormigón sera continuamente reforzada

#### 6.4) Módulo de Rotura de la Sobrecarpeta :

Calculamos a partir del Modulo Elástico del Pavimento existente :

$$S_{c'} = 43.5 \left( \frac{E}{10^6} \right) + 488.50$$

E =	24029.00	Mpa(Valor Recomendado Mod. Elast H°)
E =	3485118.102	psi

Tener en cuenta para convertir unidades :

1 psi =	0.07 Kg/ cm2
1 Mpa =	10.1972 Kg/ cm2
1.00 Kg/cm2=	14.25 PSI
1 Mpa =	145.038 psi

Finalmente :

<b>Sc' =</b>	<b>640.103</b>	<b>psi</b>
--------------	----------------	------------

Este valor concuerda con el propuesto en la siguiente tabla encontrada :

Módulo de Ruptura Recomendado		
Tipo de Pavimento	S'c Recomendado	
	Kg/ cm2	psi
Autopistas	48.0	682.70
Carreteras	48.0	682.70
Zonas Industriales	45.0	640.10
Urbanas Principales	45.0	640.10
Urbanas Secundarias	42.0	597.40

#### 6.5) Módulo Elástico de la Sobrecarpeta :

Calculamos a partir de la resistencia a la traccion indirecta:

Usaremos la siguiente fórmula recomendada :

$$E_c = 26454 X (Sc')^{0.77}$$

Entonces calculamos :

<b>Módulo Elastico de la Sobrecarpeta (E<sub>sc</sub>) :</b>	<b>3830924.16</b>	<b>psi</b>
--	-------------------	------------

#### 6.6) Pérdida de Soporte Existente :

Consideraremos el siguiente cuadro:

Tabla 2.2.9. Tipicos rangos de pérdida de soporte para varios tipos de materiales (AASHTO 1993)

Tipo de Material	Pérdida de Soporte
Base granular tratada con cemento E= 6.9 a 13.8 Gpa ( 1,000,000 a 2,000,000 lb/pulg <sup>2</sup> /pulg)	0.00 a 1.00

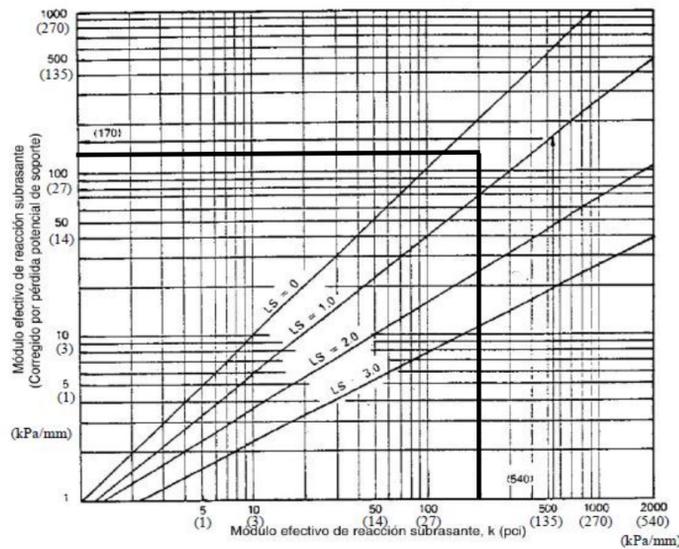
Mezclas de agregado con cemento E= 3.4 a 6.9 Gpa ( 500,000 a 1,000,000 lb/pulg <sup>2</sup> /pulg)	0.00 a 1.00
Base tratada con asfalto E= 2.4 a 6.9 Gpa ( 350,000 a 1,000,000 lb/pulg <sup>2</sup> /pulg)	0.00 a 1.00
Mezclas bituminosas estabilizadas E= 276 a 2070 Mpa ( 40,000 a 300,000 lb/pulg <sup>2</sup> /pulg)	1.00 a 3.00
Materiales granulares no adheridos E= 103 a 310 Mpa ( 15,000 a 45,000 lb/pulg <sup>2</sup> /pulg)	1.00 a 3.00
Materiales finamente graduados o subrasantes naturales E= 21 a 276 Mpa ( 3,000 a 40,000 lb/pulg <sup>2</sup> /pulg)	2.00 a 3.00

Del cuadro consideramos y de la información recopilada:

Perdida de soporte Existente: (Base granular c/cemento)	<b>0.50</b>
--	-------------

**Corrección del Módulo K por Pérdida potencial de Soporte:**

A Continuación se procede con la corrección del Modulo K efectivo calculado antes: con un valor de K= 200.00 psi y de LS = 0.50



Abaco 2.2.6. Corrección del Módulo K por pérdida potencial de soporte

<b>El nuevo valor de K efectivo es:</b>	<b>150.00</b>	<b>psi ( Gráfico)</b>
---	---------------	-----------------------

Este valor coincide en el rango propuesto(130-170 pci) por la norma CE.010 de Pavimentos Urbanos según el tipo de suelo (areno-gravoso con algo de arcilla)

**6.7) Confiabilidad de Diseño de la Sobrecarpeta (R) :**

Según el tipo de vía, y para pavimento nuevo, para este caso de Vía Colectora y sector urbano

<b>Confiabilidad de Diseño(R) =</b>	<b>90</b>	<b>%</b>
<b>Desviación Estándar Normal (Z<sub>R</sub>) =</b>	<b>-1.282</b>	

**6.8) Desviación Standart S<sub>0</sub> :**

<b>Desviación Standart( S<sub>0</sub>) =</b>	<b>0.39</b>	<b>Pavimentos Rígidos Nuevos</b>
--	-------------	----------------------------------

**6.9) Capacidad de Subdrenaje :**

<b>Desviación Standart( C<sub>d</sub>) =</b>	<b>1.00</b>	<b>Regulares condiciones de drenaje Por fisuras del tipo de cocodrilo</b>
--	-------------	---

**7) DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE LA SOBRECARPETA :**

El espesor de la sobrecarpeta es el mismo que se requiere para la losa de tráfico futuro como se indica a continuación :

$$D_{01} = D_f$$

**NOTA :**

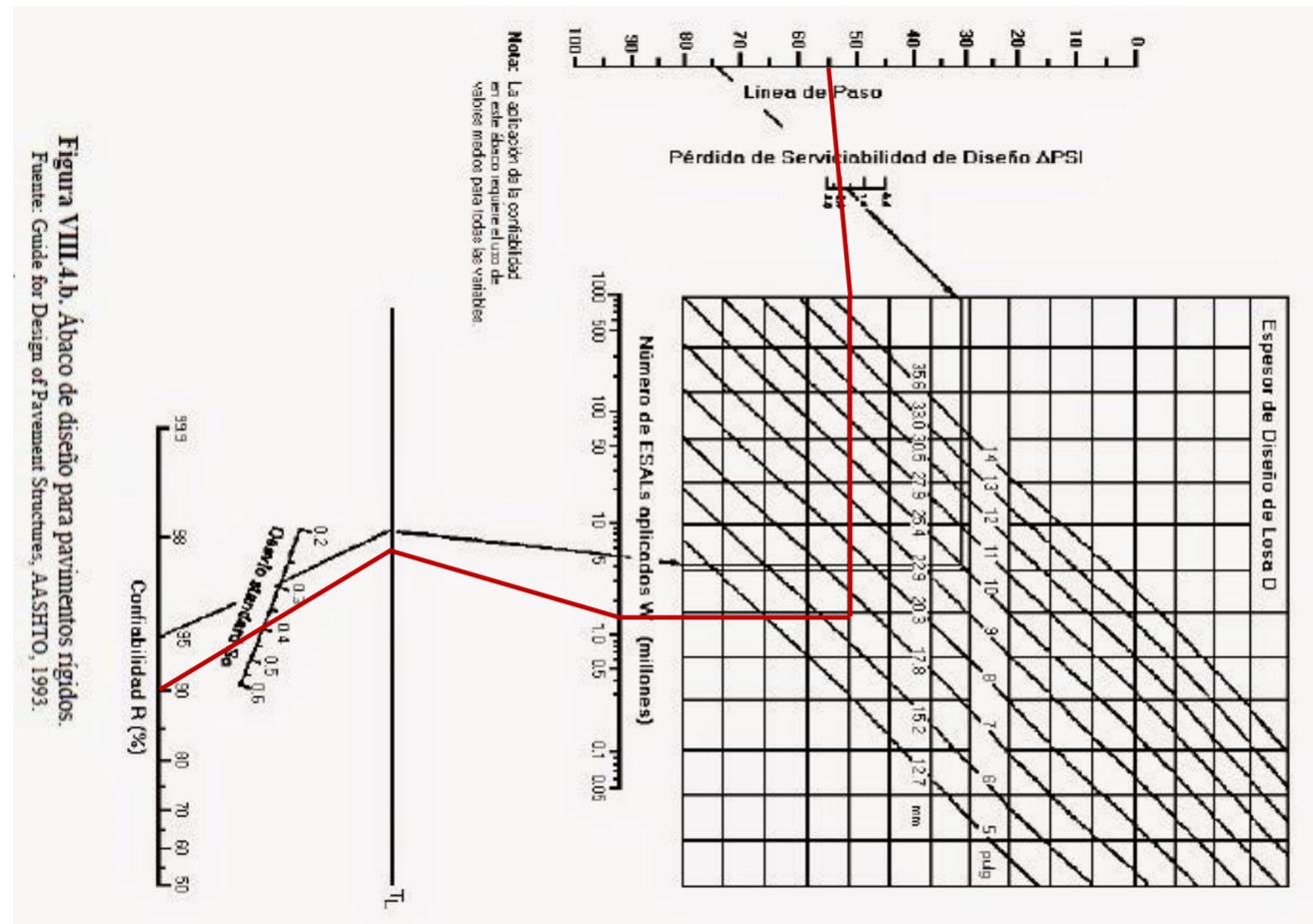
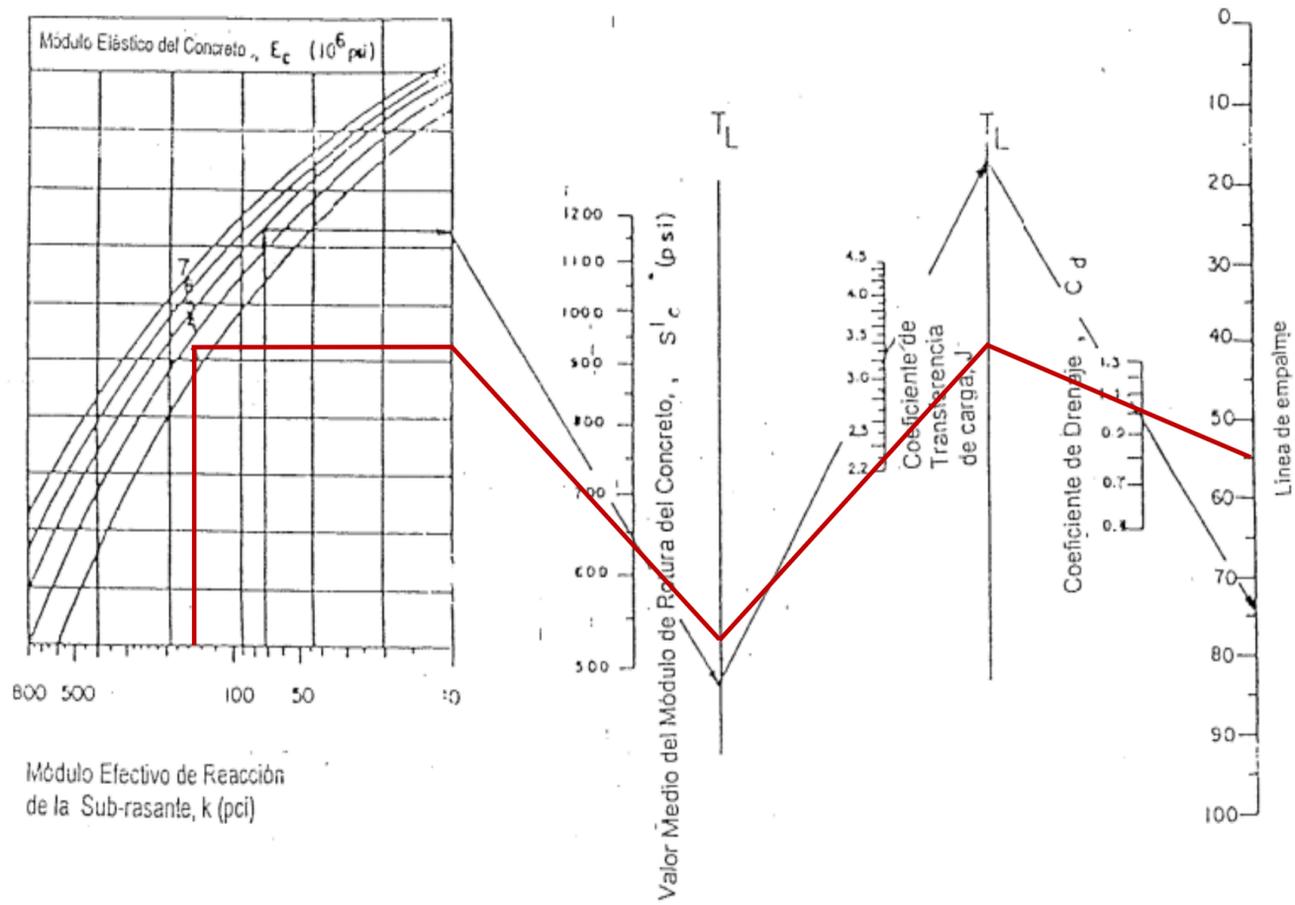
Cuando se da el caso de juntas con dispositivos de transferencia de cargas y pavimentos reforzados con juntas continuamente reforzados, tiene validez lo explicado para el diseño de pavimentos rígidos.

Recopilamos los datos encontrados:

<b>W<sub>18</sub> =</b>	Número de cargas de 80 KN previstas =	1770543.452
<b>Z<sub>R</sub> =</b>	Depende del nivel de confiabilidad =	-1.282
<b>S<sub>0</sub> =</b>	Desviación Standart =	0.39
<b>D =</b>	Espesor de la losa del Pavimento en Pulgadas =	D
<b>Dif. PSI =</b>	Pérdida de serviciabilidad prevista en el diseño =	2.00
<b>Pt =Pf =</b>	Serviciabilidad Final =	2.50
<b>Sc' =</b>	Modulo de rotura del concreto en Psi =	640.10
<b>J =</b>	Coeficiente de transferencia de carga =	2.30
<b>Cd =</b>	Coeficiente de Drenaje =	1.00

<b>E<sub>c</sub> =</b>	Modulo de elasticidad del concreto , en psi =	3830924.16
<b>k =</b>	Módulo K efectivo en psi =	150.00

Podemos usar la ecuación o el ábaco de diseño de AASHTO 1993 usamos el ábaco para pavimentos rígidos:



Obtenemos entonces como valor final a un espesor de :

Esesor S/C ( D )	6.30	pulg
Esesor S/C ( D )	16.00	cm

***ANEXO 4***  
***GALERÍA FOTOGRÁFICA***



*Figura 0.1. Ubicación de la primera estación para iniciar levantamiento.*



*Figura 0.2. Ubicación de la última estación del levantamiento topográfico.*



*Figura 0.3. Ubicación inicial para la calzada en estudio*



*Figura 0.4. Medición de las capas constituyentes del pavimento mostrándose en la abertura.*



*Figura 0.5. Muestra de la gravedad de falla tipo piel de cocodrilo.*



*Figura 0.6. Muestra de la gravedad de falla tipo grietas*



*Figura 0.7. Mal estado del pavimento en los bordes*



*Figura 0.8. Mal estado de la berma cenrtal*

***ANEXO 5***  
***COSTO POR PROPUESTA***

## Presupuesto

1101001 OPTIMIZACION DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS DE CONCRETO MEDIANTE EL USO DE SOBRE CAPAS DE REFUERZO PARA LA AV. MARIO URTEAGA - CARRIL NORTE (ENTRE OVALO EL INCA Y JR CUMBE MAYO) DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA.

001 OPTIMIZACION DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS DE CONCRETO MEDIANTE EL USO DE SOBRECAPAS DE REFUERZO PARA LA AV. MARIO URTEAGA - CARRIL NORTE (ENTRE OVALO EL INCA Y JR CUMBE MAYO) DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA Costo al 03/01/2018  
CAJAMARCA - CAJAMARCA - CAJAMARCA

Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
RECAPEO ASFALTICO (COSTO POR METRO CUADRADO E=0.10m)				66.99
LIMPIEZA GENERAL DEL TERRENO	m2	1.00	0.72	0.72
TRATAMIENTO DE FISURAS Y GRIETAS	m2	1.00	4.99	4.99
RIEGO CON LIGA	m2	1.00	7.37	7.37
PREPARACION DE MEZCLA ASFALTICA	m3	0.10	519.00	51.90
COLOCACION CARPETA ASFALTICA	m2	1.00	2.01	2.01
<b>Costo Directo</b>				<b>66.99</b>

SON : SESENTISEIS Y 99/100 NUEVOS SOLES

### Análisis de precios unitarios

1101001 OPTIMIZACION DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS DE CONCRETO MEDIANTE EL USO DE SOBRE CAPAS DE REFUERZO PARA LA AV. MARIO URTEAGA - CARRIL NORTE (ENTRE OVALO EL INCA Y JR CUMBE MAYO) DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA.  
 001 OPTIMIZACION DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS DE CONCRETO MEDIANTE EL USO DE SOBRECAPAS DE REFUERXO PARA LA AV. MARIO URTEAGA - CARRIL NORTE (ENTRE OVALO EL INCA Y JR CUMBE MAYO) DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA. Fecha presupuesto 03/01/2018

**01.01 LIMPIEZA GENERAL DEL TERRENO**

m2/DIA MO. 300.0000 EQ. 300.0000 Costo unitario directo por : m2 **0.72**

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
<b>Mano de Obra</b>					
OPERARIO	hh	0.1000	0.0027	19.23	0.05
OFICIAL	hh	0.5000	0.0133	15.94	0.21
PEON	hh	0.5000	0.0133	14.33	0.19
					<b>0.45</b>
<b>Equipos</b>					
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	0.45	0.02
COMPRESORA NEUMATICA	hm	0.0800	0.0021	120.00	0.25
					<b>0.27</b>

**01.02 TRATAMIENTO DE FISURAS Y GRIETAS**

m2/DIA MO. 1,000.0000 EQ. 1,000.0000 Costo unitario directo por : m2 **4.99**

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
<b>Mano de Obra</b>					
OPERARIO	hh	1.0000	0.0080	19.23	0.15
OFICIAL	hh	2.0000	0.0160	15.94	0.26
PEON	hh	4.0000	0.0320	14.33	0.46
					<b>0.87</b>
<b>Materiales</b>					
EMULSION ASFALTICA	gal		0.1680	15.00	2.52
ARENA GRUESA	m3		0.0060	55.00	0.33
AGUA	m3		0.0420	5.20	0.22
					<b>3.07</b>
<b>Equipos</b>					
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	0.87	0.04
RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 1.8 ton	hm	1.0000	0.0080	90.00	0.72
COMPRESORA NEUMATICA 250 - 330 PCM - 87 HP	hm	0.3000	0.0024	120.00	0.29
					<b>1.05</b>

**01.03 RIEGO CON LIGA**

m2/DIA MO. 900.0000 EQ. 900.0000 Costo unitario directo por : m2 **7.37**

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
<b>Mano de Obra</b>					
OPERARIO	hh	1.0000	0.0089	19.23	0.17
OFICIAL	hh	2.0000	0.0178	15.94	0.28
PEON	hh	2.0000	0.0178	14.33	0.26
					<b>0.71</b>
<b>Materiales</b>					
ASFALTO RC-250	gal		0.3000	15.90	4.77
					<b>4.77</b>
<b>Equipos</b>					
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.71	0.02
COMPRESORA NEUMATICA	hm	1.0000	0.0089	120.00	1.07
CAMION IMPRIMADOR 6X2 178-210 HP 1,800 gal	hm	1.0000	0.0089	90.00	0.80
					<b>1.89</b>

### Análisis de precios unitarios

Presupuesto

1101001 OPTIMIZACION DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS DE CONCRETO MEDIANTE EL USO DE SOBRE CAPAS DE REFUERZO PARA LA AV. MARIO URTEAGA - CARRIL NORTE (ENTRE OVALO EL INCA Y JR CUMBE MAYO) DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA.  
 001 OPTIMIZACION DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS DE CONCRETO MEDIANTE EL USO DE SOBRECAPAS DE REFUERXO PARA LA AV. MARIO URTEAGA - CARRIL NORTE (ENTRE OVALO EL INCA Y JR CUMBE MAYO) DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA.  
 Fecha presupuesto 03/01/2018

01.04		PREPARACION DE MEZCLA ASFALTICA					Costo unitario directo por : m3		519.00
m3/DIA		MO. 150.0000	EQ. 150.0000						
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.			
<b>Mano de Obra</b>									
010002	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0533	21.00	1.12			
010003	OPERARIO	hh	2.0000	0.1067	19.23	2.05			
010004	OFICIAL	hh	2.0000	0.1067	15.94	1.70			
010005	PEON	hh	10.0000	0.5333	14.33	7.64			
<b>12.51</b>									
<b>Materiales</b>									
040001	PETROLEO D-2	gal		5.0000	10.00	50.00			
0500010002	ASFALTO PEN 85-100	gal		30.0000	11.00	330.00			
010001	PIEDRA CHANCADA	m3		1.1055	65.00	71.86			
0200010002	ARENA GRUESA	m3		0.3785	55.00	20.82			
020002	FILLER	kg		14.0000	0.58	8.12			
<b>480.80</b>									
<b>Equipos</b>									
010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	12.51	0.63			
1600010003	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 125-135 HP 3 yd3	hm	1.0000	0.0533	180.00	9.59			
250001	GRUPO ELECTROGENO	hm	1.0000	0.0533	50.00	2.67			
3900030001	PLANTA DE ASFALTO EN CALIENTE M.E. 50,65 - 115 ton/h	hm	1.0000	0.0533	150.00	8.00			
400003	SECADORA DE ARIDOS	hm	1.0000	0.0533	90.00	4.80			
<b>25.69</b>									
01.05		COLOCACION CARPETA ASFALTICA					Costo unitario directo por : m2		2.01
m2/DIA		MO. 3,000.0000	EQ. 3,000.0000						
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.			
<b>Mano de Obra</b>									
010002	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0027	21.00	0.06			
010003	OPERARIO	hh	4.0000	0.0107	19.23	0.21			
010004	OFICIAL	hh	6.0000	0.0160	15.94	0.26			
010005	PEON	hh	2.0000	0.0053	14.33	0.08			
<b>0.61</b>									
<b>Equipos</b>									
010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.61	0.02			
1000040001	RODILLO NEUMATICO AUTOPREPULSADO 5.5 - 20 ton	hm	1.0000	0.0027	170.00	0.46			
1000050001	RODILLO TANDEM EST 8-10 ton	hm	1.0000	0.0027	160.00	0.43			
3900010001	PAVIMENTADORA SOBRE LLANTAS 10' - 16'	hm	1.0000	0.0027	180.00	0.49			
<b>1.40</b>									

## Presupuesto

1101002 OPTIMIZACION DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS DE CONCRETO MEDIANTE EL USO DE SOBRECAPAS DE REFUERZO PARA LA AV. MARIO URTEAGA - CARRIL NORESTE (ENTRE EL OVALO EL INCA Y JR. CUMBE MAYO DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA)

001 OPTIMIZACION DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS DE CONCRETO MEDIANTE EL USO DE SOBRECAPAS DE REFUERZO PARA LA AV. MARIO URTEAGA - CARRIL NORESTE (ENTRE EL OVALO EL INCA Y JR. CUMBE MAYO DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA  
CAJAMARCA - CAJAMARCA - CAJAMARCA

Costo al 03/01/2018

Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
RECAPEO CON PAVIMENTO RIGIDO (COSTO POR METRO CUADRADO E=0.20 m.)				123.55
LIMPIEZA GENERAL DEL TERRENO	m2	1.00	0.72	0.72
TRATAMIENTO DE FISURAS Y GRIETAS	m2	1.00	4.99	4.99
RIEGO CON LIGA	m2	1.00	7.37	7.37
SUMINISTRO Y COLOCACION DE GEOMALLA	m2	1.00	30.54	30.54
CONCRETO $f_c=210$ kg/cm <sup>2</sup>	m3	0.20	387.92	77.58
CURADO CON ADITIVO QUIMICO EN CONCRETO	m2	1.00	2.35	2.35
<b>Costo Directo</b>				<b>123.55</b>

SON : CIENTO VEINTITRES Y 55/100 NUEVOS SOLES

## Análisis de precios unitarios

Presupuesto 1101002 OPTIMIZACION DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS DE CONCRETO MEDIANTE EL USO DE SOBRECAPAS DE REFUERZO PARA LA AV. MARIO URTEAGA - CARRIL NORESTE (ENTRE EL OVALO EL INCA Y JR. CUMBE MAYO DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA)

Presupuesto 001 OPTIMIZACION DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS DE CONCRETO MEDIANTE EL USO DE SOBRECAPAS DE REFUERZO PARA LA AV. MARIO URTEAGA - CARRIL NORESTE (ENTRE EL OVALO EL INCA Y JR. CUMBE MAYO DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA) Fecha presupuesto 03/01/2018

01.01		LIMPIEZA GENERAL DEL TERRENO					Costo unitario directo por : m2	0.72
m2/DIA	MO. 300.0000	EQ. 300.0000						
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.			
<b>Mano de Obra</b>								
010003	OPERARIO	hh	0.1000	0.0027	19.23	0.05		
010004	OFICIAL	hh	0.5000	0.0133	15.94	0.21		
010005	PEON	hh	0.5000	0.0133	14.33	0.19		
<b>Equipos</b>								
010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	0.45	0.02		
140006	COMPRESORA NEUMATICA	hm	0.0800	0.0021	120.00	0.25		
<b>0.72</b>								
01.02		TRATAMIENTO DE FISURAS Y GRIETAS					Costo unitario directo por : m2	4.99
m2/DIA	MO. 1,000.0000	EQ. 1,000.0000						
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.			
<b>Mano de Obra</b>								
010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0080	19.23	0.15		
010004	OFICIAL	hh	2.0000	0.0160	15.94	0.26		
010005	PEON	hh	4.0000	0.0320	14.33	0.46		
<b>Materiales</b>								
050002	EMULSION ASFALTICA	gal		0.1680	15.00	2.52		
0200010002	ARENA GRUESA	m3		0.0060	55.00	0.33		
070002	AGUA	m3		0.0420	5.20	0.22		
<b>Equipos</b>								
010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	0.87	0.04		
11000060001	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 1.8 ton	hm	1.0000	0.0080	90.00	0.72		
1400060003	COMPRESORA NEUMATICA 250 - 330 PCM - 87 HP	hm	0.3000	0.0024	120.00	0.29		
<b>1.05</b>								
01.03		RIEGO CON LIGA					Costo unitario directo por : m2	7.37
m2/DIA	MO. 900.0000	EQ. 900.0000						
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.			
<b>Mano de Obra</b>								
010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0089	19.23	0.17		
010004	OFICIAL	hh	2.0000	0.0178	15.94	0.28		
010005	PEON	hh	2.0000	0.0178	14.33	0.26		
<b>Materiales</b>								
0500010001	ASFALTO RC-250	gal		0.3000	15.90	4.77		
<b>Equipos</b>								
010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.71	0.02		
140006	COMPRESORA NEUMATICA	hm	1.0000	0.0089	120.00	1.07		
2200080002	CAMION IMPRIMADOR 6X2 178-210 HP 1,800 gl	hm	1.0000	0.0089	90.00	0.80		
<b>1.89</b>								

### Análisis de precios unitarios

Presupuesto 1101002 OPTIMIZACION DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS DE CONCRETO MEDIANTE EL USO DE SOBRECAPAS DE REFUERZO PARA LA AV. MARIO URTEAGA - CARRIL NORESTE (ENTRE EL OVALO EL INCA Y JR. CUMBE MAYO DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA)

Presupuesto 001 OPTIMIZACION DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS DE CONCRETO MEDIANTE EL USO DE SOBRECAPAS DE REFUERZO PARA LA AV. MARIO URTEAGA - CARRIL NORESTE (ENTRE EL OVALO EL INCA Y JR. CUMBE MAYO DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA) Fecha presupuesto 03/01/2018

**01.04 SUMINISTRO Y COLOCACION DE GEOMALLA**

Presupuesto m2/DIA MO. 300.0000 EQ. 300.0000 Costo unitario directo por : m2 **30.54**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>						
010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0267	19.23	0.51
010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0267	15.94	0.43
010005	PEON	hh	3.0000	0.0800	14.33	1.15
						<b>2.09</b>
<b>Materiales</b>						
020004	GEOMALLA HDPE 1 mm LISA NEGRA	m2		1.0500	27.00	28.35
						<b>28.35</b>
<b>Equipos</b>						
010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	2.09	0.10
						<b>0.10</b>

**01.05 CONCRETO f'c=210 kg/cm2**

Presupuesto m3/DIA MO. 12.0000 EQ. 12.0000 Costo unitario directo por : m3 **387.92**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>						
010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.6667	19.23	12.82
010004	OFICIAL	hh	2.0000	1.3333	15.94	21.25
010005	PEON	hh	6.0000	4.0000	14.33	57.32
0100060002	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	1.0000	0.6667	19.23	12.82
						<b>104.21</b>
<b>Materiales</b>						
030001	GASOLINA	gal		0.0300	12.80	0.38
0100010002	PIEDRA CHANCADA 1/2"	m3		0.8500	65.00	55.25
0200010002	ARENA GRUESA	m3		0.4200	55.00	23.10
070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.1800	5.20	0.94
0310001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		9.0000	19.50	175.50
						<b>255.17</b>
<b>Equipos</b>						
010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	104.21	5.21
2900010002	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"	hm	1.0000	0.6667	15.00	10.00
2900030001	MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HP)	hm	1.0000	0.6667	20.00	13.33
						<b>28.54</b>

**01.06 CURADO CON ADITIVO QUIMICO EN CONCRETO**

Presupuesto m2/DIA MO. 100.0000 EQ. 100.0000 Costo unitario directo por : m2 **2.35**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>						
010005	PEON	hh	1.0000	0.0800	14.33	1.15
						<b>1.15</b>
<b>Materiales</b>						
030001	ANTISOL NORMALIZADO	kg		0.1900	6.00	1.14
						<b>1.14</b>
<b>Equipos</b>						
010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	1.15	0.06
						<b>0.06</b>

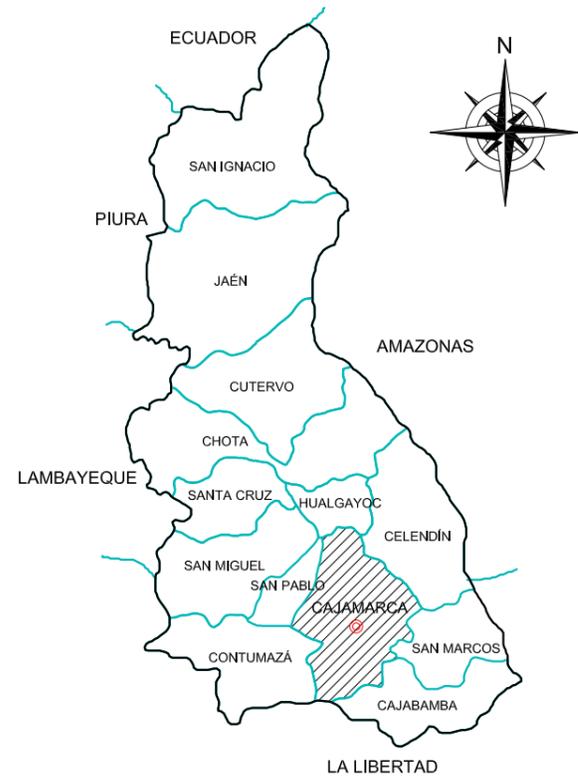
***ANEXO 6***

***PLANO DE UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN***

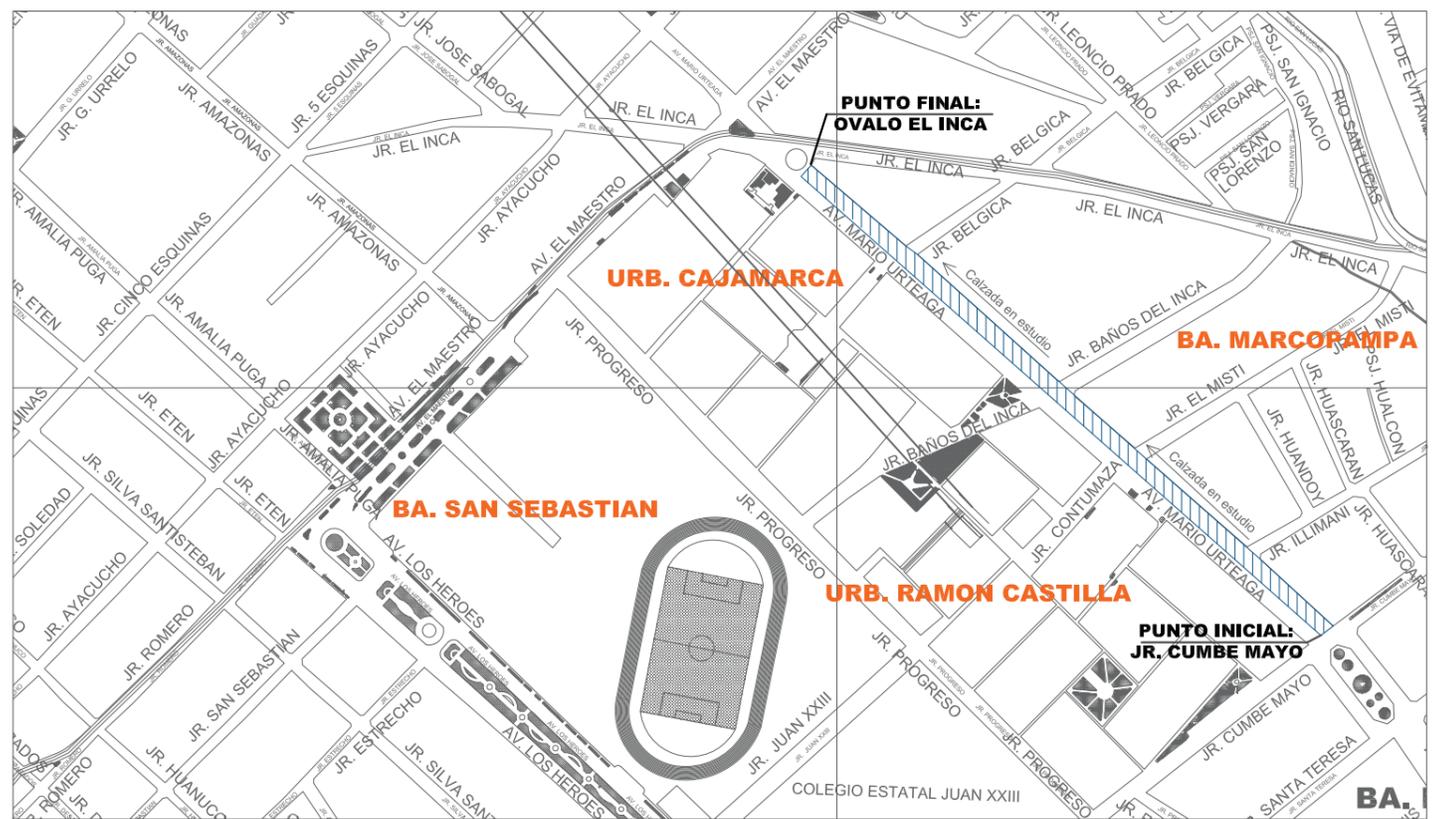
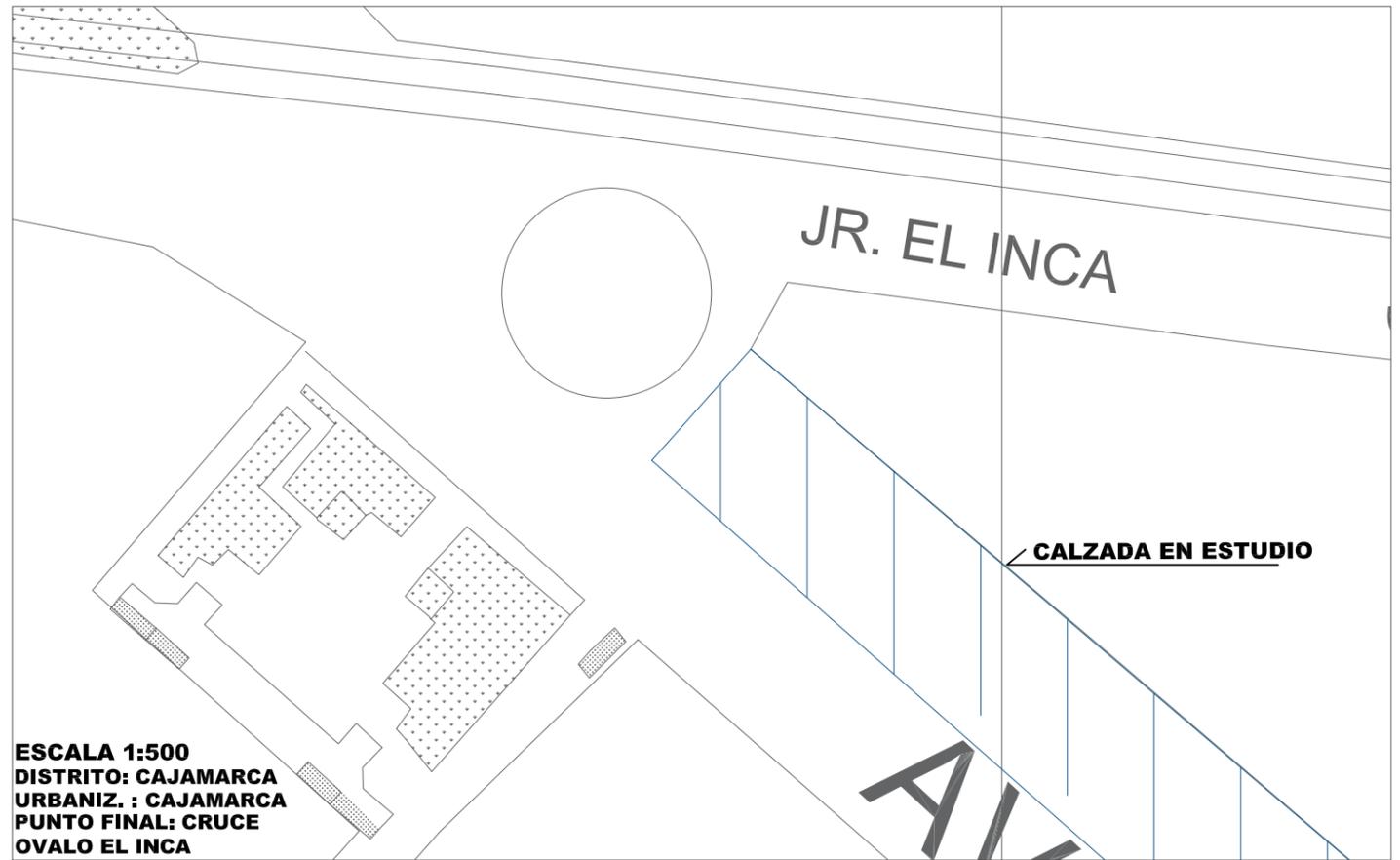
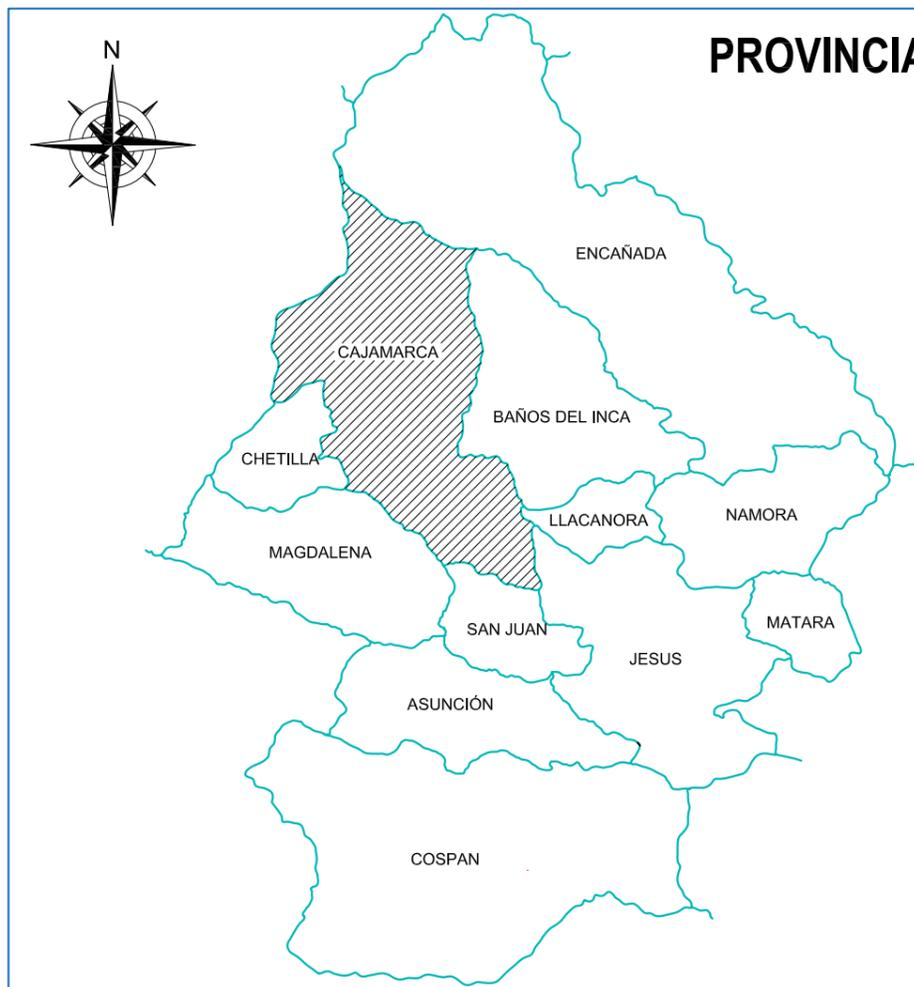
### UBICACION EN EL PAIS



### DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA



### PROVINCIA DE CAJAMARCA



### UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

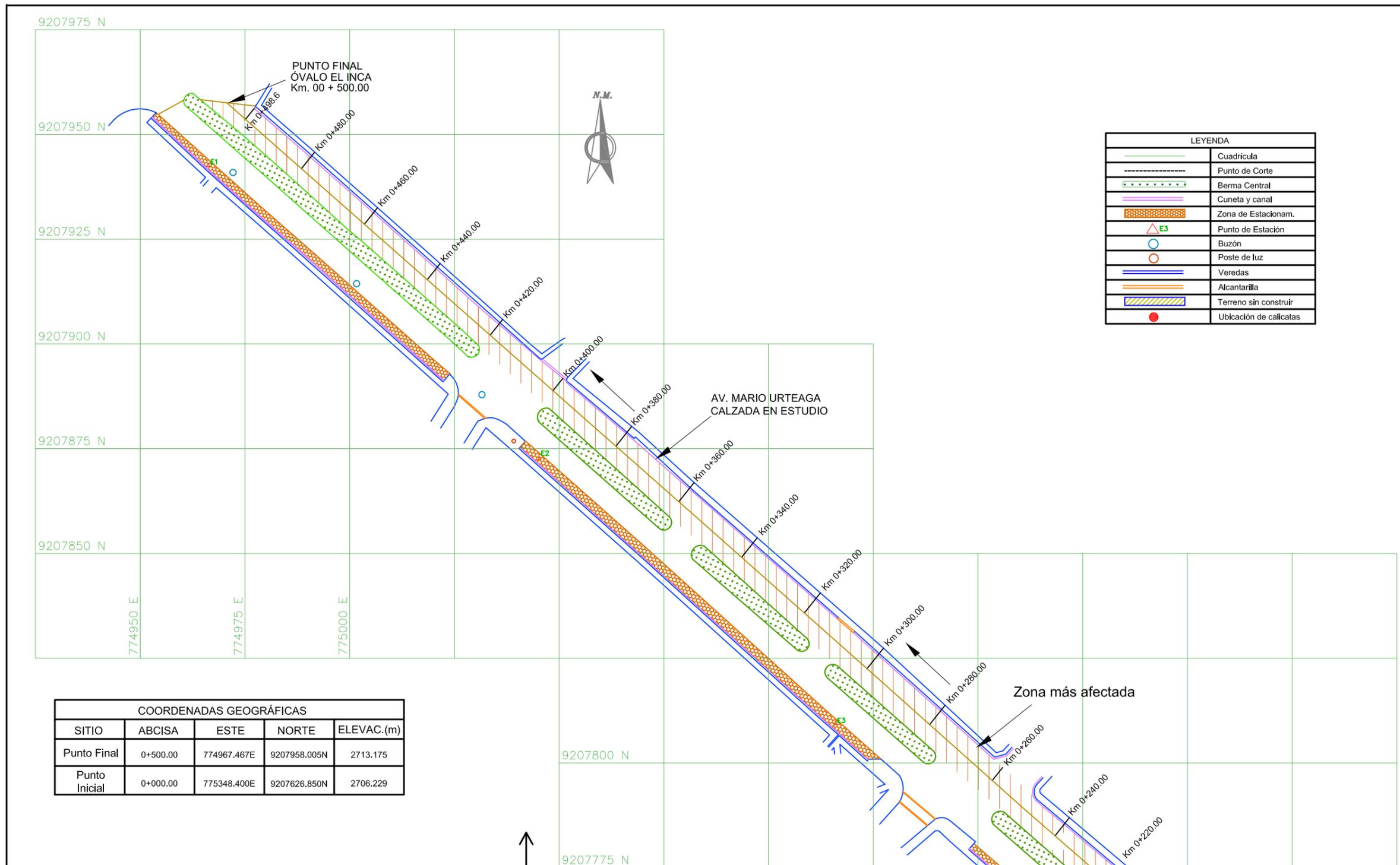
PROYECTO: OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE SOBRECAPAS DE REFUERZO PARA LA AV. MARIO URTEAGA-CARRIL NORESTE (ENTRE ÓVALO EL INCA Y JR. CUMBE MAYO) DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA, 2016"

PLANO: **PLANO DE UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN**

TESISTA:	BACH. ING. WALTER EDUARDO MALAVER VARGAS	FECHA:	SEPTIEMBRE 2017	LAMINA:	U-01
ASESOR:	MCS. ING. HÉCTOR PEREZ LOAYZA	ESCALA:	INDICADA	DISÑO CAD:	

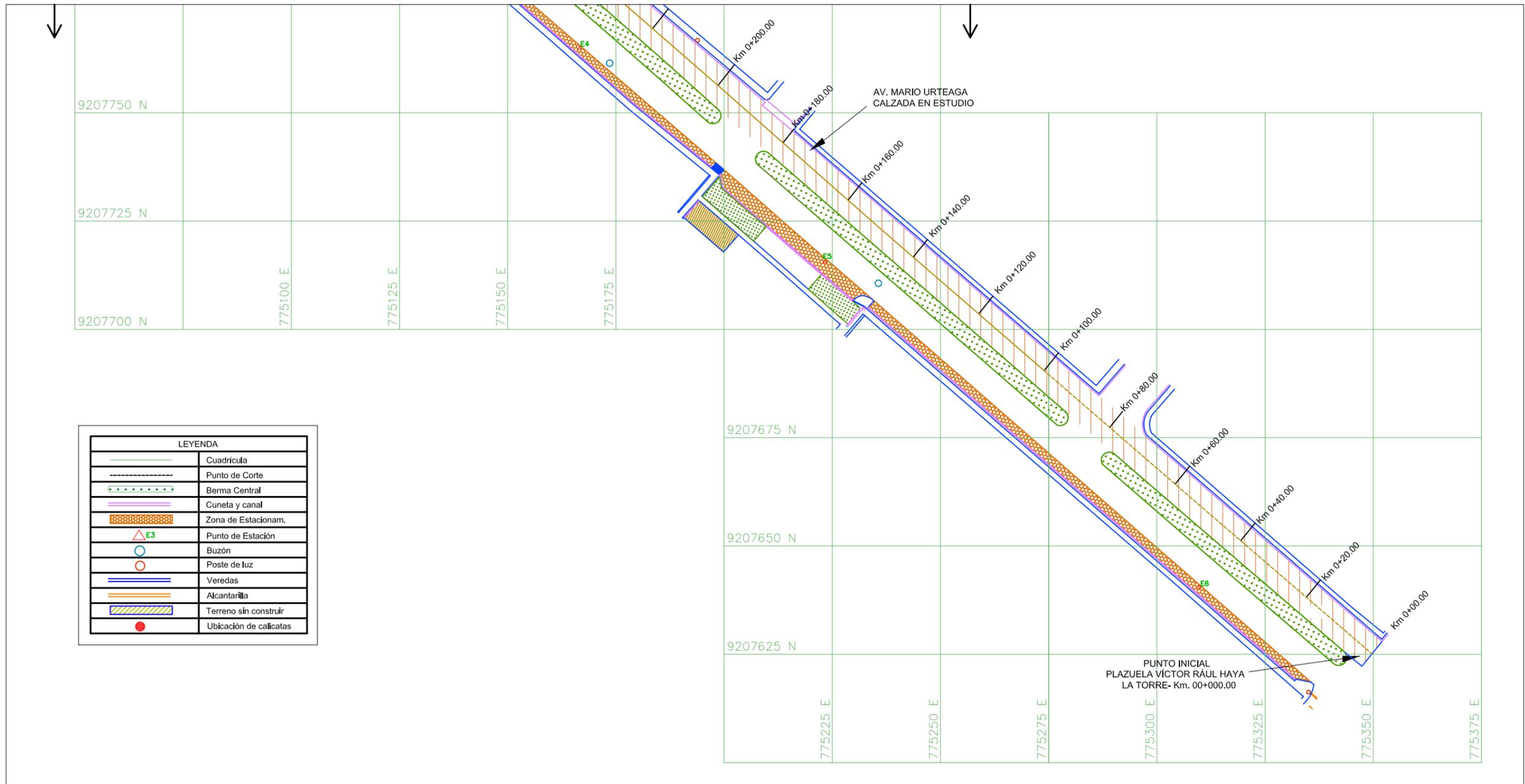
***ANEXO 7***

***PLANO EN PLANTA***



COORDENADAS GEOGRÁFICAS				
SITIO	ABCISA	ESTE	NORTE	ELEVAC.(m)
Punto Final	0+500.00	774967.467E	9207958.005N	2713.175
Punto Inicial	0+000.00	775348.400E	9207626.850N	2706.229

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b>			
PROYECTO: "OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE SOBRECAPAS DE REFUERZO PARA LA: AV. MARIO URTEAGA-CARRIL NORESTE (ENTRE ÓVALO EL INCA Y JR. CUMBE MAYO) DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA, 2016"			
PLANO: <b>PLANO EN PLANTA AV. MARIO URTEAGA- CALZADA INDICADA</b>			
TESISTA: BACH. ING. WALTER EDUARDO MALAVER VARGAS	FECHA: SETIEMBRE 2017	LAMINA: <b>PL-01</b>	
ASESOR: MCS. ING. HÉCTOR PEREZ LOAYZA	ESCALA: 1:500	DISEÑO CAD: W. MALAVER V.	



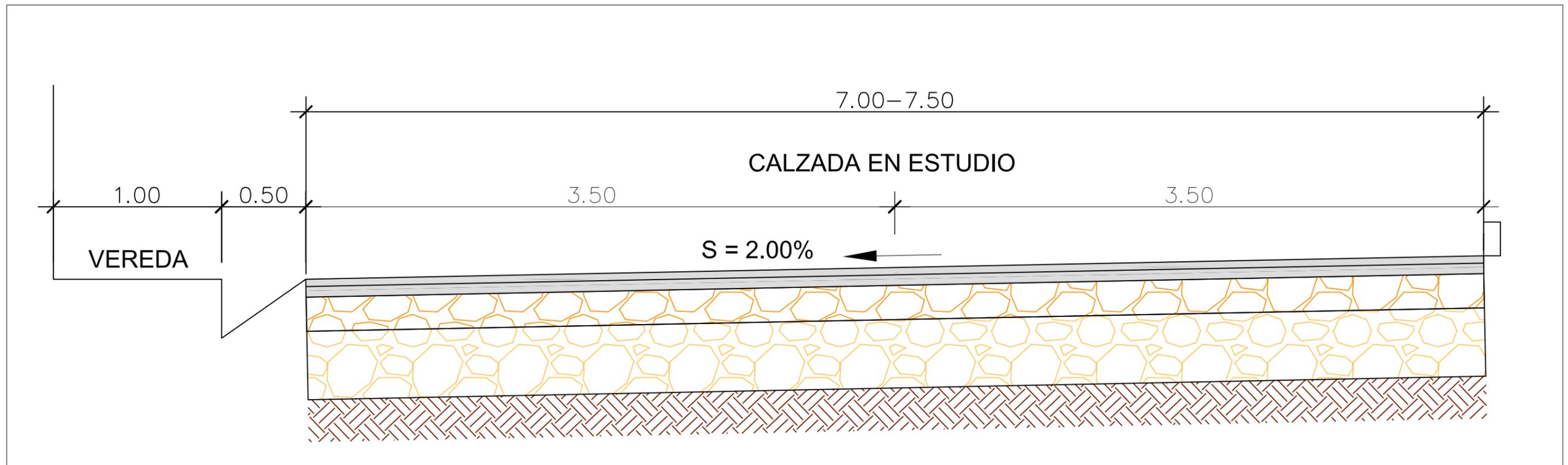
LEYENDA	
	Cuadrícula
	Punto de Corte
	Berma Central
	Cuneta y canal
	Zona de Estacionam.
	Punto de Estación
	Buzón
	Poste de luz
	Veredas
	Alcantarilla
	Terreno sin construir
	Ubicación de calicatas

COORDENADAS GEOGRÁFICAS				
SITIO	ABCISA	ESTE	NORTE	ELEVAC.(m)
Punto Final	0+500.00	774967.467E	9207958.005N	2713.175
Punto Inicial	0+000.00	775348.400E	9207626.850N	2706.229

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b>			
PROYECTO: "OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE SOBRECAPAS DE REFUERZO PARA LA: AV. MARIO URTEAGA-CARRIL NORESTE (ENTRE ÓVALO EL INCA Y JR. CUMBE MAYO) DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA, 2016"			
PLANO: PLANO EN PLANTA AV. MARIO URTEAGA- CALZADA INDICADA			
TESISTA:	BACH. ING. WALTER EDUARDO MALAVER VARGAS	FECHA:	SEPTIEMBRE 2017
ASESOR:	MCS. ING. HÉCTOR PEREZ LOAYZA	ESCALA:	1:500
			LÁMINA: <b>PL-02</b>

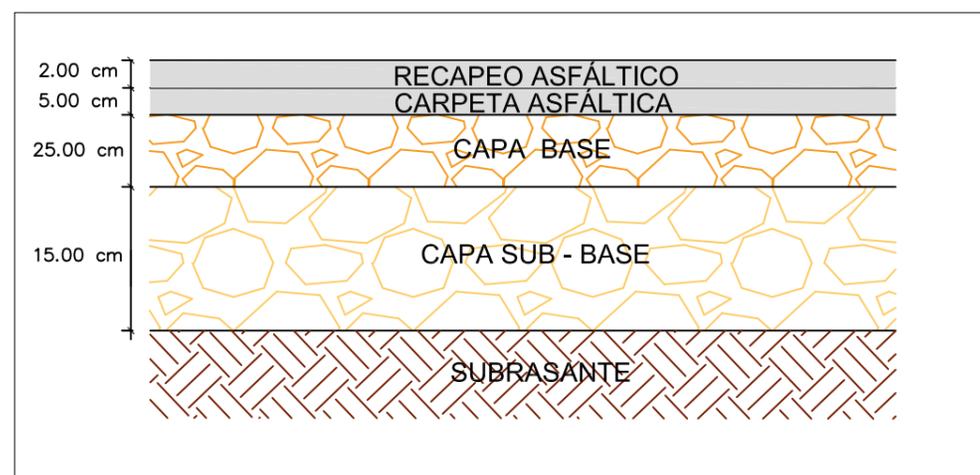
***ANEXO 8***

***PLANO DE SECCIÓN DE LA VÍA***



**SECCIÓN DE LA VIA- CALZADA EN ESTUDIO**

Escala 1:25



**ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO**

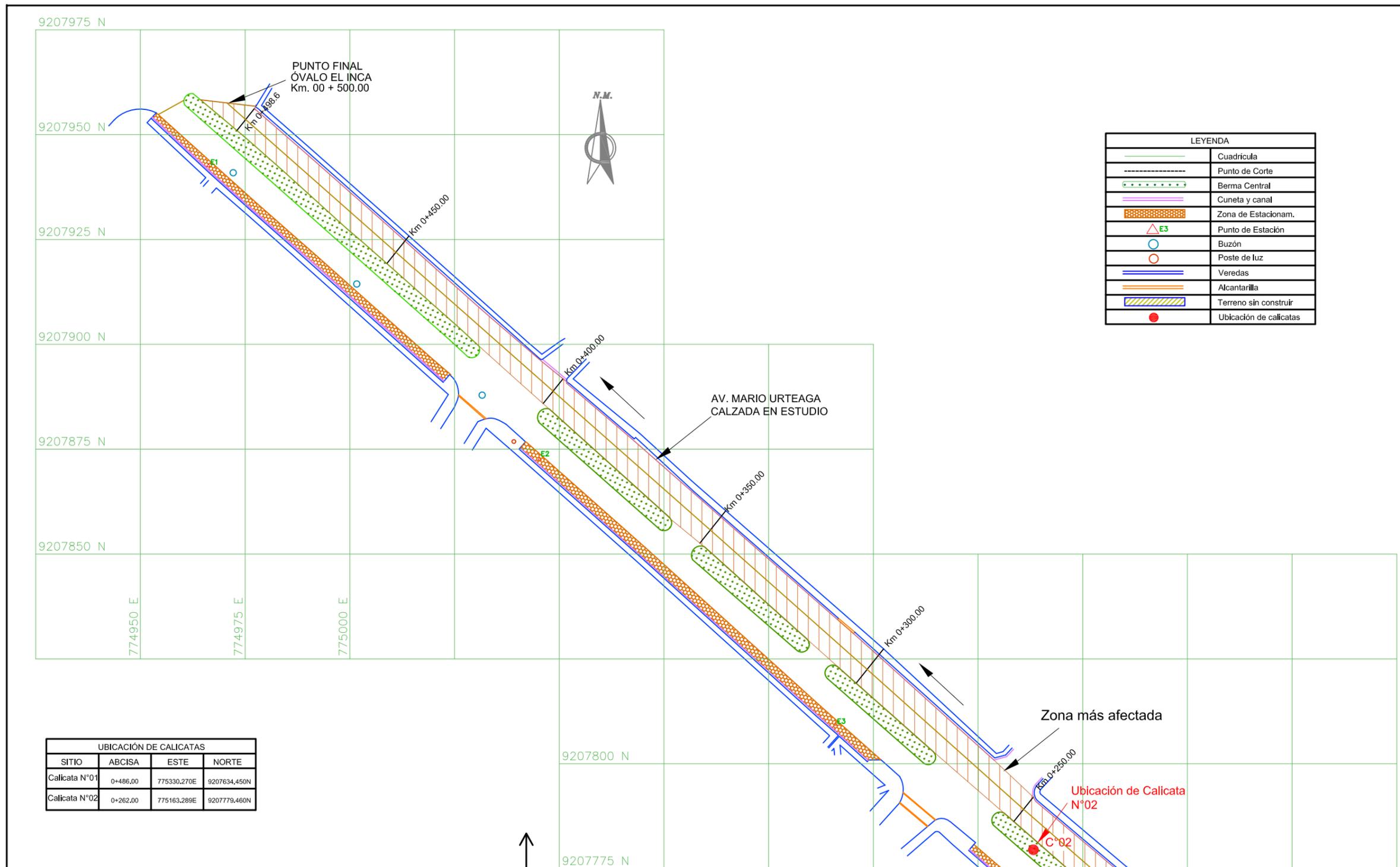
**AV. MARIO URTEAGA- CALZADA EN ESTUDIO**

Escala 1:20

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b>				
PROYECTO: OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE SOBRECAPAS DE REFUERZO PARA LA AV. MARIO URTEAGA-CARRIL NORESTE (ENTRE ÓVALO EL INCA Y JR. CUMBE MAYO) DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA, 2016"				
PLANO: SECCIÓN DE LA VÍA: AV. MARIO URTEAGA- CALZADA EN ESTUDIO				
TESISTA:	BACH. ING. WALTER EDUARDO MALAVER VARGAS	FECHA:	SEPTIEMBRE 2017	LAMINA:
ASESOR:	M en I. HÉCTOR PEREZ LOAYZA	ESCALA:	INDICADA	<b>S-01</b>

## ***ANEXO 9***

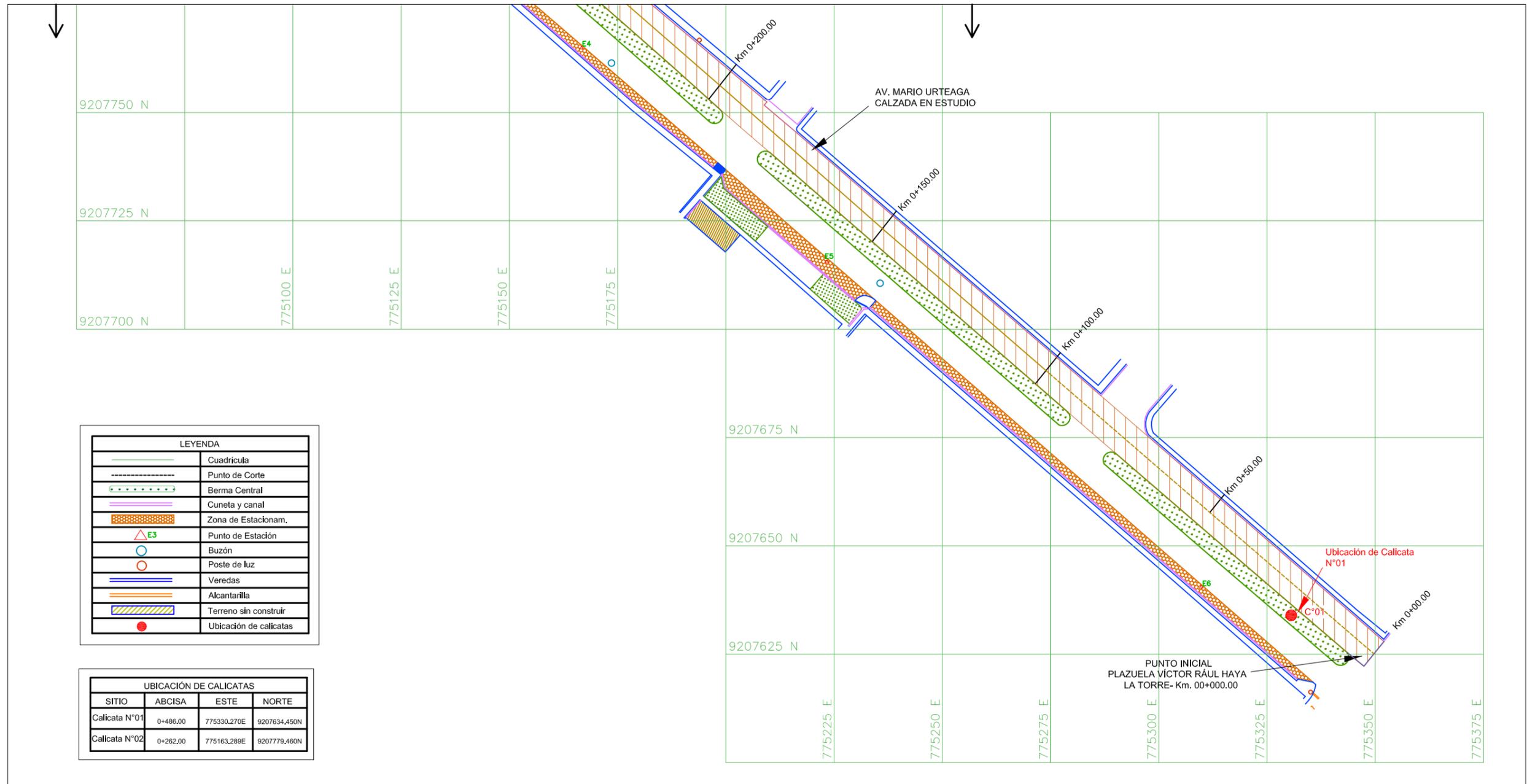
### ***PLANO DE UBICACIÓN DECALICATAS***



LEYENDA	
	Cuadrícula
	Punto de Corte
	Berma Central
	Cuneta y canal
	Zona de Estacionam.
	Punto de Estación
	Buzón
	Poste de luz
	Veredas
	Alcantarilla
	Terreno sin construir
	Ubicación de calcatas

UBICACIÓN DE CALICATAS			
SITIO	ABCISA	ESTE	NORTE
Calicata N°01	0+486.00	775330.270E	9207634.450N
Calicata N°02	0+262.00	775163.289E	9207779.460N

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b>			
PROYECTO: "OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE SOBRECAPAS DE REFUERZO PARA LA: AV. MARIO URTEAGA-CARRIL NORESTE (ENTRE ÓVALO EL INCA Y JR. CUMBE MAYO) DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA, 2016"			
PLANO: UBICAC. CALICATAS AV. MARIO URTEAGA- CALZADA INDICADA			
TESIS: BACH. ING. WALTER EDUARDO MALAVER VARGAS	FECHA: SETIEMBRE 2017	<b>UC-01</b>	
ASESOR: MCS. ING. HÉCTOR PEREZ LOAYZA	ESCALA: 1:500		



LEYENDA	
	Cuadrícula
	Punto de Corte
	Berma Central
	Cuneta y canal
	Zona de Estacionam.
	Punto de Estación
	Buzón
	Poste de luz
	Veredas
	Alcantarilla
	Terreno sin construir
	Ubicación de calicatas

UBICACIÓN DE CALICATAS			
SITIO	ABCISA	ESTE	NORTE
Calicata N°01	0+486,00	775330,270E	9207634,450N
Calicata N°02	0+262,00	775163,289E	9207779,460N

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

PROYECTO: "OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE SOBRECAPAS DE REFUERZO PARA LA: AV. MARIO URTEAGA-CARRIL NORESTE (ENTRE ÓVALO EL INCA Y JR. CUMBE MAYO) DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA, 2016"

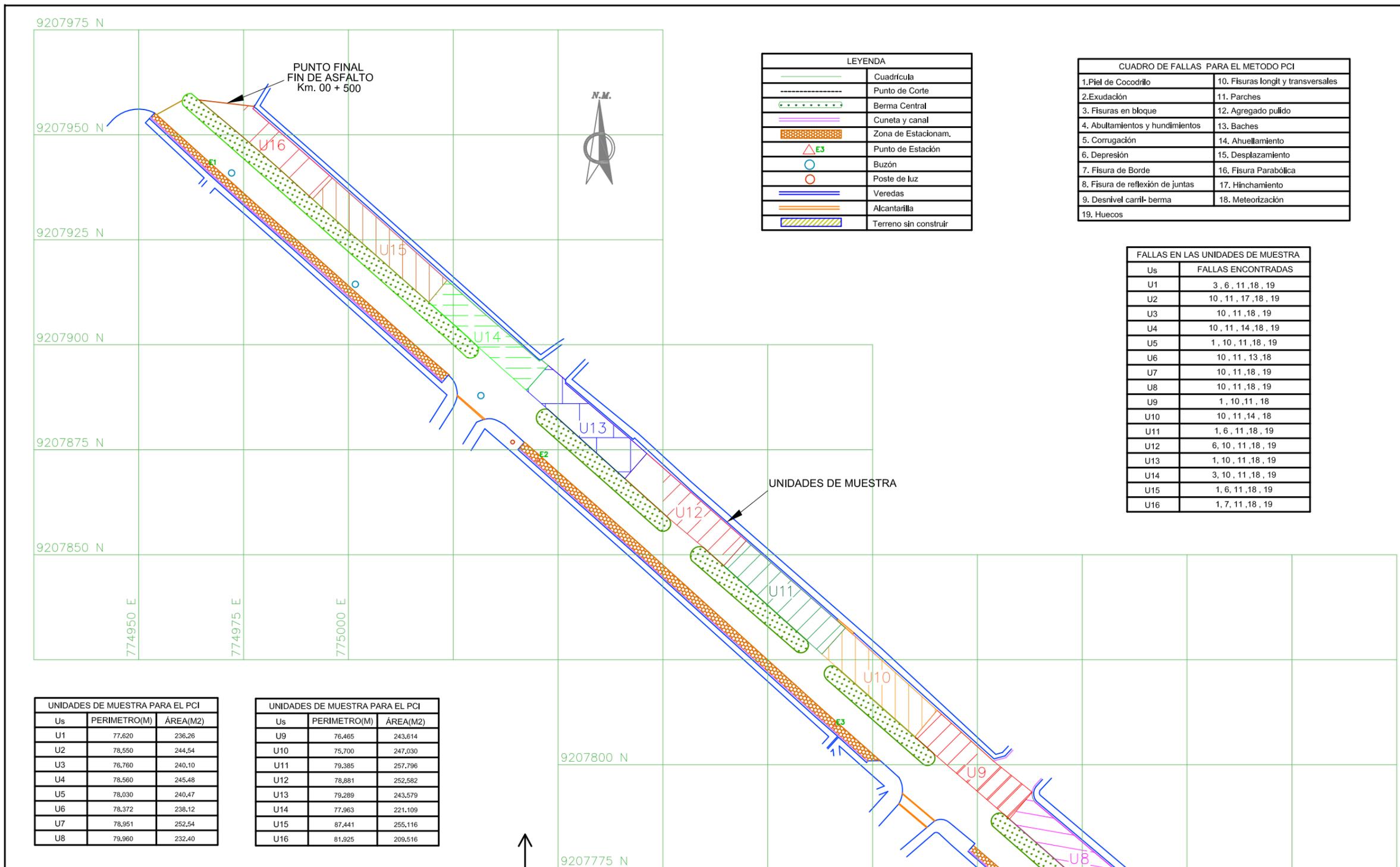
PLANO: UBICAC. CALICATAS AV. MARIO URTEAGA- CALZADA INDICADA

TESISTA:	BACH. ING. WALTER EDUARDO MALAVER VARGAS	FECHA:	SEPTIEMBRE 2017
ASESOR:	MCS. ING. HÉCTOR PEREZ LOAYZA	ESCALA:	1:500

LAMINA: UC-02

***ANEXO 10***

***PLANO DE UNIDADES DE MUESTREO***



LEYENDA	
	Cuadrícula
	Punto de Corte
	Berma Central
	Cuneta y canal
	Zona de Estacionam.
	Punto de Estación
	Buzón
	Poste de luz
	Veredas
	Alcantarilla
	Terreno sin construir

CUADRO DE FALLAS PARA EL METODO PCI	
1. Piel de Cocodrilo	10. Fisuras longit y transversales
2. Exudación	11. Parches
3. Fisuras en bloque	12. Agregado pulido
4. Abultamientos y hundimientos	13. Baches
5. Corrugación	14. Ahuellamiento
6. Depresión	15. Desplazamiento
7. Fisura de Borde	16. Fisura Parabólica
8. Fisura de reflexión de juntas	17. Hinchamiento
9. Desnivel carril-berma	18. Meteorización
19. Huecos	

FALLAS EN LAS UNIDADES DE MUESTRA	
Us	FALLAS ENCONTRADAS
U1	3, 6, 11, 18, 19
U2	10, 11, 17, 18, 19
U3	10, 11, 18, 19
U4	10, 11, 14, 18, 19
U5	1, 10, 11, 18, 19
U6	10, 11, 13, 18
U7	10, 11, 18, 19
U8	10, 11, 18, 19
U9	1, 10, 11, 18
U10	10, 11, 14, 18
U11	1, 6, 11, 18, 19
U12	6, 10, 11, 18, 19
U13	1, 10, 11, 18, 19
U14	3, 10, 11, 18, 19
U15	1, 6, 11, 18, 19
U16	1, 7, 11, 18, 19

UNIDADES DE MUESTRA PARA EL PCI		
Us	PERIMETRO(M)	ÁREA(M2)
U1	77,620	236,26
U2	78,550	244,54
U3	76,760	240,10
U4	78,560	245,48
U5	78,030	240,47
U6	78,372	238,12
U7	78,951	252,54
U8	79,960	232,40

UNIDADES DE MUESTRA PARA EL PCI		
Us	PERIMETRO(M)	ÁREA(M2)
U9	76,465	243,614
U10	75,700	247,030
U11	79,385	257,796
U12	78,881	252,582
U13	79,289	243,579
U14	77,963	221,109
U15	87,441	255,116
U16	81,925	209,516

COORDENADAS GEOGRÁFICAS				
SITIO	ABCISA	ESTE	NORTE	ELEVAC.(m)
Punto Final	0+000,00	774967,467E	9207958,005N	2713,175
Punto Inicial	0+500,00	775348,400E	9207626,850N	2706,229

TIPO DE FALLA	GRADO DE SEVERIDAD			CANTIDAD	PORCENTAJE
	BAJA	MEDIA	ALTA		
Piel de Cocodrilo	0	0	13	13	4,17
Depresión	0	6	5	11	3,53
Fisuras en bloque	0	2	4	06	1,92
Grieta Longitudinal	0	11	34	45	14,42
Grieta Transversal	0	3	0	03	0,96
Parcheos	42	54	65	161	51,60
Huecos	0	7	36	43	13,78
Hinchamiento	0	2	1	03	0,96
Meteorización	1	15	0	16	5,13
Ahuellamientos	1	0	4	05	1,60
Baches	0	6	0	06	1,92
<b>TOTAL DE FALLAS</b>				<b>312</b>	<b>100,00</b>

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

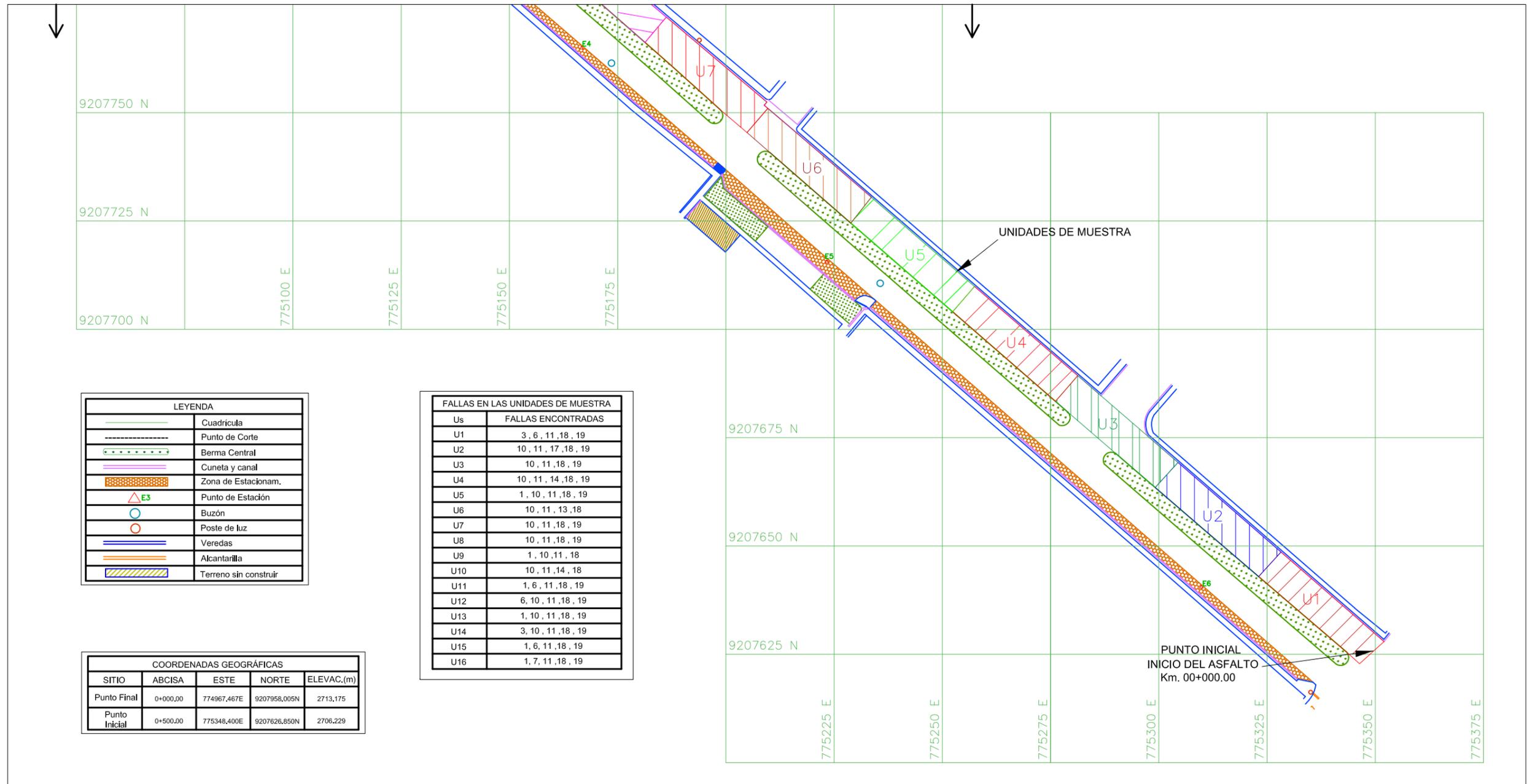
PROYECTO: "OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE SOBRECAPAS DE REFUERZO PARA LA: AV. MARIO URTEAGA-CARRIL NORESTE (ENTRE ÓVALO EL INCA Y JR. CUMBE MAYO) DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA, 2016"

PLANO: UNIDADES DE MUESTRA MÉTODO PCI

TESISTA: BACH. ING. WALTER EDUARDO MALAVER VARGAS      FECHA: SETIEMBRE 2017

ASESOR: M en I. HÉCTOR PEREZ LOAYZA      ESCALA: 1:500      DISEÑO CAD: W. MALAVER V.

**UM-01**



LEYENDA	
[Grid Line]	Cuadrícula
[Dashed Line]	Punto de Corte
[Dotted Line]	Berma Central
[Purple Line]	Cuneta y canal
[Orange Hatched]	Zona de Estacionam.
[Triangle with E3]	Punto de Estación
[Circle]	Buzón
[Circle with dot]	Poste de luz
[Blue Line]	Veredas
[Orange Line]	Alcantarilla
[Blue Hatched]	Terreno sin construir

FALLAS EN LAS UNIDADES DE MUESTRA	
Us	FALLAS ENCONTRADAS
U1	3, 6, 11, 18, 19
U2	10, 11, 17, 18, 19
U3	10, 11, 18, 19
U4	10, 11, 14, 18, 19
U5	1, 10, 11, 18, 19
U6	10, 11, 13, 18
U7	10, 11, 18, 19
U8	10, 11, 18, 19
U9	1, 10, 11, 18
U10	10, 11, 14, 18
U11	1, 6, 11, 18, 19
U12	6, 10, 11, 18, 19
U13	1, 10, 11, 18, 19
U14	3, 10, 11, 18, 19
U15	1, 6, 11, 18, 19
U16	1, 7, 11, 18, 19

COORDENADAS GEOGRÁFICAS				
SITIO	ABCISA	ESTE	NORTE	ELEVAC.(m)
Punto Final	0+000,00	774967,467E	9207958,005N	2713,175
Punto Inicial	0+500,00	775348,400E	9207626,850N	2706,229

UNIDADES DE MUESTRA PARA EL PCI		
Us	PERIMETRO(M)	ÁREA(M2)
U1	77,620	236,26
U2	78,550	244,54
U3	76,760	240,10
U4	78,560	245,48
U5	78,030	240,47
U6	78,372	238,12
U7	78,951	252,54
U8	79,960	232,40

UNIDADES DE MUESTRA PARA EL PCI		
Us	PERIMETRO(M)	ÁREA(M2)
U9	76,465	243,614
U10	75,700	247,030
U11	79,385	257,796
U12	78,881	252,582
U13	79,289	243,579
U14	77,963	221,109
U15	87,441	255,116
U16	81,925	209,516

CUADRO DE FALLAS PARA EL METODO PCI	
1. Piel de Cocodrilo	10. Fisuras longit y transversales
2. Exudación	11. Parches
3. Fisuras en bloque	12. Agregado pulido
4. Abultamientos y hundimientos	13. Baches
5. Corrugación	14. Ahuellamiento
6. Depresión	15. Desplazamiento
7. Fisura de Borde	16. Fisura Parabólica
8. Fisura de reflexión de juntas	17. Hinchamiento
9. Desnivel carril-berma	18. Meteorización
19. Huecos	

TIPO DE FALLA	GRADO DE SEVERIDAD			CANTIDAD	PORCENTAJE
	BAJA	MEDIA	ALTA		
Piel de Cocodrilo	0	0	13	13	4.17
Depresión	0	6	5	11	3.53
Fisuras en bloque	0	2	4	06	1.92
Grieta Longitudinal	0	11	34	45	14.42
Grieta Transversal	0	3	0	03	0.96
Parcheos	42	54	65	161	51.60
Huecos	0	7	36	43	13.78
Hinchamiento	0	2	1	03	0.96
Meteorización	1	15	0	16	5.13
Ahuellamientos	1	0	4	05	1.60
Baches	0	6	0	06	1.92
TOTAL DE FALLAS				312	100.00

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

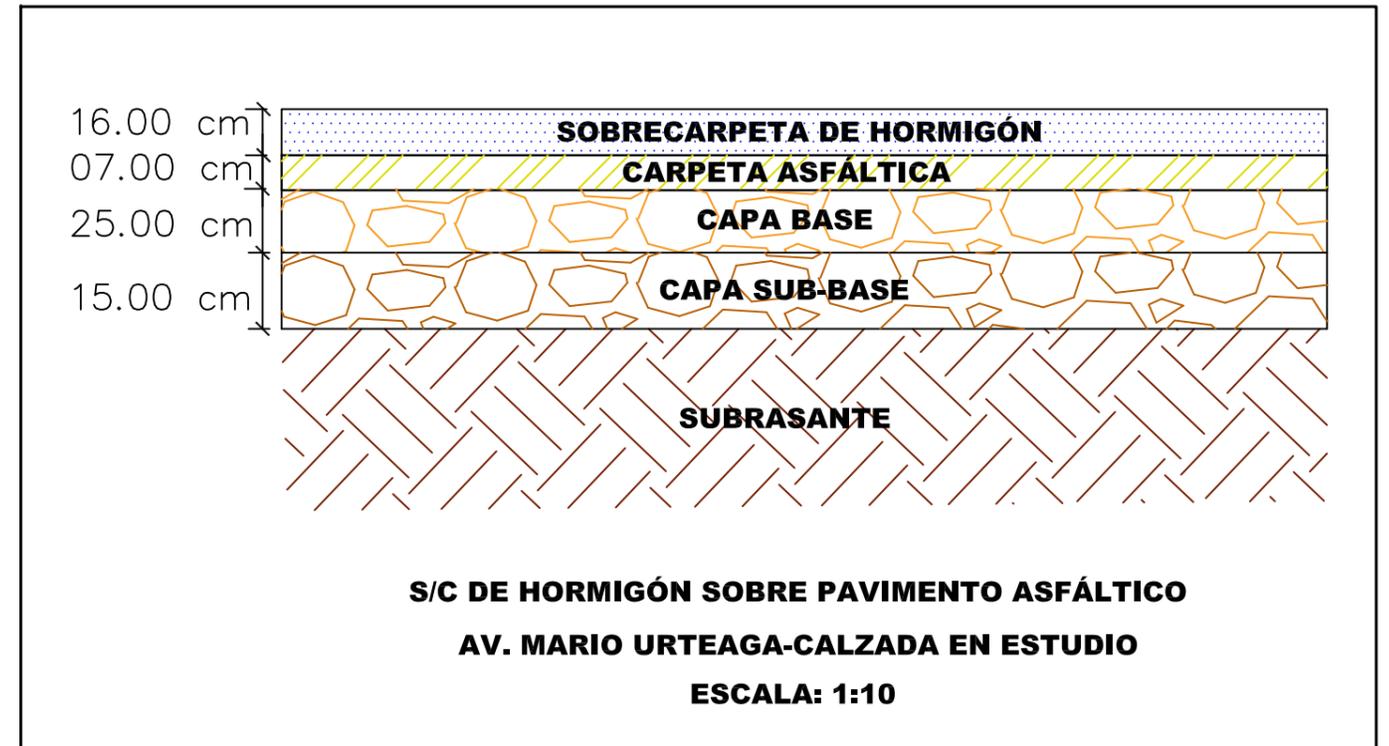
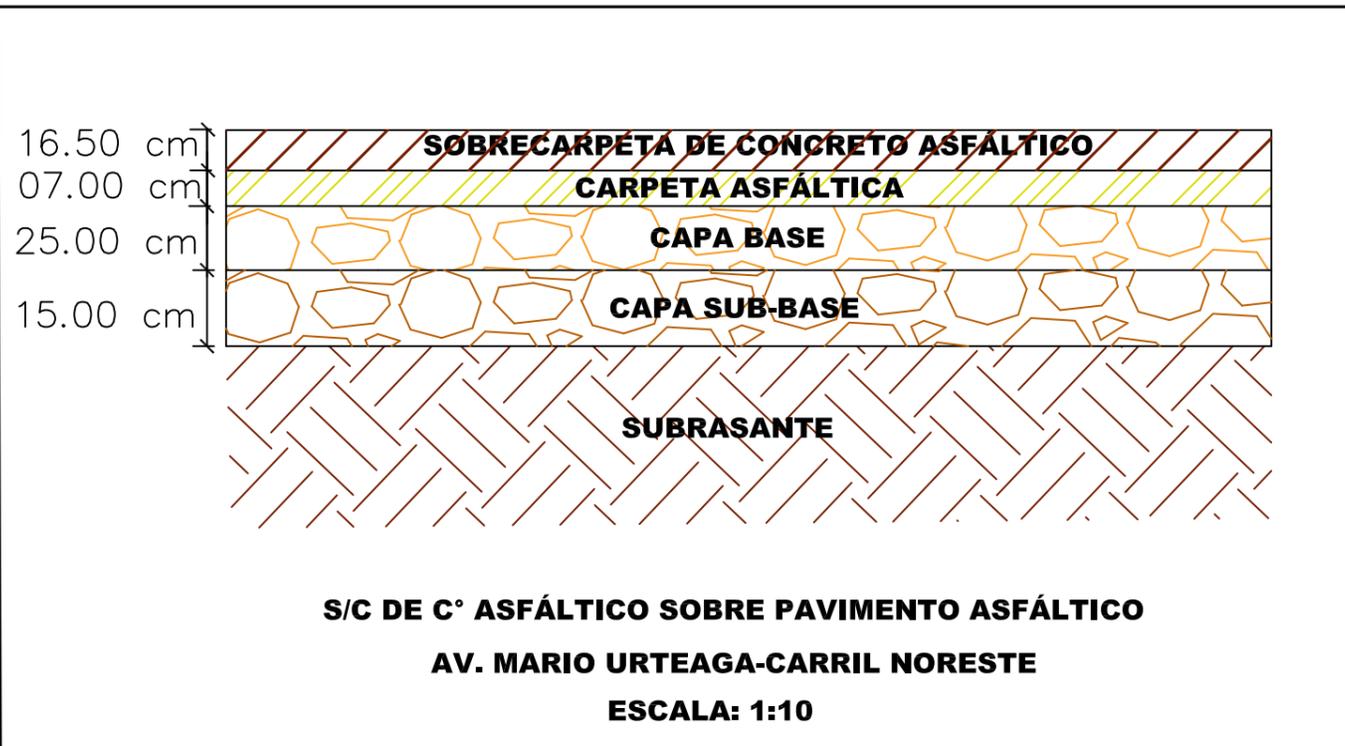
PROYECTO: "OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE SOBRECAPAS DE REFUERZO PARA LA: AV. MARIO URTEAGA-CARRIL NORESTE (ENTRE ÓVALO EL INCA Y JR. CUMBE MAYO) DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA, 2016"

PLANO: **UNIDADES DE MUESTRA MÉTODO PCI**

TESISTA: BACH. ING. WALTER EDUARDO MALAVER VARGAS	FECHA: SEPTIEMBRE 2017	LAMINA: <b>UM-02</b>
ASESOR: M en I. HÉCTOR PEREZ LOAYZA	ESCALA: 1: 500	DISEÑO CAD: W. MALAVER V.

***ANEXO 11***

***PLANO DE ESPESORES OBTENIDOS PARA LAS SOBRECARPETAS***



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**



PROYECTO: "OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE SOBRECAPAS DE REFUERZO PARA LA:  
 AV. MARIO URTEAGA-CARRIL NORESTE (ENTRE ÓVALO EL INCA Y JR. CUMBE MAYO) DE  
 LA CIUDAD DE CAJAMARCA, 2016"

PLANO: **ESPESORES OBTENIDOS PARA SOBRECARPETAS DE RFZO.**

TESISTA:	BACH. ING. WALTER EDUARDO MALAVER VARGAS	FECHA:	SETIEMBRE 2017	LAMINA:	<b>E-01</b>
ASESOR:	MCS. ING. HÉCTOR PEREZ LOAYZA	ESCALA:	INDICADA	DISEÑO CAD:	