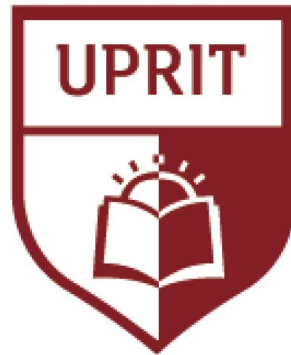


**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**CONTROL DE CALIDAD DE LA SUBRASANTE EN LA PAVIMENTACIÓN  
DE LA AV. FRANCISCO BOLOGNESI CDRAS. 1, 2, 3, 4, Y 5 EN LA  
PROVINCIA Y DISTRITO DE ASCOPE, LA LIBERTAD, 2020**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL GRADO  
ACADÉMICO DE BACHILLER EN INGENIERÍA CIVIL**

**AUTOR:**

**ALVARO BECERRA, CRISTIAN EDUARDO**

**ASESOR:**

**ING.MG. DURAND BAZÁN, ENRIQUE**

**TRUJILLO – PERÚ  
2021**

## RESUMEN

El desarrollo del siguiente trabajo sobre “la Pavimentación de la Av. Francisco Bolognesi – Ascope” dará las pautas a seguir en el control de la calidad en obra de las capas de materiales que conforman la estructura del pavimento, así como comprender el funcionamiento y comportamiento de un pavimento flexible. Se iniciará dando una descripción de las distintas capas que conforman el pavimento, la función de cada uno de ellos, los distintos tipos de asfalto que se pueden utilizar en este tipo de pavimento y qué ensayos o métodos de control de calidad hay para pavimentos.

Además, pretende servir como documento introductorio al área de la calidad en la construcción, específicamente de carreteras. Mostrando ideas básicas acerca de la calidad.

La presente investigación consta de cuatro capítulos, en los cuales se ha englobado los aspectos más importantes de los métodos y ensayos de calidad de las capas de pavimentos flexibles.

En el Capítulo I hemos iniciado con una reseña histórica acerca del pavimento. Seguidamente, se da a conocer la formulación del problema, así como el motivo por el cual se ha realizado la investigación (su justificación), además se mencionan los objetivos que se pretenden alcanzar al finalizar la investigación. Finalizando con una introducción a los términos básicos de pavimentos, calidad, etc. los cuales serán base de nuestro estudio.

En el Capítulo II se explicará de manera detallada los aspectos relacionados a los métodos y ensayos para el control de calidad. Además, entre los aspectos que podemos mencionar se encuentran: las variables que influyen en la construcción del pavimento y, por consiguiente, en su calidad además de su estudio: normas para ejercer el control de calidad, finalizando en la proposición y elaboración de un plan de control de la calidad de un proyecto de pavimentación.

En el Capítulo III indicaremos los resultados propuestos para los métodos y ensayos correctos en el proyecto de pavimentación; así como las ventajas y beneficios que este trae consigo, técnicas y estadísticas a emplear en la presente investigación.

En el Capítulo IV, mostramos las conclusiones obtenidas a partir del desarrollo de la investigación, así como recomendaciones acerca de los aspectos estudiados, para realizar un trabajo más efectivo con respecto a la calidad en el diseño de un pavimento flexible.

## ABSTRACT

The development of the following work on "the Paving of Francisco Bolognesi Avenue - Ascope" will give the guidelines to follow in the quality control on site of the layers of materials that make up the structure of the pavement, as well as to understand the operation and behavior of a flexible pavement. It will start by giving a description of the different layers that make up the pavement, the function of each one of them, the different types of asphalt that can be used in this type of pavement and what tests or quality control methods there are for pavements.

In addition, it is intended to serve as an introductory document to the area of quality in construction, specifically of roads. Showing basic ideas about quality.

This research consists of four chapters, in which the most important aspects of quality methods and tests of flexible pavement layers have been included.

In Chapter I we have started with a historical review about the pavement. Then, the formulation of the problem is presented, as well as the reason why the research has been carried out (its justification), and the objectives to be achieved at the end of the research are mentioned. Finishing with an introduction to the basic terms of pavements, quality, etc. which will be the basis of our study.

In Chapter II will be explained in detail the aspects related to methods and tests for quality control. In addition, among the aspects that we can mention are: the variables that influence in the construction of the pavement and therefore, in its quality in addition to its study: norms to exert the quality control, finalizing in the proposal and elaboration of a plan of quality control of a project of paving.

In Chapter III we will indicate the proposed results for the correct methods and tests in the paving project; as well as the advantages and benefits that this brings, techniques and statistics to be used in the present investigation.

In Chapter IV, we show the conclusions obtained from the development of the research, as well as recommendations about the studied aspects, to carry out a more effective work regarding the quality in the design of a flexible pavement.

---

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>I. CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN</b> .....	6
<b>1.1 Realidad problemática</b> .....	6
<b>1.2 Formulación del problema</b> .....	7
<b>1.3 Justificación</b> .....	7
<b>1.4 Objetivos</b> .....	7
<b>1.4.1 Objetivo General</b> .....	7
<b>1.4.2 Objetivos Específicos</b> .....	8
<b>1.5 Antecedentes</b> .....	8
<b>1.6 Bases Teóricas</b> .....	11
<b>1.6.1 Ubicación Geográfica</b> .....	11
<b>1.6.2 Definición de Pavimento</b> .....	11
<b>1.6.3 Estructura del Pavimento Asfáltico o Flexible</b> .....	13
<b>1.6.4 Tipos de estructuración de los Pavimentos Flexibles</b> .....	15
<b>1.6.5 Descripción de cada capa de un Pavimento Flexible según su funcionalidad</b> ...	16
<b>1.6.6 Factores que influyen en el diseño de los Pavimentos Flexibles</b> .....	18
<b>1.6.7 Definición de Calidad</b> .....	24
<b>1.6.8 Control de Calidad y Aseguramiento de la Calidad</b> .....	25
<b>1.6.9 Ensayos para el control de calidad</b> .....	26
<b>1.6.10 Consideraciones finales acerca del pavimento</b> .....	28
<b>1.7 Definición de variables</b> .....	28
<b>1.8 Formulación de la hipótesis</b> .....	30
<b>II. CAPÍTULO II: MATERIALES Y METODOLOGÍA</b> .....	30
<b>2.1 Material de estudio</b> .....	30
<b>2.1.1 Población</b> .....	30
<b>2.1.2 Muestra</b> .....	32
<b>2.2 Técnicas, procedimientos e instrumentos</b> .....	32
<b>2.2.1 Para recolectar datos</b> .....	32
<b>2.2.2 Para procesar datos</b> .....	33
<b>2.3 Operacionalización de variables</b> .....	34
<b>III. CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	35
<b>3.1 Estudio de Mecánica de Suelos</b> .....	35
<b>3.2 Costos y Presupuesto</b> .....	37
<b>IV. CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES</b> .....	38
<b>V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	38
<b>ANEXOS</b> .....	41

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	<b>Camino con Estructura de Pavimento Flexible .....</b>	<b>12</b>
<b>Figura 2.</b>	<b>Camino con Estructura de Pavimento Rígido .....</b>	<b>13</b>
<b>Figura 3.</b>	<b>Diagrama de una estructura de pavimento .....</b>	<b>14</b>
<b>Figura 4.</b>	<b>Av. Francisco Bolognesi Cdras. 1, 2, 3, 4 y 5.....</b>	<b>31</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b>	<b>Tabla de Operacionalización de Variables .....</b>	<b>34</b>
<b>Tabla 2.</b>	<b>Costos de Ensayos de Mecánica de Suelos .....</b>	<b>37</b>

**Título: “Control de calidad de la subrasante en la pavimentación de la Av. Franciso Bolognesi cdra. 1, 2, 3, 4, y 5 en la provincia y distrito de Ascope - La Libertad”**

## **I. CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN**

### **1.1 Realidad problemática**

Según el autor, la importancia del buen estado y el uso correcto de los materiales, cobran relevancia una vez conocidas las implicaciones que estos tienen en términos de seguridad, economía, rapidez y comunicación. No cabe duda de que el desarrollo económico y social de las comunidades ha estado siempre vinculado al mejoramiento de los sistemas de transporte. Las comunidades tienen un crecimiento exponencial en varios aspectos, tales como: en lo cultural, social y económico, a medida que exista la posibilidad de comunicarse y trasladarse. Lo anteriormente mencionado, nos indica que el crecimiento de una región puede verse limitada por insuficiencia de medios de comunicación o transporte.

Según el autor, con el pasar del tiempo, los países desarrollados han notado de que es indispensable una buena gestión de infraestructura para el desarrollo tanto económico como social de cualquier comunidad o región, debido a esto su preocupación por dicha operación ha tomado gran relevancia. El elemento básico dentro de la infraestructura vial es el pavimento, es la estructura que recibe todas las cargas de tránsito y clima y las traspa a la sub-rasante, repartidas de manera que puedan ser soportadas sin sufrir deformaciones.

La provincia de Ascope, en el contexto regional es importante por su vocación productiva, con énfasis en la actividad agro industrial, con la presencia de dos importantes ingenios azucareros que dinamizan la vida en la provincia, con efectos e impactos en la Región La Libertad y el país (Slideshare, 2016)

De acuerdo a las proyecciones del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), la Red vial Nacional estará pavimentada al 100% en el 2021. Si bien actualmente se tienen un 75% de avance, es necesario tomar en cuenta qué es lo más conveniente para pavimentar las vías que permitirán integrar al país.

Según el autor, la constante búsqueda de un transporte eficiente y eficaz de pasajeros, turismo y productos nos impulsa a llevar un mejor control de calidad sobre los materiales con los que se construyen los caminos y carreteras por donde transitan millones de usuarios

diariamente. Es por ello que en las obras viales durante todo su proceso constructivo es de suma importancia verificar las propiedades de cada uno de los materiales empleados y el desempeño de su combinación al conformar las distintas capas del pavimento.

Según el autor, en la provincia de Ascope debido al paso del tiempo, existe un agrietamiento y deformaciones en los pavimentos de las principales avenidas y calles, lo cual promueve y facilita los accidentes de tránsito. Es por eso, que se plantea estudiar, analizar y determinar una guía de calidad de diseño de pavimentos flexibles para poder reducir la tasa de accidentes de tránsito diarios y mejorar la transitabilidad de la misma.

## **1.2 Formulación del problema**

¿Cuál es el control de calidad de la subrasante en la pavimentación de la Av. Francisco Bolognesi cdra 1, 2, 3, 4 y 5 de la provincia y distrito de Ascope, La Libertad?

## **1.3 Justificación**

La calidad de pavimentación de las principales avenidas de la provincia de Ascope es mala, se evidencia con los accidentes, problemas de tránsito a diario, por lo cual es necesario una guía para el aseguramiento de la calidad del mismo.

Por su relevancia social, esta investigación se realiza con el fin de proporcionar información sobre los ensayos y métodos para dicho procedimiento, para así poder evitar un mal diseño de los pavimentos en futuras obras de carreteras y pavimentación. Con respecto a las normas que rigen los ensayos de laboratorio se utilizará la ASSTHO.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

Determinar el control de calidad de la subrasante en la pavimentación de la Av. Francisco Bolognesi cdra 1, 2, 3, 4, y 5 en la provincia y distrito de Ascope – La Libertad

### 1.4.2 Objetivos Específicos

- Determinar el contenido de humedad óptima en laboratorio y/o en el terreno (in situ)
- Describir en qué momento se aplican las pruebas de control de calidad para la subrasante en la pavimentación de la Av. Francisco Bolognesi
- Determinar el grado de compactación de cada punto a realizar a lo largo de todo el tramo a trabajar
- Identificar los ensayos y equipos necesarios que deben utilizarse como parte del proceso de control de calidad de la subrasante en la pavimentación de la Av. Francisco Bolognesi

### 1.5 Antecedentes

En opinión del investigador, el control de calidad hoy en día es un aspecto importante como la fabricación o construcción del producto mismo. El volumen de tráfico cada vez mayor en las carreteras y la creciente demanda de los pavimentos más fuertes, más duraderos y más seguros han llevado a la búsqueda de nuevos materiales para pavimentos, procedimientos de diseño, mayor control de calidad y soluciones más rentables.

En el trabajo, hemos recurrido a distintas fuentes informativas referentes a nuestro tema de investigación para poder tener como antecedentes las distintas problemáticas, análisis y conclusiones que se realizaron. Algunas de las fuentes informativas fueron las siguientes:

(Cooper, 2010), en su tesis presentada para optar el título profesional de Ingeniero Civil denominada “Control de calidad en obra del material usado en la construcción de la estructura del pavimento flexible”, tuvo como objetivodar pautas a seguir en el control de la calidad del material para cualquier proyecto de construcción de vías con pavimento flexible. Abarcó el material de préstamo importado para la subrasante y cada componente de la estructura del pavimento las cuales son: el material de mejoramiento con suelo seleccionado, sub base, base granular, base asfáltica. La vía importante para la Provincia de Manabí, se ha convertido en punto turístico, por esta razón la vía se encontraba en mal estado y surgió la necesidad de rehabilitarla. Como resultado se obtuvo lo siguiente:



- Al material de préstamo importado se le controló la calidad desde la fuente del material, al material transportado a obra y después de la compactación. Se controló en la fuente aunque el tema de tesina se enfoca en la inspección en obra, debido a que este proviene de la explotación del macizo rocoso de una cantera y no de una planta dosificadora. Para el control de calidad al material en la fuente se realizó los ensayos a la cantera seleccionada en la obra, y del análisis se observó que esta no cumplía con los parámetros establecidos por lo que se rechazó tal cantera y se procedió a hacer una nueva selección entre otras canteras haciéndoles los ensayos ya nombrados a lo largo de la tesina y como resultado se terminó escogiendo la Cantera Las Cañitas. Luego este material se transportó a obra y nuevamente fue analizando comando muestras en las abscisas 0+780 y 10+040, donde se obtuvo datos aceptables según las normas, aprobando su utilización. Una vez que el material se ha colocado y compactado, se verificó por medio de ensayos de densidad de campo que el material mantiene un grado de compactación adecuado y en ningún momento el material estuvo sobre-compactado.
- Al material de hormigón asfáltico se le controló la calidad en obra a la mezcla transportado y a la mezcla compactada. Para el control de calidad a la mezcla transportado, se verificó la temperatura con la que llega la mezcla, la cual estuvo en su mayoría por encima de los 120°C, como indica el diseño. En algunos casos llegó con una temperatura menor a esta pero no inferior a los 100°C por lo que se procedió a la inmediata colocación y compactación para que el material no se endurezca. Para el control a la mezcla compactada se verificó la composición de la mezcla y su grado de compactación.

Este antecedente se considera en la presente investigación para establecer el procedimiento para el control de calidad en las diferentes capas de la estructura del pavimento, ya que resalta la importancia de la evaluación de capa cada y el material usado en cada una de ellas.

(Carlos, 2007), en su tesis presentada para optar el título profesional de Ingeniero Civil denominada “Control de Calidad en la evaluación de pavimentos asfálticos existentes”, tuvo como objetivo dar los alineamientos necesarios para comprender el funcionamiento y comportamiento de un pavimento asfáltico, así como conocer las distintas capas de materiales que conforman la estructura del pavimento. Asimismo, dar una guía de pasos a seguir en el momento de evaluar el estado de un pavimento asfáltico existente. Como resultado se obtuvo lo siguiente:

- Conocer las capas que integran la estructura un pavimento asfáltico, los materiales que la forman, los parámetros que se utilizaron al diseñar el pavimento y las caras que actualmente afectan al mismo, son factores esenciales que se deben conocer al evaluar el comportamiento de un pavimento bajo ciertas circunstancias.
- La determinación del número estructural requerido y del número estructural aportado por un pavimento proporcionan un índice confiable para determinar el estado en que se encuentra un pavimento.
- La identificación de los distintos de fallas que pueden aparecer en un pavimento asfáltico proporcionan información importante de cómo se está comportando un pavimento.

Este antecedente se considera en la presente investigación para establecer las diferencias y semejanzas de las fallas en pavimentos flexibles y asfálticos; así como el control de calidad para los mismos.

(Ángel, 2006), en su tesis presentada para optar el título profesional de Ingeniero Civil denominada “Guía para el control y el aseguramiento de la calidad de construcción de pavimentos flexibles elaborado con mezclas asfálticas en caliente en El Salvador”, tuvo como objetivo servir de documento de guía o referencia bibliográfica, en la realización del control y el aseguramiento de la calidad, en la construcción de pavimentos flexibles elaborados con mezclas asfálticas en caliente. Asimismo, sirve como documento introductorio al área de la calidad en la construcción, específicamente de carreteras. Como resultado se obtuvo lo siguiente:

- Se debe considerar que la calidad es una inversión que reporta ganancias a corto y largo plazo, ya que esta ayuda a evitar la construcción de elementos defectuosos que generar pérdidas y que implican recursos que no son aprovechables y que, por el contrario, hasta para deshacerse de ellos es necesario un gasto adicional.
- El control de la calidad no es un procedimiento que intenta detener los avances en el proceso, sino mas bien, corregir y eliminar causas de calidad indeseable en él.
- Los ensayos a los materiales, su conocimiento y aplicación si bien es cierto, ayudan en la determinación de la calidad, influyendo en cierta manera en la calidad del pavimento; no

conforman la totalidad de las formas de control de la calidad en la construcción de un pavimento, ya que también influyen aspectos como el análisis estadístico de sus resultados, la inspección tanto de las obras como de la maquinaria y equipo, formas de evaluación de capacidad de personal, entre otros.

Este antecedente se considera en la presente investigación para establecer las diferentes capas estructurales de un pavimento flexible, de tal manera que tengamos un amplio conocimiento de la variedad de materiales con las que puede ser pavimentado una vía. Asimismo, podamos determinar cuál será más económica y con mayores beneficios tanto para la empresa a cargo de esa obra como para los mismos pobladores y usuarios.

## **1.6 Bases Teóricas**

### **1.6.1 Ubicación Geográfica**

Según el portal de información turística enPERÚ (2015), el distrito de Ascope se localiza en la costa norte del Perú, región La Libertad, Provincia de Ascope, al noreste de la ciudad de Trujillo a unos 59 km.

Su extensión territorial es de 298.80 km<sup>2</sup> y sus límites son: Al norte con el distrito de Casa Grande y la provincia de Contumazá (Cajamarca), al sur con el distrito de Chicama, al este con el distrito de Chicama y la provincia de Contumazá (Cajamarca) y al oeste con el distrito de Casa Grande. La zona presenta topografía llana y ondulada en la parte alta.

### **1.6.2 Definición de Pavimento**

Para esta parte me referiré a las definiciones de la tesis de Jorge V. (1993):

Un pavimento puede definirse como la capa o conjunto de capas de materiales apropiados, comprendida(s) entre el nivel superior de las terracerías (subrasante) y la superficie de rodamiento, cuyas principales funciones son las de proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, de color y textura apropiados, resistente a la acción del tránsito, a la del intemperismo y otros agentes perjudiciales; así como de transmitir adecuadamente los esfuerzos a la subrasante, de modo que esta no se deforme de manera perjudicial.

La clasificación de pavimentos está sujeta a las técnicas de clasificación. Históricamente, los pavimentos han sido divididos en dos categorías: Flexibles y Rígidos.

- **Pavimentos Flexibles:**

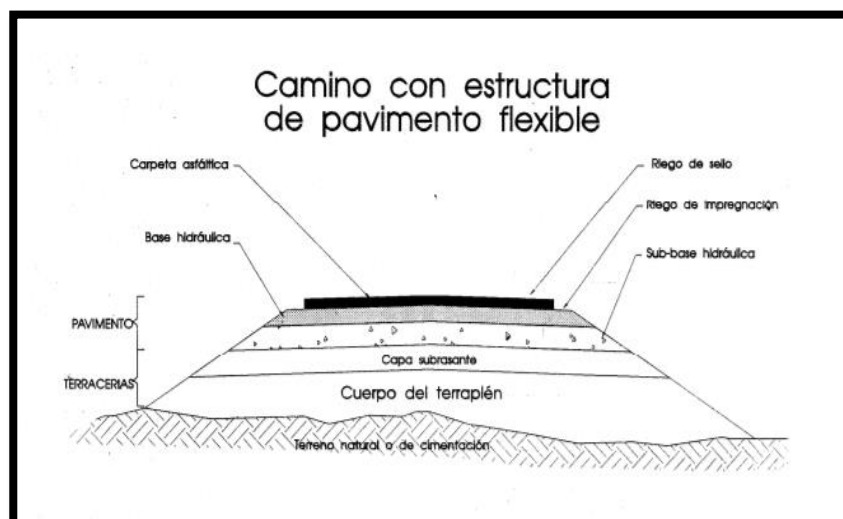
Consisten de una superficie de desgaste o carpeta relativamente delgada construida sobre unas capas (base y sub-base), apoyándose este conjunto sobre la subrasante compactada, de manera que la sub-base, base y superficie de desgaste o carpeta son las componentes estructurales de este tipo de pavimento.

- **Pavimentos Rígidos:**

Consisten en una losa de concreto y pueden o no tener una capa sub-base entre la losa y la subrasante.

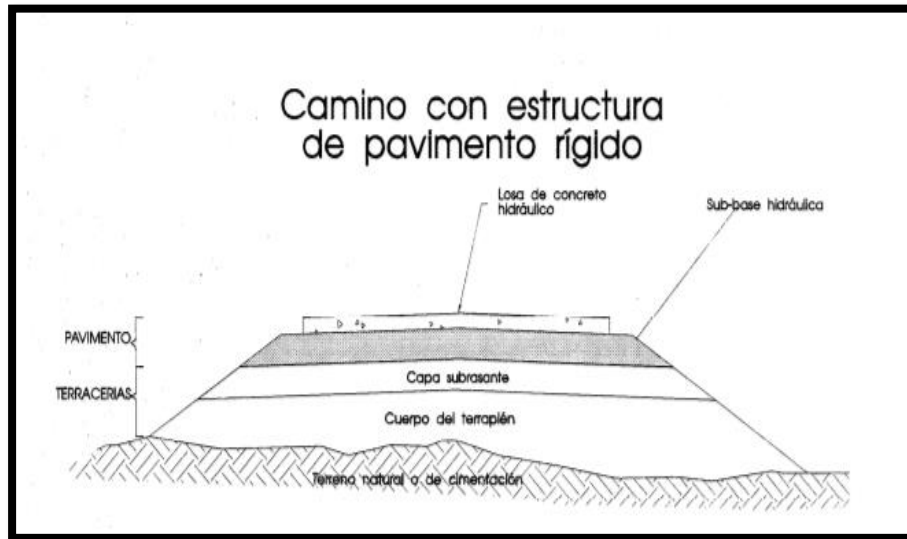
A parte de los tipos de pavimentos ya citados existe actualmente el llamado semirrígido que es, esencialmente, un pavimento flexible a cuya base se le ha dado una rigidez alta por la adición de cemento o asfalto.

**Figura 1. Camino con Estructura de Pavimento Flexible**



**Figura 1. Sección transversal de la estructura de un pavimento flexible. Tomado de Google Imágenes**

**Figura 2. Camino con Estructura de Pavimento Rígido**



**Figura 2. Sección Transversal de la estructura de un pavimento rígido. Tomado de Google Imágenes**

### 1.6.3 Estructura del Pavimento Asfáltico o Flexible

Para esto me referiré a las definiciones del Libro de Pavimentos UNI – Perú (2015):

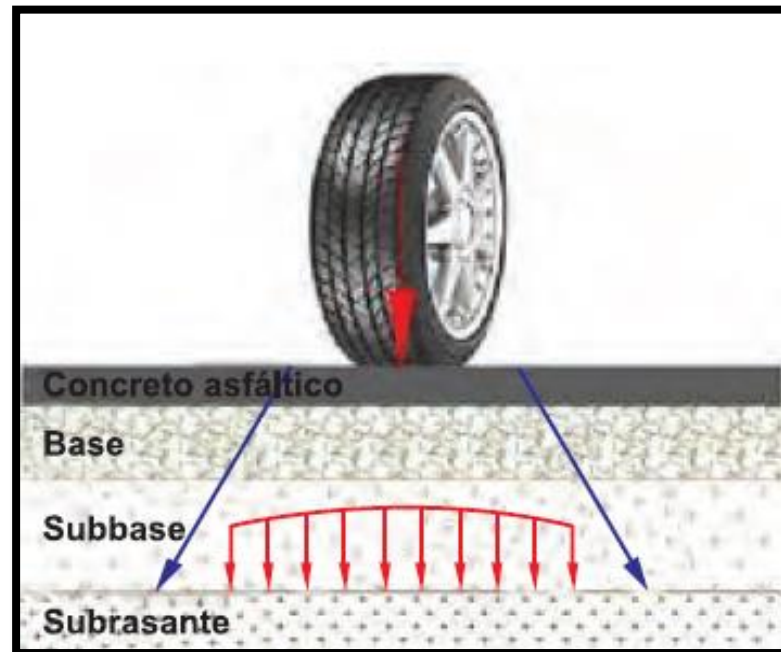
La estructura que se apoya sobre el terreno de fundación o subrasante, y que está conformado por capas de materiales de diferentes calidades y espesores, que obedecen a un diseño estructural, se denomina Pavimento. La estructura del pavimento está destinada a soportar las cargas provenientes del tráfico.

Tradicionalmente, los métodos de diseño de pavimentos, han sido empíricos; es decir, que la experiencia representaba un papel importante. Se requería que el ingeniero tuviese muchos años en el área para, de alguna manera, poder interpretar los resultados de las investigaciones de campo y realizar el diseño.

Los pavimentos asfálticos están conformados por una carpeta asfáltica apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la sub base. No obstante, puede prescindirse de cualquiera de estas capas dependiendo de las necesidades particulares

del proyecto. La distribución típica de las capas que conforman la estructura del pavimento se grafica en la siguiente figura:

**Figura 3. Diagrama de una estructura de pavimento**



**Figura 3. Guía de pruebas de laboratorio y muestre en campo para la verificación de calidad de materiales de un pavimento asfáltico (2011)**

Según la Revista de Ingeniería de Construcción (1988), se distinguen tres tipos generales de estructuración:

- Pavimentos flexibles con capas estructurales de mezclas asfálticas que aportan capacidad de soporte al total de la estructura.
- Pavimentos flexibles cuyas capas asfálticas (tratamientos asfálticos) no aportan capacidad de soporte a la estructura.
- Pavimentos flexibles compuesto solo por capas granulares.

Por lo general, estos pavimentos están formados por una carpeta de rodado, base, subbase y material sub-rasante.

## **1.6.4 Tipos de estructuración de los Pavimentos Flexibles**

Para esto me referiré a las definiciones de la revista de Ingeniería de Construcción (1988):

### **1.6.4.1 Pavimentos estructurados en base a capas granulares**

Esta estructuración, es básicamente utilizada en caminos de bajo tránsito y representa la estructuración más económica. Su vida útil termina cuando su costo de mantenimiento excede al costo de elevar su estándar a la estructura siguiente.

### **1.6.4.2 Pavimentos estructurados en base a capas asfálticas que no aportan estructuras**

Esta estructuración considera, de arriba hacia abajo, un tratamiento superficial asfáltico, base estabilizada, sub-base granular y material de sub-rasante. El total del aporte estructural está dado por las capas granulares. El tratamiento superficial permite un buen comportamiento de ellas, evitando su erosión debido al tránsito e impermeabilizándolas de las aguas superficiales. Evitar que las capas granulares sean influenciadas por la humedad, permite mantener en mejor forma su estabilidad (módulo resiliente). En definitiva, esta estructuración se puede considerar la más estable a los efectos climáticos.

### **1.6.4.3 Pavimentos estructurados en base a capas asfálticas de un espesor importante**

Este tipo de estructuración ha sido divulgado ampliamente en todo el mundo y su uso está generalizado en nuestro país. Tuvo un gran avance tecnológico después de los estudios obtenidos en la pista de prueba de la AASHTO en Illinois U.S.A.

Se menciona en este grupo una estructuración que ha sido propuesta y patentada por el Instituto de Asfalto Norteamericano, llamada "Full Depth". En ella se contempla sólo capas asfálticas sobre el terreno natural,

considerando un concreto asfáltico para rodado y mezclas de base asfálticas directamente sobre el suelo de fundación.

### **1.6.5 Descripción de cada capa de un Pavimento Flexible según su funcionalidad**

#### **1.6.5.1 Sub – Rasante o Terreno Natural**

Según la reseña presentada por la Universidad Técnica Particular de Loja (2018), la función de la sub – rasante es resistir las cargas que el tránsito transmite al pavimento, transmitir y distribuir las cargas al cuerpo del terraplén, es decir, la cimentación de los pavimentos. También sirve para economizar los espesores de pavimento, evitar que los materiales finos plásticos del cuerpo del terraplén contaminen al pavimento y que sea absorbido por las terracerías.

Entre mejor calidad se tenga en esta capa el espesor del pavimento será más reducido y habrá un ahorro en costos sin mermar la calidad.

Generalmente es el terreno natural en la cual se apoya toda la estructura del pavimento, es decir que no forma parte de la estructura en sí.

#### **1.6.5.2 Sub – Base**

Para esta parte me referiré a las definiciones de la tesis de Jorge V. (1993):

Para muchos, una de las principales funciones de esta capa en un pavimento flexible es de carácter económico. Se trata de formar el espesor requerido del pavimento con el material más barato posible. Todo el espesor podría construirse con un material de alta calidad, como el usado en la base, pero se prefiere hacer aquella más delgada y sustituirse en parte por una sub-base de menor calidad, aún cuando esto traiga consigo un aumento en el espesor total del pavimento, pues, naturalmente cuanto menor sea la calidad del material colocado será mayor el espesor necesario para soportar los esfuerzos transmitidos.



Sus funciones son las de:

- Resistir las cargas de tránsito y transmitir las adecuadamente a las terracerías.
- Sirve de transición entre el material de base, generalmente granular más o menos grueso y la propia subrasante. La sub - base, más fina que la base, actúa como filtro de esta e impide su incrustación en la sub - rasante.
- También se coloca para absorber deformaciones perjudiciales en la sub - rasante, por ejemplo, cambios volumétricos asociados a cambios de humedad, impidiendo que se reflejen en la superficie del pavimento.
- Actúa como dren para desalojar el agua que se infiltre a través de las capas superiores, y para impedir la ascensión capilar hacia la base, de agua procedente a la terracería.

### **1.6.5.3 Base**

Según Jorge V. (1993), Hasta cierto punto existe en la base una función económica análoga a la comentada para el caso de la sub - base, pues permite reducir el espesor de la carpeta que viene a ser la capa más costosa. Pero la función fundamental de esta capa consiste en proporcionar un elemento resistente que transmita a la sub - base y a la sub - rasante los esfuerzos producidos por el tránsito en una intensidad apropiada. La base en muchos casos debe también drenar el agua que se introduzca a través de la carpeta o por los acotamientos del pavimento, así como impedir la ascensión capilar.

### **1.6.5.4 Carpeta Asfáltica**

Según Jorge V. (1993), La carpeta asfáltica debe de proporcionar una superficie de rodamiento adecuada con textura y color convenientes y resistir los efectos abrasivos del tráfico hasta donde sea posible ya que estará en contacto directo con él; además debe impedir hasta cierta medida el paso del agua a las capas inferiores.

### **1.6.6 Factores que influyen en el diseño de los Pavimentos Flexibles**

Para esta parte me referiré a las definiciones de la tesis de Jorge V. (1993):

Considerando a un pavimento flexible como un conjunto, se tienen que tomar en cuenta para su diseño, no importando el método, los siguientes factores:

#### **1) La Resistencia Estructural**

Para esta parte me referiré a las definiciones de la tesis de Jorge V. (1993):

La metodología teórica para el análisis de la resistencia de un pavimento es proporcionada por la mecánica de suelos y es sabido, que, en ese campo, las teorías de falla de mayor aceptación por hoy son las de el esfuerzo cortante; como consecuencia, en el estudio de los pavimentos flexibles suele considerarse a los mismos esfuerzos como la principal causa de falla desde el punto de vista estructural.

Las teorías de capacidad de carga de la mecánica de suelos suelen referirse a medios homogéneos e isotrópicos; la heterogeneidad en la estructura de los pavimentos flexibles, así como su anisotropía, conducen a una primera incertidumbre en el planteamiento teórico de resistencia.

Además de los esfuerzos cortantes actúan en los pavimentos, esfuerzos adicionales producidos por la aceleración y frenado de los vehículos y esfuerzos de tensión que se desarrollan en los niveles superiores de la estructura, a cierta distancia del área cargada, cuando esta se deforma verticalmente hacia abajo. De hecho, el problema de la resistencia plantea en general en relación con la estructura de los materiales del pavimento, pues, aunque los materiales de la terracería sean de peor calidad, el espesor protector que el propio pavimento representa hace los esfuerzos que llegan a aquellos niveles alcancen valores inferiores a la carga requerida para la falla de los suelos.

La determinación de la resistencia de los materiales que constituyen un pavimento es un problema difícil y no resuelto satisfactoriamente, influye en él, no solo el tipo

de suelo y su tratamiento, sino también su interacción con los efectos de la intemperie, de los que la variación del contenido de agua es seguramente el más importante. Este contenido es necesario para el proyecto, que suele tender a definir la resistencia en esa condición crítica. Esta es otra de las incertidumbres básicas de diseño, que se ha resuelto a base de hipótesis más o menos justificadas por la experiencia, como considerar que el suelo llegará a saturarse, adquirirá una humedad de equilibrio, mantendrá la humedad óptima de compactación u otra próxima a ella.

Otro factor que influye substancialmente en la resistencia de los materiales es el tipo de carga que se les aplica y la velocidad con que ello se hace. Los pavimentos están sujetos a cargas móviles y los efectos de estas son menos conocidos y diferentes que los de las cargas estáticas; esto es otra fuente de incertidumbre que se ha tratado de resolver en los análisis teóricos, admitiendo que las cargas actuales son de tipo estático. En las pruebas de laboratorio y en los métodos de diseño en ellas fundados, la situación en un poco más realista, pues si bien las pruebas se realizan con cargas estáticas o con velocidades de aplicación muy lentas, su correlación para la obtención de normas de criterio se hace con el comportamiento real de los pavimentos bajo cargas móviles.

En resumen, la resistencia de los materiales que forman los pavimentos interesa desde dos puntos de vista:

- En cuanto a la capacidad de carga que pueden desarrollar las capas constituyentes del pavimento para soportar adecuadamente las cargas del tránsito.
- En cuanto a la capacidad de carga de la capa subrasante, que constituye el nexo de unión entre el pavimento y la terracería, para soportar los esfuerzos transmitidos y transmitir, a su vez, esfuerzos a la terracería a niveles convenientes.

Ambos puntos son de primordial importancia en la selección de los materiales que deben constituir las diferentes capas de pavimento.

## 2) La Deformabilidad

Para esta parte me referiré a las definiciones de la tesis de Jorge V. (1993):

En los pavimentos las deformaciones interesan como es usual en la Ingeniería, desde dos puntos de vista: por un lado, porque las deformaciones excesivas están asociadas al estado de falla y, por otro lado, porque es bien sabido que un pavimento deformado puede dejar de cumplir sus funciones, independientemente que las deformaciones no hayan conducido a un colapso estructural propiamente dicho.

Las cargas de tránsito producen en el pavimento, deformaciones de varias clases. Las elásticas son de recuperación instantánea y las plásticas que son aquellas que permanecen en el pavimento después de cesar la causa deformadora.

La deformación elástica repetida preocupa sobre todo en los materiales con resistencia a la tensión, colocados en la parte superior de la estructura, en los que puede llegar a generar falla por fatiga si el monto de la deformación es importante y los materiales susceptibles.

Bajo carga móvil y repetida la deformación plástica tiene a hacerse acumulativa y puede llegar a alcanzar valores inadmisibles.

Existe hoy una fuerte corriente de opinión en el sentido de que la deformabilidad de los pavimentos flexibles es un punto básico a considerar y, de hecho, un buen número de métodos de diseño se centran en mantenerla en límites tolerables. El señalar estos límites se basa en normas de experiencia de grupos de Ingenieros.

Otro problema importante radica en medir la deformación que el pavimento va a sufrir realmente bajo la carga. Este problema debe considerarse en dos fases:

- Primero, la estimación de las deformaciones elásticas, que es posible hacer con razonable precisión una vez conocidos los materiales que constituirán el pavimento, obteniendo su módulo de deformación por medio de alguna de las diversas pruebas de campo que hoy existen (pruebas de placa) y que pueden realizarse sobre terraplenes de prueba en las condiciones consideradas críticas.

- La segunda base del problema de medición de deformaciones se refiere a las plásticas, efecto acumulativo de la carga repetida. Este aspecto se ha atacado con criterios puramente empíricos cuyo aprovechamiento por los métodos de diseño requiere de extrapolaciones experimentales; por ejemplo, la diversidad de las cargas se refiere a una carga única, llamada estándar, resultado de estudios estadísticos en tramos experimentales o carreteros, sometidos a la acción del tránsito real o clasificado.

Se intenta que la carga estándar, tome en cuenta el efecto de la repetición, pues al definirla se ha correlacionado su propio efecto destructivo con el que causarían las cargas reales de sus repeticiones respectivas. Una vez fijado el tránsito “de análisis”, lo que suele hacerse actualmente en todos los métodos de diseño que toman en cuenta estas cuestiones es prefijar con base experimental, una deformación permanente máxima y el pavimento de diseño de manera que ésta se presente únicamente al fin de la vida útil prevista.

Existen dos criterios para fijar la deformación máxima permisible; o bien se habla de la que produce la falla del camino, atendiendo por ésta la condición en la que el pavimento llega a perder las características de servicio para las que fue diseñado (criterio AASTHO) o bien se toma en cuenta la deformación que obligue a una reconstrucción de determinada importancia económica.

### **3) La Durabilidad**

Para esta parte me referiré a las definiciones de la tesis de Jorge V. (1993):

La durabilidad está ligada con una serie de factores económicos y sociales del propio camino.

En un camino de muy alto tránsito y gran importancia económica se requerirán pavimentos muy duraderos a fin de no tener que recurrir a costosas interrupciones de un tránsito importante.

Una vez fijado el criterio que proporcionan la duración deseada en el pavimento, surgen muchas incertidumbres de carácter práctico para lograrla; ya se ha mencionado que el efecto del clima y del tránsito dista de estar bien establecido,

de manera que su influencia en la vida del pavimento no puede definirse con exactitud.

Consecuentemente, los autores no conocen ningún método de diseño que tome en cuenta los requisitos de durabilidad de un modo cuantitativo, racional e independiente del sentimiento particular.

#### **4) El Costo**

Para esta parte me referiré a las definiciones de la tesis de Jorge V. (1993):

Como toda estructura ingenieril un pavimento representa un balance entre la satisfacción de requisitos de resistencia y estabilidad en general por un lado y el costo, por otro. Un diseño correcto será el que llegue a satisfacer los necesarios requerimientos del servicio a costo mínimo.

Naturalmente para lograr el equilibrio podrán seguirse una gran cantidad de posibles líneas de conducta y de aquí emana uno de los aspectos de diseño más inciertos y de los que demandan mayor criterio.

De hecho, la primera disyuntiva se tiene al elegir el tipo de pavimento a emplear en cada caso; los pavimentos rígidos, flexibles o semirrígidos son ventajosos o inconvenientes según los casos, hablando comparativamente. En general, los pavimentos rígidos demandan poco gasto de conservación y se deterioran poco, pero su costo de construcción es alto y están circunscritos a la disponibilidad de los materiales necesarios y a un equipo de construcción especializado.

Los pavimentos flexibles requieren menor inversión inicial, pero una conservación más costosa. Los semirrígidos pueden constituir soluciones económicas cuando los materiales de que se dispone para la construcción los hacen convenientes, pues permiten muy apreciables reducciones en los espesores. No hay reglas fijas que permitan establecer el tipo de pavimento conveniente en cada caso y el punto deberá establecerse en cada situación en particular.

Elegido el tipo de pavimento, deberán seleccionarse los materiales que intervendrán en su estructura. Es posible que estos se ofrezcan en abundancia y

que el problema estribe en establecer su selección idónea, pero también es posible que carezcan a tal grado que obliguen al proyecto del pavimentado en su conjunto a adaptarse a los que existan.

Otro de los factores que intervienen en forma decisiva en los costos de un pavimento y para que cuya definición no existan tampoco reglas fijas confiables en lo relativo a las normas de construcción que han de sujetarse los diferentes materiales para cumplir con los requerimientos de un proyecto determinado, es la compactación, ya que, incluye un gran número de incertidumbres importantes que han de resolverse sobre la marcha en base a la experiencia y el sentido común de los proyectistas y constructores.

### **5) Los Requerimientos de Conservación**

Para esta parte me referiré a las definiciones de la tesis de Jorge V. (1993):

Una gran cantidad de incertidumbres de las que se plantean en la práctica de los pavimentos tiene que ver con su conservación. Los factores que influyen decisivamente en la vida de los pavimentos y que el proyecto ha de tomarlos en cuenta para su previsión, a fin de dejar a la conservación una tarea razonable son los siguientes:

- Los factores climáticos, la intensidad del tránsito; se trata de prever el crecimiento futuro, tanto del número como del tipo de vehículos circulantes.
- El futuro comportamiento de las terracerías, sus deformaciones, derrumbes, saturaciones locales, etc.
- Las condiciones de drenaje y subdrenaje de la vía terrestre. El proyecto de estos elementos debe considerarse en muchas ocasiones como formando parte del diseño del pavimento, pues forma con él un todo integral inseparable.
- La degradación estructural de los materiales constituidos por carga repetida, ya mencionado es otro aspecto importante a reflejarse en los requerimientos de conservación. Aunque existen en la actualidad algunas

pruebas orientadoras en relación al comportamiento de los materiales a este respecto, son muchas las dudas que podrán presentarse en cualquier caso particular; es fundamental que sean resueltas con buen juicio y experiencia, pues es un hecho comprobado que los descuidos en este terreno se reflejan rápidamente en una conservación costosa y aún en la necesidad de reconstrucciones.

## **6) La comodidad**

Para esta parte me referiré a las definiciones de la tesis de Jorge V. (1993):

Los problemas y los métodos de los pavimentos deben verse afectados por la comodidad que el usuario requiere para transitar a la velocidad del proyecto especialmente en grandes autopistas y caminos de primer orden. Evidentemente dentro de este requisito quedan incluidos otros muchos, de los que la seguridad es el más importante; la estética y su efecto en las reacciones psicológicas del conductor merece también consideración.

Las deformaciones longitudinales de un pavimento, por ejemplo, pueden constituir un atentado contra la comodidad, independientemente de que desde un punto de vista estrictamente mecánico, representen poco o nada de deficiencia estructural o riesgo de falla. En caminos de especificaciones altas, el proyectista deberá elevar su nivel de exigencia, haciendo intervenir en su criterio consideraciones de esta índole, que no figuran en otros caminos más modestos, en que menores velocidades de operación o intensidad de tránsito hacen estos problemas menos críticos.

### **1.6.7 Definición de Calidad**

Para esta parte me referiré a las definiciones de la investigación de Yenifer G. y Leomaris Z. (2015):

Es el conjunto de acciones que permiten mantener las características preestablecidas de un producto. La calidad de cualquier obra depende de muchos factores como: El cumplimiento de las especificaciones Elección correcta de los materiales Procedimientos constructivos adecuados Calidad de la mano de obra Utilización de maquinaria idónea



Un plan de control de calidad adecuado si se evalúa oportunamente la calidad de todos los procesos, esto permite que, al momento de ejecutar un proyecto, se pueda tomar acciones de corrección y dar soluciones precisas a problemas o errores cometidos durante el proceso de bacheo; o de cualquier otro proceso constructivo. Pero no basta con sólo conocer el término de calidad, sino saber cómo es que se controlará, por lo que se necesita un proceso y una planeación de lo que será el Control de Calidad, y esto comprenderá todo el conjunto de procedimientos que permitan conseguir un producto con características uniformes y de acuerdo a un diseño preestablecido.

De acuerdo a lo anterior, es necesario saber que, en el medio, ya se utilizan dos conceptos también utilizados internacionalmente, ya que son fundamentales para entender con un enfoque moderno el documento. Estos son: Control de calidad (conocido por sus siglas inglesas Q.C. que significan Quality Control) Verificación o aseguramiento de calidad (conocido por sus siglas inglesas Q. A. que significan Quality Assurance) Obtener obras de calidad, requiere el empleo de técnicas apropiadas de Control de Calidad/Aseguramiento de la Calidad (QC/QA).

### **1.6.8 Control de Calidad y Aseguramiento de la Calidad**

Para esta parte me referiré a las definiciones de la investigación de Yenifer G. y Leomaris Z. (2015):

#### **1.6.8.1 Control de Calidad**

El Control de Calidad normalmente se refiere a los ensayos necesarios para controlar un producto y así determinar la calidad del producto que se está elaborando. Estos ensayos son usualmente llevados a cabo por el constructor, ya que este los requiere para asegurarse a sí mismo que el producto o sus partes cumplan con sus expectativas de acuerdo a la responsabilidad contractual que ha contraído con el propietario.

#### **1.6.8.2 Aseguramiento de la Calidad**

El Aseguramiento de calidad por otra parte, se refiere normalmente a aquellos ensayos requeridos para tomar una decisión sobre la aceptación de un

producto, y por lo tanto asegurarse que el mismo está siendo evaluado efectivamente de acuerdo a lo que el propietario ha requerido.

Para que el control de calidad del contratista y el aseguramiento del control de calidad del supervisor del propietario, puedan interactuar adecuadamente, deben existir una serie de elementos que fijen las reglas del juego, que definan de manera coherente los límites de acción de cada uno de los actores involucrados, a esta serie de elementos se les define en la práctica como: Sistema de Control de Calidad, el cual se explica a continuación.

### **1.6.9 Ensayos para el control de calidad**

Según Yenifer G. y Leomaris Z. (2015), preliminarmente en todo diseño de una estructura de pavimento se requiere el conocimiento básico de la características y resistencias o capacidades soportantes del suelo donde se llevará a cabo la construcción de este pavimento, de manera que pueda resistir los esfuerzos y deformaciones para un tránsito previsto, que de otro modo deberán analizarse opciones de mejoramiento o estabilización que lo hagan resistente. Por lo tanto se describen en este trabajo de investigación los ensayos más importantes que permiten obtener dicha información.

Para esta parte me referiré a las definiciones de la investigación de Yenifer G. y Leomaris Z. (2015):

- **Granulometría por tamizado para suelos**

Este ensayo consiste en la clasificación del terreno natural para compararlo con la clasificación de materiales de suelos, de acuerdo con las normas ASTM D 422 / AASHTO T 88.

- **Límites de Atterberg**

Estos ensayos junto con la granulometría por tamizado se requieren para la clasificación del suelo, en este caso su consistencia con respecto al contenido de humedad. A estos contenidos de humedad en los puntos de transición de un estado

al otro son los denominados límites de Atterberg, de acuerdo con las normas ASTM D 4318/ AASTHO T 89:

- ✓ **Límite líquido:** el suelo pasa de un estado semilíquido a un estado plástico y es posible moldearse.
- ✓ **Límite plástico:** el suelo pasa de un estado plástico a un estado semisólido y se produce el rompimiento.
- ✓ **Límite de retracción o contracción:** estado en que el suelo pasa de un estado semisólido a un estado sólido y deja de contraerse al perder humedad, según ASTM D 427/ AASHTO T 92.

- **Relación de humedad y densidad (Proctor Estándar y/o Proctor Modificado)**

Mediante esta prueba se puede determinar la compactación o densidad máxima de un suelo o agregado en relación con su contenido de humedad. Existen dos tipos de ensayo Proctor normalizados: Ensayo Proctor Estándar, de acuerdo con las normas ASTM D 698 / AASTHO T 99, método C y el Ensayo Proctor Modificado, de acuerdo con las normas ASTM D 1557 / AASTHO T 180, método D. La diferencia entre ambos ensayos radica en la distinta energía utilizada, debido al mayor peso del pisón y mayor altura de caída en el Proctor Modificado.

- **CBR en laboratorio**

Determina la capacidad soportante del suelo (Relación de Soporte de California, por sus siglas en Ingles), de acuerdo con las normas ASTM D 1883 / AASHTO T 193, en el cual se mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo (subrasante), sub base y/o base granular de un pavimento, bajo condiciones controladas de humedad y densidad.

- **CBR in situ o ensayo de Anillo de carga**

Realizado únicamente en la subrasante y sirve para correlacionarlo con el CBR en laboratorio.

La solicitud de estos ensayos se establece de acuerdo con las especificaciones de cada proyecto (cartel de licitación), por lo general de los ensayos anteriormente descritos se requerirán al menos los establecidos en la Tabla 1 para el análisis de la subrasante.

Al diseñar un pavimento será necesario conocer las cargas del tránsito que soportará durante un periodo establecido de vida útil, y de esta forma determinar si los materiales escogidos y los espesores de diseño tendrán la capacidad estructural para soportar dichos esfuerzos. Sin embargo, el análisis y determinación de ese procedimiento queda fuera del alcance de este documento.

#### **1.6.10 Consideraciones finales acerca del pavimento**

Establecer una documentación precisa en la parte final del proceso es de importancia para respaldar mediante documentos, la calidad obtenida en el resultado de la construcción. Debemos tener en cuenta que en esta parte del proceso solamente es necesario conocer la respuesta del pavimento conforme a las características que trabajará; ya que las demás propiedades, tanto de los materiales como de los procesos anteriores, se han venido chequeando en su respectivo momento. Corregir la calidad en este momento, representaría un problema, debido a que la calidad ya se ha establecido o concretado y querer corregirla implicaría invertir en gastos de demolición, desalojo y reproceso. Razón por la cual se debe enfocar mayor esfuerzo en el control de la calidad al inicio de la obra y durante las actividades de construcción. Y no al final, cuando se tiene el producto terminado.

#### **1.7 Definición de variables**

- **Topografía**

Es la disciplina o técnica que se encarga de describir de manera detallada la superficie de un terreno. (Definicion.de)

- **Carpeta Asfáltica**

Es la parte superior del pavimento flexible que proporciona la superficie de rodamiento, es elaborada con material pétreo seleccionado y un producto asfáltico dependiendo del tipo de camino que se va a construir. (Ingenieriacivilapuntes.blogspot)

- **Pavimento**

Es la estructura de las vías de comunicación terrestre, formada por una o más capas de materiales, que tiene como función permitir el tránsito de vehículos con seguridad, comodidad y costo óptimo de operación (Es.slideshare.net)

- **Control de Calidad**

Consiste en la implantación de programas, mecanismos, herramientas y/o técnicas en una empresa para la mejora de la calidad de sus productos, servicios y productividad. (Debitoor.es)

- **Pavimento flexible**

Es aquel cuya estructura total se deflecta o flexiona. Este tipo de pavimento es de amplio uso en zonas de tráfico y se caracteriza por tener una capa bituminosa en la parte superior. (Ecured.cu)

- **Mecánica de Suelos**

Es la disciplina que se ocupa de la aplicación de las leyes de la mecánica y la hidráulica a los problemas geotécnicos del terreno, estudia las propiedades, el comportamiento y la utilización del suelo como material estructural. (Arcus-global.com)

- **Resistencia**

Es un término que se aplica a la capacidad física que tiene un cuerpo de aguantar una fuerza de oposición por un tiempo determinado, sea esta fuerza cualquier agente externo al cuerpo que intente impedir la finalización de esta labor. (Es.calameo.com)

- **Distrito de Ascope**

Se localiza en la costa norte del Perú, región La Libertad, Provincia de Ascope, al noreste de la ciudad de Trujillo. (Enperu.org)

## **1.8 Formulación de la hipótesis**

Se realizará el control de calidad de la Av. Francisco Bolognesi cdra. 1, 2, 3, 4 y 5c on la finalidad de que cuenten con el grado de compactación adecuado asegurando la correcta y óptima transitabilidad de los ciudadanos y vehículos, tomando en cuenta la muestra del suelo del terreno a analizar utilizando los ensayos de densidad de campo: Proctor modificado y Cono de Arena.

¿Cuál es el control de calidad de la subrasante en la pavimentación de la Av. Francisco Bolognesi cdra. 1, 2, 3, 4 y 5 distrito y provincia de Ascope, La Libertad?

## **II. CAPÍTULO II: MATERIALES Y METODOLOGÍA**

### **2.1 Material de estudio**

#### **2.1.1 Población**

El distrito de Ascope es uno de los ocho distritos de la Provincia de Ascope, ubicada en el Departamento de la Libertad, bajo la administración del Gobierno regional de La Libertad, Perú. Cuenta con una población de 6462 habitantes.

El tramo de, aproximadamente, 1 km de la calle Francisco Bolognesi cerca de la plaza de armas, distrito de Ascope, 2020.

**Figura 4. Av. Francisco Bolognesi Cdras. 1, 2, 3, 4 y 5**



**Fuente: Google Earth**

### 2.1.2 Muestra

Esta investigación tiene una técnica de muestreo no probabilístico porque es aquel donde cada elemento de la población no tiene la misma probabilidad de pertenecer a la muestra y también es de conveniencia porque es la persona quien realiza la investigación.



## 2.2 Técnicas, procedimientos e instrumentos

### 2.2.1 Para recolectar datos

- **TÉCNICA**

Las técnicas de recolección de información básica para la presente investigación se obtendrán de los ensayos experimentales de laboratorio de mecánica de suelos, cumpliendo con las normas correspondientes para cada ensayo que nos ayudará a obtener resultados veraces.

- **INSTRUMENTO**

En la presente investigación utilizamos las muestras de suelo para analizarlas en el laboratorio. Primero se clasificaron los datos obtenidos en los ensayos, luego se tabulan y ordenan en el formato de Excel. Por último, se obtendrá un resultado que determine la calidad de la capa del pavimento a analizar.



- **PROCEDIMIENTO**

El procedimiento de trabajo tendrá tres partes: primero se realizará una excavación de 12 cm para rescatar las muestras de la capa del pavimento a analizar. Luego se procederá a realizar el ensayo de cono de arena y a tomar una muestra para realizar el ensayo Proctor Modificado en el laboratorio de Mecánica de Suelos. Finalmente, con los datos obtenidos, determinamos la calidad de la infraestructura del pavimento.

En el anexo N° 02 – 03 se muestra el ensayo de densidad de campo realizado en el laboratorio de Mecánica de Suelos.

También se muestra el ensayo Proctor Modificado rescatando los valores obtenidos en el análisis. En el anexo N° 01 se muestra el ensayo de Proctor Modificado.

### 2.2.2 Para procesar datos

- **TÉCNICA**

La presente investigación es de diseño no experimental por lo tanto se usará el método estadístico cuantitativo de estadística descriptiva, porque permite obtener el procesamiento y muestras de datos.

- **INSTRUMENTO**

Los instrumentos serán los formatos y tablas que nos permitirán interpretar y analizar los datos.

- **PROCEDIMIENTO**

Para obtener la información del suelo del terreno a analizar, se realizarán ensayos de densidad de campo. El ensayo de cono de arena se realizó in situ, mientras que el ensayo proctor modificado se realizó en el laboratorio con ayuda de las muestras rescatadas del suelo del terreno a analizar.

Luego de ello, con los datos obtenidos, se completará el formato de Ensayos de Campo, y también se calculará el grado de compactación de cada punto, en lo cual nos apoyaremos en las tablas de Excel.

### 2.3 Operacionalización de variables

**Tabla 1. Tabla de Operacionalización de Variables**

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	TIPO DE VARIABLE
Control de calidad y grado de compactación de la Av. Francisco Bolognesi cdras. 1, 2, 3, 4 y 5, distrito y provincia de Ascope, La Libertad, 2020	Realizando el control de calidad de la calle Francisco Bolognesi determinamos el grado de compactación, y por ende, la resistencia del suelo y otras características que permitan una óptima transitabilidad.	Se realizará trabajos de reconocimiento del terreno, muestreos, recolección de información, además con esta investigación se mejorará calidad de vida del pavimento, optimizará la transitabilidad de la vía.	Estudio de suelos	Proctor Modificado	Discreta
				Densidad de Campo: Método del cono de arena	Discreta
			Costos	Alquiler de equipo	Continua
				Transporte y comida	
				Hospedaje	

### III. CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Estudio de Mecánica de Suelos

Si no es ejecutado correctamente, podría hacer colapsar a un edificio o vivienda. Por ello, en toda obra arquitectónica o de ingeniería moderna, ya sea edificios o viviendas, es de vital importancia e imprescindible la realización de un estudio de suelos. El cual es un documento suscrito por un especialista reconocido y acreditado en mecánica de suelos.

El estudio de suelos nos permite dar a conocer las características tanto físicas y mecánicas de la misma, tales como:

- La humedad
- La profundidad
- El tipo de cimentación más adecuado para la obra a construir
- Los asentamientos de la estructura en la relación al peso que va a soportar

Por lo tanto, para la elaboración de este trabajo de investigación sobre el control de calidad de suelos, se realizaron los siguientes ensayos, los cuales vamos a detallar a continuación:

- **Ensayo Proctor Modificado**

La resistencia de un suelo depende de qué tan compacto esté. Es decir, qué tan juntos se encuentran los granos del suelo, a tal punto de no encontrar espacios vacíos. Esta a su vez depende de la cantidad de agua que contiene, ya que el agua contenida en el suelo lubrica los granos y les permite deslizarse los unos sobre los otros más fácilmente, pero solo una cantidad exacta de esta facilita su movilidad.

Habiendo mencionado lo anterior, el ensayo Proctor tiene la finalidad de determinar la cantidad de humedad óptima de un suelo que permite la mejor compactación para una energía dada.

El ensayo Proctor cuenta con dos variantes: el Estándar o Normal regido por la norma ASTM D 698 y el Modificado, por la norma ASTM D 1557. Ambos tienen como objetivo

encontrar la humedad y densidad óptima, su diferencia radica en el procedimiento de los mismos (número de capas, golpes por capa, peso del pisón y la altura de caída del pisón).

La elección del método está dada por la especificación propia de cada proyecto, pero a manera general dependerá de la energía de compactación requerida. El proctor Estándar corresponde a una energía de compactación media, como la de un terraplén; mientras que el proctor Modificado corresponde a una energía de compactación más importante como la que se requiere en la subrasante o en las capas que conforman la estructura de un pavimento.

Precisamente, con el ensayo Proctor Modificado es que se obtiene la curva de Humedad Vs Peso Unitario Seco, y este proceso nos permite ver que a medida que aumenta la humedad, aumenta el peso unitario seco hasta que llega un punto máximo en el que estas variables empiezan a caer nuevamente. Este punto máximo se conoce como el contenido de humedad óptimo y peso unitario seco máximo.

En el Anexo 01 se puede observar cómo de los 4 ensayos realizados, a través de fórmulas y expresiones matemáticas, se obtiene el porcentaje de humedad y el valor de densidad seca máxima. De esta manera llenamos los datos en la tabla de Excel para graficar la curva de compactación y determinamos que el ensayo N° 03 es el punto máximo.

- **Densidad de Campo In Situ: Método del cono de arena**

Una vez encontrado los valores del contenido óptimo de humedad y el peso unitario seco máximo en el laboratorio, ahora ¿cómo verificamos que estos datos se reflejen en obra (in situ)?

Entonces para verificar que estos valores obtenidos en el laboratorio se cumplan en la obra, se realizan ensayos in situ de tal manera que cumplan con las especificaciones técnicas. Es por ello que se tiene que verificar el Grado de Compactación y el Contenido de Humedad.

Siendo el Grado de Compactación como mínimo 95% de la densidad seca máxima obtenida en el ensayo Proctor. Y el contenido de Humedad Óptima debe contar con un margen del  $\pm 3\%$  respecto del contenido de humedad. Esto se debe realizar de tal manera que ambos valores cumplan con las especificaciones técnicas.

En los anexos 02, 03, 04 y 05 se observa el grado de compactación por encima o igual que el 95% cumpliendo así con los valores obtenidos en el laboratorio y asimismo con las especificaciones técnicas.

### 3.2 Costos y Presupuesto

Para el presente trabajo de investigación se determinaron 3 variables que influyen directamente en los costos, de las cuales la más importante se desarrolla a continuación:

- **Alquiler de equipos y herramientas**

Tanto para ensayos de laboratorio como para ensayos de campo o in situ, se tuvo que alquilar equipos y herramientas para proporcionar una mejor recolección de datos e inspección de muestras. No solo garantizó una mayor efectividad en los resultados, sino que también facilitó el trabajo al momento de realizar los ensayos estando en la obra.

**Tabla 2. Costos de Ensayos de Mecánica de Suelos**

Ensayos Estándar de Suelos				
	Descripción	Precio S/.	ASTM	NTP - Otros
<b>Ensayos en Laboratorio</b>	Proctor Modificado	160 soles	ASTM D 1557: Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort	NTP 339.141: Suelos. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada
<b>Ensayos In Situ</b>	Densidad de campo: Cono de Arena	50 soles por punto	-	NTP 339.143

#### IV. CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES

- El contenido óptimo de humedad no solo determina la máxima densidad seca del suelo, sino también es una de las principales características para explicar el comportamiento del suelo. Para el presente trabajo de investigación se usó el Speedy, el cual permitió obtener el contenido de humedad de la muestra de suelo in situ, de tal manera que nos facilitó el cálculo y obtención del correcto grado de compactación necesario para los diferentes tramos a lo largo de la Av. Francisco Bolognesi.
- Para empezar con el proceso de control de calidad, primero se obtuvieron muestras de la subrasante y posteriormente, fueron llevadas al laboratorio y mediante el ensayo Proctor Modificado se pudo determinar el contenido óptimo de humedad y la densidad seca máxima de la misma. Ambos factores permiten conocer en qué estado se encuentra el suelo en la que será realizada la pavimentación. Finalmente, para comprobar que los valores que se obtuvieron en el laboratorio se reflejen en el campo, se realizó el ensayo de densidad de campo y speedy, asegurando que los valores de grado de compactación sean mayores a 95% y contenido de humedad  $\pm 3\%$  de tal manera que cumplan con las especificaciones técnicas.
- La compactación de suelos ayuda a mejorar la resistencia del mismo, de tal manera que extienda la vida útil de las vías terrestres. En el presente trabajo de investigación, se obtuvo el grado de compactación de cada tramo a lo largo de la Av. Francisco Bolognesi, a través del ensayo de densidad de campo y speedy, además se usó plantillas en Excel para facilitar y asegurar el correcto desarrollo de las fórmulas en los cálculos; asimismo, el grado de compactación en cada tramo cumplió con las especificaciones técnicas al ser su valor mayor a 95%.
- Los ensayos y equipos que se utilizaron para poder realizar el proceso de control de calidad en la subrasante son el ensayo Proctor Modificado para determinar el contenido óptimo de humedad y la densidad seca máxima del suelo, el ensayo de densidad de campo y speedy para confirmar que los valores que se obtuvieron en el laboratorio se reflejan en el campo, de tal manera que cumplan con las especificaciones técnicas.

#### V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Julian, P. y Maria, M. (2008). Topografía. Recuperado el 07 de noviembre de 2020, de <https://definicion.de/topografia/>

- Jack, B. (2009). Descripción Carpeta Asfáltica. Recuperado el 07 de noviembre de 2020, de <http://ingenieriacivilapuntes.blogspot.com/2009/05/descripcion-carpeta-asfaltica.html>
- Wikipedia (2014). Pavimento. Recuperado el 07 de noviembre de 2020, de <https://es.wikipedia.org/wiki/Pavimento>
- Debitoor (s.f.). Control de Calidad. Recuperado el 07 de noviembre de 2020 de <https://debitoor.es/glosario/definicion-control-calidad>
- EcuRed (s.f.). Pavimento Flexible. Recuperado el 07 de noviembre de 2020 de [https://www.ecured.cu/Pavimento\\_flexible](https://www.ecured.cu/Pavimento_flexible)
- Studocu (2017). Funciones de base, sub-base, subrasante y material de mejoramiento. Recuperado el 07 de noviembre de 2020 de <https://www.studocu.com/ec/document/universidad-tecnica-particular-de-loja/suelos-y-rocas/apuntes/funciones-de-base-subbase-subrasante-y-material-de-mejoramiento/4880533/view>
- Jorge, V. (1993). Generalidades y Definiciones sobre los pavimentos. Recuperado el 07 de noviembre de 2020 de <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/2944/Capitulo2.pdf>
- Blogspot (2014). Tipos de Fallas en Pavimento Flexible. Recuperado el 07 de Noviembre de 2020 de <http://fallasenpavimentoflexible.blogspot.com/2014/05/tipos-de-fallas-en-pavimento-flexible.html>
- Sdot.pcm (2006). Estudio de Diagnóstico y Zonificación para el tratamiento de demarcación territorial de la provincia de Ascope. Recuperado el 07 de noviembre de 2020 de <http://sdot.pcm.gob.pe/wp-content/uploads/2016/06/ascope.pdf>
- EnPeru (2015). Ascope. Recuperado el 07 de noviembre de 2020 de <https://www.enperu.org/la-libertad/distrito-ascope-region-la-libertad-peru>
- Slideshare (2006). Diseño Moderno de Pavimentos Asfálticos. Recuperado el 07 de noviembre de 2020 de <https://es.slideshare.net/soyeralex/libro-de-pavimentos-2015uniperu>

- Rocío, C. (2018). Diseño del Pavimento Flexible para la Av. Morales Duárez, de la vía expresa Línea Amarilla en la ciudad de Lima. Perú: Universidad Nacional Federico Villarreal, Facultad de Ingeniería Civil. Tesis para optar el título profesional de Ingeniería Civil.
- Daniel, P. (2011). Control de Calidad y Seguimiento a los materiales utilizados en la estructura del Pavimento Flexible. Bolivia: Universidad Pontificia Bolivariana, Facultad de Ingeniería Civil. Tesis para optar el título profesional de Ingeniería Civil.
- Cooper, A, Odin, G., y Daniel, R. (2010). Control de calidad en obra del material usado en la construcción de la estructura del Pavimento Flexible. Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería de Ciencias de la Tierra. Tesina de Seminario previa a la obtención del título de Ingeniero Civil



## ANEXOS

### ANEXO 01: ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

## ENSAYO DE LABORATORIO

**PROYECTO** : "CONTROL DE CALIDAD DE LA SUBRASANTE EN LA PAVIMENTACIÓN DE LA AV. FRANCISCO BOLOGNESI CDRAS. 1,2,3,4 Y 5, DISTRITO Y PROVINCIA DE ASCOPE, LA LIBERTAD"

**UBICACIÓN** : ASCOPE - LA LIBERTAD

**SOLICITANTE** : CRISTIAN ALVARO

**FECHA DE ENTREGA** : OCTUBRE DEL 2020

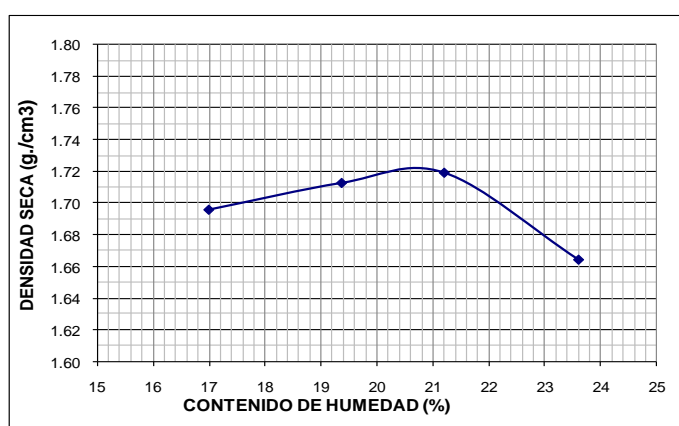
### ENSAYO PROCTOR MODIFICADO ASTM D-1557

#### IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

CANTERA : -

MUESTRA : TERRENO NATURAL

Nº DE ENSAYO	1	2	3	4
Peso md de+Suelo Húmedo (g.)	5,850.00	5,907.00	5,944.00	5,919.00
Peso del Md de (g.)	3977.00	3977.00	3977.00	3977.00
Peso Suelo Húmedo (g.)	1873.00	1930.00	1967.00	1942.00
V olúmen del md de (cm3)	944.00	944.00	944.00	944.00
Densidad Suelo humedo (g./cm3)	1.984	2.044	2.084	2.057
Número de Tarro	1	2	3	4
Peso Tarro +Suelo húmedo (g.)	307.00	290.00	295.00	312.00
Peso Tarro + Suelo Seco (g.)	282.00	265.00	267.00	278.00
Peso Tarro (g.)	135.00	136.00	135.00	134.00
Peso del agua (g.)	25.00	25.00	28.00	34.00
Peso de suelo seco (g.)	147.00	129.00	132.00	144.00
Humedad promedio ( % )	17.007	19.380	21.212	23.611
Densidad Seca (g./cm3)	1.696	1.713	1.719	1.664



Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante.  
Muestra tomada e identificada por el Solicitante

MÉTODO:	A
NÚMERO DE CAPAS:	5
NÚMERO DE GOLPES:	25
DSM (g./cm³)	1.719
OCH ( % )	21.2

DATOS DEL MOLDE	
Nº:	I
PESO(g.):	3977.0
VOL ÚMEN(cm3):	944.0

Fuente: Elaboración propia en Laboratorio

**ANEXO 02: DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO DE ARENA)**

## ENSAYO DE CAMPO

**PROYECTO** : "CONTROL DE CALIDAD DE LA SUBRASANTE EN LA PAVIMENTACIÓN DE LA AV. FRANCISCO BOLOGNESI CDRAS. 1, 2, 3, 4, Y 5, PROVINCIA Y DISTRITO DE ASCOPE, LA LIBERTAD, 2020"

**UBICACIÓN** : ASCOPE - LA LIBERTAD

**SOLICITANTE** : CRISTIAN ALVARO

**FECHA** : OCTUBRE DEL 2020

### DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO DE ARENA)

ASTM D-1556

#### IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

CANTERA : -

MUESTRA : TERRENO NATURAL N° CAPA: SUBRASANTE

IDENTIFICACIÓN	CDRA. 1 CALLE FRANCISCO BOLOGNESI PUNTO - 1	CDRA. 1 CALLE FRANCISCO BOLOGNESI PUNTO - 2	CDRA. 1 CALLE FRANCISCO BOLOGNESI PUNTO - 3	CDRA. 2 CALLE FRANCISCO BOLOGNESI PUNTO - 4
UBICACIÓN/ PROGRESIVA	KM 0 + 000	KM 0 + 080	KM 0 + 100	KM 0 + 000
PROFUNDIDAD DEL HUECO	12 cm.	12 cm.	12 cm.	12 cm.
PESO DE LA ARENA + FRASCO (g)	6318.00	6345.00	6279.00	6272.00
PESO DE ARENA QUE QUEDA + FRASCO (g)	2570.00	2481.00	2382.00	2377.00
PESO DE ARENA EN CONO Y PLACA (g)	1530.00	1530.00	1530.00	1530.00
DENSIDAD DE LA ARENA (g/cm <sup>3</sup> )	1.44	1.44	1.44	1.44
PESO ARENA EN HUECO (g)	2218.00	2334.00	2367.00	2365.00
VOLUMEN DEL HUECO (cm <sup>3</sup> )	1540.28	1620.83	1643.75	1642.36
PESO MUESTRA HUMEDA EXCAVADA (g)	2766.00	2935.00	2957.00	3012.00
PESO MATERIAL > 3/4" (g)	0.00	198.00	0.00	0.00
PESO MATERIAL < 3/4" (g)	2766.00	2737.00	2957.00	3012.00
VOLUMEN DE GRAVA (cm <sup>3</sup> )	0.00	79.20	0.00	0.00
VOLUMEN MATERIAL < 3/4" (cm <sup>3</sup> )	1540.28	1541.63	1643.75	1642.36
DENSIDAD HUMEDA MATERIAL < 3/4" (g/cm <sup>3</sup> )	1.796	1.775	1.799	1.834
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D 4944)</b>				
PESO DE TARA (g.)	20.5	20.5	20.5	20.5
PESO SUELO HUMEDO (g.)	26.0	26.0	26.1	26.0
CONTENIDO DE HUMEDAD (SPEEDY) (%)	9.60	9.00	9.20	9.80
DENSIDAD SECA MATERIAL < 3/4" (g/cm <sup>3</sup> )	1.638	1.629	1.647	1.670
<b>RESUMEN ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D 1557)</b>				
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	21.21	21.21	21.21	21.21
MAXIMA DENSIDAD SECA PROCTOR (g/cm <sup>3</sup> )	1.719	1.719	1.719	1.719
DENSIDAD SECA CORREGIDA (g/cm <sup>3</sup> )	1.638	1.629	1.647	1.670
<b>GRADO DE COMPACTACION (%)</b>	<b>95</b>	<b>95</b>	<b>96</b>	<b>97</b>
GRADO DE COMPACTACIÓN MÍNIMO ESPERADO (%)	95	95	95	95

Fuente: Elaboración propia en Laboratorio

### ANEXO 03: DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO DE ARENA)

## ENSAYO DE CAMPO

**PROYECTO** : "CONTROL DE CALIDAD DE LA SUBRASANTE EN LA PAVIMENTACIÓN DE LA AV. FRANCISCO BOLOGNESI CDRAS. 1, 2, 3, 4, Y 5, PROVINCIA Y DISTRITO DE ASCOPE, LA LIBERTAD, 2020"

**UBICACIÓN** : ASCOPE - LA LIBERTAD

**SOLICITANTE** : CRISTIAN ALVARO

**FECHA** : OCTUBRE DEL 2020

### DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO DE ARENA)

ASTM D-1556

#### IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

CANTERA : -

MUESTRA : TERRENO NATURAL

Nº CAPA: SUBRASANTE

IDENTIFICACIÓN	CDRA. 2 CALLE FRANCISCO BOLOGNESI PUNTO - 5	CDRA. 2 CALLE FRANCISCO BOLOGNESI PUNTO - 6	CDRA. 3 CALLE FRANCISCO BOLOGNESI PUNTO - 7	CDRA. 3 CALLE FRANCISCO BOLOGNESI PUNTO - 8
UBICACIÓN/ PROGRESIVA	KM 0 + 090	KM 0 + 180	KM 0 + 000	KM 0 + 090
PROFUNDIDAD DEL HUECO	12 cm.	12 cm.	12 cm.	12 cm.
PESO DE LA ARENA + FRASCO (g)	6257.00	6408.00	6368.00	6370.00
PESO DE ARENA QUE QUEDA + FRASCO (g)	2430.00	2266.00	2330.00	2300.00
PESO DE ARENA EN CONO Y PLACA (g)	1530.00	1530.00	1530.00	1530.00
DENSIDAD DE LA ARENA (g/cm <sup>3</sup> )	1.44	1.44	1.44	1.44
PESO ARENA EN HUECO (g)	2297.00	2612.00	2508.00	2540.00
VOLUMEN DEL HUECO (cm <sup>3</sup> )	1595.14	1813.89	1741.67	1763.89
PESO MUESTRA HUMEDA EXCAVADA (g)	2852.00	3405.00	3259.00	3384.00
PESO MATERIAL > 3/4" (g)	0.00	0.00	0.00	0.00
PESO MATERIAL < 3/4" (g)	2852.00	3405.00	3259.00	3384.00
VOLUMEN DE GRAVA (cm <sup>3</sup> )	0.00	0.00	0.00	0.00
VOLUMEN MATERIAL < 3/4" (cm <sup>3</sup> )	1595.14	1813.89	1741.67	1763.89
DENSIDAD HUMEDA MATERIAL < 3/4" (g/cm <sup>3</sup> )	1.788	1.877	1.871	1.918
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D 4944)</b>				
PESO DE TARA (g.)	20.5	20.5	20.5	20.5
PESO SUELO HUMEDO (g.)	26.0	26.0	26.0	26.0
CONTENIDO DE HUMEDAD (SPEEDY) (%)	9.40	12.80	14.80	15.20
DENSIDAD SECA MATERIAL < 3/4" (g/cm <sup>3</sup> )	1.634	1.664	1.630	1.665
<b>RESUMEN ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D 1557)</b>				
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	21.21	21.21	21.21	21.21
MAXIMA DENSIDAD SECA PROCTOR (g/cm <sup>3</sup> )	1.719	1.719	1.719	1.719
DENSIDAD SECA CORREGIDA (g/cm <sup>3</sup> )	1.634	1.664	1.630	1.665
<b>GRADO DE COMPACTACION (%)</b>	<b>95</b>	<b>97</b>	<b>95</b>	<b>97</b>
GRADO DE COMPACTACIÓN MÍNIMO ESPERADO (%)	95	95	95	95

Fuente: Elaboración propia en Laboratorio

**ANEXO 04: DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO DE ARENA)**

## ENSAYO DE CAMPO

**PROYECTO** : "CONTROL DE CALIDAD DE LA SUBRASANTE EN LA PAVIMENTACIÓN DE LA AV. FRANCISCO BOLOGNESI CDRAS. 1, 2, 3, 4, Y 5, PROVINCIA Y DISTRITO DE ASCOPE, LA LIBERTAD, 2020"

**UBICACIÓN** : ASCOPE - LA LIBERTAD

**SOLICITANTE** : CRISTIAN ALVARO

**FECHA** : OCTUBRE DEL 2020

### DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO DE ARENA)

ASTM D-1556

#### IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

CANTERA : -

MUESTRA : TERRENO NATURAL

Nº CAPA: SUBRASANTE

IDENTIFICACIÓN	CDRA. 3 CALLE FRANCISCO BOLOGNESI PUNTO - 9	CDRA. 4 CALLE FRANCISCO BOLOGNESI PUNTO - 10	CDRA. 4 CALLE FRANCISCO BOLOGNESI PUNTO - 11	CDRA. 4 CALLE FRANCISCO BOLOGNESI PUNTO - 12
UBICACIÓN/ PROGRESIVA	KM 0 + 180	KM 0 + 000	KM 0 + 070	KM 0 + 130
PROFUNDIDAD DEL HUECO	12 cm.	12 cm.	12 cm.	12 cm.
PE SO DE LA ARENA + FRASCO (g)	6360.00	6345.00	6321.00	6315.00
PE SO DE ARENA QUE QUEDA + FRASCO (g)	2554.00	2470.00	2435.00	2414.00
PE SO DE ARENA EN CONO Y PLACA (g)	1530.00	1530.00	1530.00	1530.00
DENSIDAD DE LA ARENA (g/cm <sup>3</sup> )	1.44	1.44	1.44	1.44
PE SO ARENA EN HUECO (g)	2276.00	2345.00	2356.00	2371.00
VOLUMEN DEL HUECO (cm <sup>3</sup> )	1580.56	1628.47	1636.11	1646.53
PE SO MUESTRA HUMEDA EXCAVADA (g)	2867.00	2975.00	2988.00	2981.00
PE SO MATERIAL > 3/4" (g)	0.00	0.00	0.00	0.00
PE SO MATERIAL < 3/4" (g)	2867.00	2975.00	2988.00	2981.00
VOLUMEN DE GRAVA (cm <sup>3</sup> )	0.00	0.00	0.00	0.00
VOLUMEN MATERIAL < 3/4" (cm <sup>3</sup> )	1580.56	1628.47	1636.11	1646.53
DENSIDAD HUMEDA MATERIAL < 3/4" ( g/cm <sup>3</sup> )	1.814	1.827	1.826	1.810
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D 4944)</b>				
PE SO DE TARA (g.)	20.5	20.5	20.5	20.5
PE SO SUELO HUMEDO (g.)	26.1	26.1	26.1	26.1
CONTENIDO DE HUMEDAD (SPEEDY) (%)	9.60	9.40	9.00	9.20
DENSIDAD SE CA MATERIAL < 3/4" ( g/cm <sup>3</sup> )	1.655	1.670	1.675	1.658
<b>RESUMEN ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D 1557)</b>				
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	21.21	21.21	21.21	21.21
MAXIMA DENSIDAD SECA PROCTOR (g/cm <sup>3</sup> )	1.719	1.719	1.719	1.719
DENSIDAD SE CA CORREGIDA ( g/cm <sup>3</sup> )	1.655	1.670	1.675	1.658
<b>GRADO DE COMPACTACION (%)</b>	<b>96</b>	<b>97</b>	<b>97</b>	<b>96</b>
GRADO DE COMPACTACIÓN MÍNIMO ESPERADO (%)	95	96	97	98

Fuente: Elaboración propia en Laboratorio

