

UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS

**ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA DISEÑAR LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO
EN LA NUEVA CARRETERA CENTRAL, TRAMO TANTA - CANCHAYLLO (KM
160 - 170), JAUJA 2019**

PRESENTADO POR:

BACH. JAMES KENNEDY ATENCIO ILLESCAS

BACH. HENRY ALEX STEVEN MORALES BARRON

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

ASESOR:

ING. TEODOSIO CELSO QUISPE OJEDA

CIP. 76763

HUACHO – 2019

ASESOR Y MIEMBROS DEL JURADO

ABARCA RODRIGUEZ JOAQUIN JOSE

REGISTRO CIP N° 108833

PRESIDENTE

BENAVENTE LEON CHRISTHIAN

REGISTRO CIP N° 179838

SECRETARIO

DE LA CRUZ VEGA SLEYTHER ARTURO

REGISTRO CIP N° 207587

VOCAL

QUISPE OJEDA TEODOSIO CELSO

REGISTRO CIP N° 76763

ASESOR



DEDICATORIA

A Dios.

A nuestros hijos y esposas que son el motor y motivo de nuestras vidas.

A nuestros padres y hermanos quienes nos formaron y motivaron para conseguir cada una de nuestras metas.

Y a todos quienes directa e indirectamente estuvieron cerca en cada momento de nuestras vidas.

Los Autores



AGRADECIMIENTO

A nuestros hijos y esposas por su grata compañía cada día.

A nuestros padres y hermanos por la felicidad de cada momento a su lado.

A la Universidad y plana docente de la escuela de ingeniería civil, por su enseñanza y exigencia.

INDICE

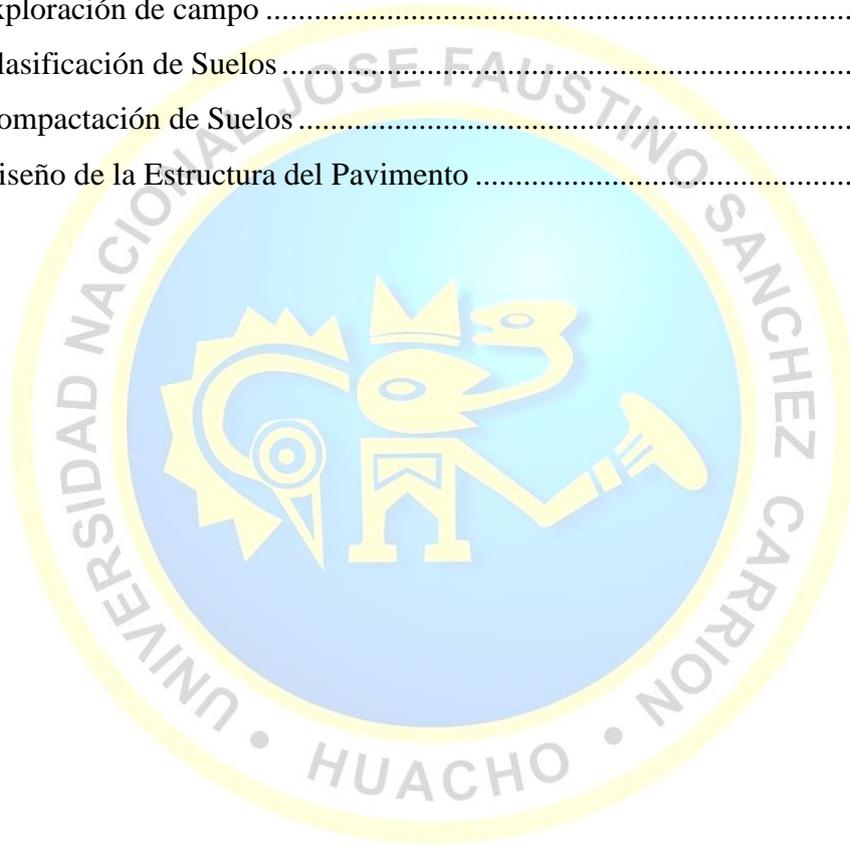
LISTADO DE FIGURAS.....	8
LISTADO DE TABLAS	9
RESUMEN	10
ABSTRACT	10
INTRODUCCIÓN.....	11
CAPÍTULO I.....	12
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
1.1 Descripción de la realidad problemática.....	12
1.2 Formulación del problema.....	14
1.2.1 Problema general.....	14
1.2.2Problemas específicos.....	14
1.3 Objetivos de la investigación.....	14
1.3.1 Objetivos generales	14
1.3.2 Objetivo específicos.....	14
1.4 Justificación de la investigación.....	15
1.5 Delimitaciones del Estudio.....	16
1.5.1 Delimitación Espacial.....	16
1.5.2 Delimitación Temporal.....	16
1.5.3 Delimitación Teórica.....	16
1.6 Viabilidad del Estudio.....	16
1.6.1 Viabilidad Técnica.....	16
1.6.2 Viabilidad Ambiental.....	16
1.6.3. Viabilidad Financiera.....	17
1.6.4. Viabilidad Social.....	17
CAPITULO II.....	18
MARCO TEORICO	18
2.1 Antecedentes de la investigación.....	18
2.1.1 Internacionales.....	18

2.1.2 Nacionales.....	21
2.2 Bases teóricas.....	25
2.3 Definiciones conceptuales.....	44
2.4 Formulación de hipótesis.....	47
2.4.1 Hipótesis general.....	47
2.4.2 Hipótesis específica.....	47
CAPITULO III.....	48
METODOLOGÍA.....	48
3.1 Diseño de metodológico.....	48
3.1.1 Tipo de investigación.....	48
3.1.2 Nivel de investigación.....	48
3.1.3 Diseño.....	48
3.1.4 Enfoque.....	48
3.2 Población y muestra.....	49
3.2.1 Población.....	49
3.2.1 Muestra.....	49
3.3 Operacionalización de variables e indicadores.....	50
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	51
3.4.1 Técnicas a emplear.....	51
3.4.2 Descripción de instrumentos.....	51
3.5 Técnicas para el procesamiento de la información.....	51
CAPITULO IV.....	53
RESULTADOS.....	53
4.1 Estudio geotécnico.....	53
4.1.1 Descripción del área de estudio.....	53
4.1.2 Ubicación del tramo en estudio.....	53
4.1.3 Acceso al tramo en estudio.....	53
4.1.4. Exploración de campo.....	54
4.1.5. Ensayos de laboratorio.....	57
4.2 Variables de diseño de la estructura del pavimento.....	60

4.2.1. Capacidad de soporte del suelo (CBR)	60
4.2.2. Módulo resiliente (MR.).....	61
4.2.3. Ejes equivalentes de carga ESAL en la vía.....	61
4.2.4. Confiabilidad (desviación estándar normal).	62
4.2.5. Desviación estándar total (So).....	62
4.2.6. Índice de Serviciabilidad.....	62
4.2.8. Coeficiente de drenaje.....	63
4.2.9. Periodo de diseño.	63
4.2.10. Coeficiente de aporte estructural.....	63
4.3 Procedimiento de diseño de la estructura del pavimento.....	66
4.3.1. Diseño de la estructura del pavimento para 20 años en una etapa.	67
4.3.2. Diseño de la estructura del pavimento en dos etapas (0 a 10 y 10 a 20 años). ..	68
4.3.2. Diseño de la estructura del pavimento en dos etapas (0 a 5 y 5 a 20 años).	73
4.4 Presentación de Cuadros, Gráficos e Interpretaciones.....	79
4.5 Contrastación de hipótesis	85
CAPITULO V	91
DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	91
5.1 DISCUSIÓN:.....	91
5.2 CONCLUSIONES.....	91
5.3 RECOMENDACIONES.....	92
CAPITULO VI.....	93
FUENTES DE INFORMACIÓN	93
5.1 Fuentes Bibliográficas	93
5.2 Fuentes electrónicas	95
CAPITULO VI.....	96
ANEXOS	96

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1: Vista panorámica del tramo en estudio, situado a 4300 m.s.n.m.	55
Figura 2: Se observa al técnico en suelos Luis Meza y al Bach. James Atencio, realizando las prospecciones de campo.....	55
Figura 3: Afloramientos de roca volcánica.	56
Figura 4: Presencia de bloques subredondeados de hasta 2 metros.	57
Figura 5: Afloramiento de roca volcánica.	57
Figura 6: exploración de campo	80
Figura 7: Clasificación de Suelos	81
Figura 8: Compactación de Suelos	82
Figura 9: Diseño de la Estructura del Pavimento	83



LISTADO DE TABLAS

Tabla 1 Especificaciones técnicas para materiales empleados en construcción de carreteras	39
Tabla 2: Acceso al tramo en estudio.....	54
Tabla 3: Resumen de ensayos de clasificación de suelos	58
Tabla 4: Resumen de ensayos de compactación de suelos.....	59
Tabla 5: Capacidad de soporte y CBR promedio.	60
Tabla 6: Ejes equivalentes de carga ESAL.....	62
Tabla 7: Índice de serviciabilidad.....	62
Tabla 8: Coeficiente estructural de las capas del pavimento.....	65
Tabla 9: Parámetros de diseño, periodo 20 años.	67
Tabla 10: Parámetros de diseño, periodo 0 a 10 años.	68
Tabla 11: Cálculo de número de ejes equivalentes, con índice de serviciabilidad final =1.50	71
Tabla 12: Cálculo del espesor de refuerzo asfáltico 10 a 20 años.....	72
Tabla 13: Parámetros de diseño periodo 0 a 5 años.	73
Tabla 14: Parámetros de diseño periodo 0 a 5 y 5 a 20 años.....	74
Tabla 15: Cálculo de número de ejes equivalentes, con índice de serviciabilidad final =1.50	77
Tabla 16: Calculo del espesor de refuerzo asfáltico 5 a 20 años.....	78
Tabla 17: Respuesta de los Ingenieros encargados de la obra, sobre exploración de campo.	79
Tabla 18: Respuesta de los Ingenieros encargados de la obra, sobre la clasificación de suelos.	81
Tabla 13: Correlación de Rho de Spearman.....	85
Tabla 14: Correlación entre Exploración de Campo y Diseño de la Estructura del Pavimento.	87
Tabla 15: Correlación entre Clasificación de Suelos y el Diseño de la Estructura del Pavimento.	88
Tabla 16: Correlación entre Compactación de Suelos y el Diseño de la Estructura del Pavimento.....	90

RESUMEN

El Perú es un país donde su población está centralizada hacia la capital, y es ahí donde se concentra la mayor parte de la economía peruana, la actual carretera central tiene una demanda aproximada de 7000 vehículos por día, sobrepasando su capacidad diseñada de 4000 vehículos por día, es por ello que se buscan rutas alternas que cumplan con la demanda actual en el transporte desde la capital hacia el centro del Perú. Actualmente se está ejecutando el perfil a nivel reforzado de la nueva carretera central que unirá Lima y Huancayo en aproximadamente 4 horas de viaje, una autopista de segunda clase que beneficiará sobre todo a aquellos distritos que forman parte de la ruta (San Bartolo, Santo Domingo de Olleros, Huarochirí, Tanta, Canchayllo).

Es por ello que en esta investigación se realizará el estudio geotécnico de diez kilómetros del trazo en total, donde se describirá las características físicas y mecánicas del tramo y su capacidad de soporte (CBR), variable importante para el diseño del pavimento, en la que, utilizando las herramientas que nos brinda la ingeniería vial se diseñará la estructura del pavimento.

Palabras claves: Estudio geotécnico, diseño de pavimento, capacidad de soporte.

ABSTRACT

The Peru is a country where its population is centralized to the capital, and that's where concentrates most of the Peruvian economy, the current central road has a demand for approximately 7000 vehicles per day, exceeding its capacity designed 4000 vehicles per day, is therefore seeking alternate routes that meet the current demand in transport from the capital toward the center of the Peru. A reinforced level of the new main highway linking Lima and Huancayo in approximately 4 hours of travel, a highway of second class that will especially benefit those districts that are part of the route (San Bartolo, Santo Domingo de Olleros, Huarochirí, Tanta, Canchayllo).

For this reason that in this investigation will take place the Geotechnical study of ten kilometers of the total stroke, where the physical and mechanical characteristics of the section and its ability to support (CBR), important variable for pavement design, will be described in the using the tools provided to us by the road engineering is design of pavement structure.

Keywords: Geotechnical study, pavement design, support capacity.

INTRODUCCIÓN

Una estructura deficiente de un pavimento, afecta el buen funcionamiento de una vía, las fallas comunes que se producen en un pavimento deficiente son grietas, baches, hundimientos, etc. Que pueden tener consecuencias fatales como accidentes de tránsito.

La geotecnia, aporta considerablemente a la ingeniería vial brindando variables de diseño que determinan la estructura final de un pavimento, el personal profesional ejecutor de estos estudios tiene que seguir los lineamientos y normas nacionales e internacionales con la finalidad de obtener satisfactoriamente una buena vida útil del pavimento.

Para determinar las capas finales del pavimento se utilizará el método internacional American Association Of State Highway And Transportation Officials (AASHTO). Esta herramienta es recomendada por el Ministerio De Transportes y Comunicaciones en su calidad de órgano rector a nivel nacional en materia de transporte y tránsito terrestre.

Este método mencionado anteriormente, tiene como una de sus principales variables la capacidad de soporte del suelo (CBR “California Bearing Ratio”). Esta variable es el resultado de una exploración de campo, las muestras recolectadas son sometidas ensayos estándar (Clasificación, Proctor, CBR).

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

El problema parte de lo centralizado que es nuestro País, Lima, es el centro económico, político y social del Perú, la necesidad que la población en general tiene por transportarse desde la capital hacia el centro del Perú o viceversa, es incalculable, desde hace muchos años la actual carretera central que une Lima y La Oroya, que a su vez es punto de convergencia a muchas ciudades más de nuestro país, tiene problemas en su tráfico, que está diseñado para que circulen aproximadamente 4000 vehículos por día, cuando en la actualidad se tiene un aproximado de 7000 vehículos por día, un 75% más de su capacidad actual, a ello sumado problemas por las lluvias y nevadas, accidentes de tránsito, como también problemas sociales, unos cuantos millones de dólares es lo que se pierde por cada día de paro de tan importante vía.

Las condiciones geográficas de la actual carretera central no permiten que se pueda ampliar y tener de “carretera de primera clase” a una “autopista de segunda clase” y cumplir con la demanda de 7000 vehículos por día, es por ello que se buscan rutas alternas, con condiciones geográficas en la que se pueda construir una vía que cumpla con las exigencias.

Construir una autopista de segunda clase, facilitaría el transporte público y privado desde la capital al centro del Perú, es por ello que se viene realizando el perfil a nivel reforzado de la nueva carretera central a cargo del Gobierno Regional de Lima con un trazo que recorre La chutana (km 50.5 de la panamericana norte) – Santo Domingo de Olleros – Huarochirí – Tanta – Canchayllo - Pachacayo, con una longitud total de 191 kilómetros.

Es por todo lo anterior de tener la necesidad de que tan importante proyecto tenga una buena estructura en su pavimento, donde el estudio geotécnico es clave para tener a detalle cada

característica física y mecánica requerida y evitar muchos riesgos, ya que el suelo es un material extremadamente variable por su origen geológico y los procesos de su formación, por lo que genera una gran incertidumbre en los profesionales, por ello, si las propiedades geo-mecánicas del suelo y la roca no son cuantificados de manera adecuada, las probabilidades de que generen pérdidas financieras y de tiempo en la ejecución de la obra son muy altas y este riesgo se puede evitar llevando a cabo una buena investigación geotécnica.

Es muy importante para el diseño de la estructura de un pavimento tener un buen estudio geotécnico, ya que el pavimento es el conjunto de capas de material seleccionado que reciben de forma directa las cargas de tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada, y sin un buen estudio geotécnico el pavimento puede sufrir fallas como grietas, elevaciones, hundimientos, baches, etc. Las consecuencias que generan este tipo de fallas son perjudiciales para los vehículos, debido a que podrían causar accidentes de tránsito, desgaste de neumáticos, demora en los recorridos, y la falta de comodidad al viajar.

Para el buen diseño de la estructura de un pavimento se necesitan de normas como EL MANUAL DE CARRETERAS (DISEÑO GEOMETRICO 2018) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, en su calidad de órgano rector a nivel nacional en materia de transporte y tránsito terrestre y métodos ya probados las cuales nos brindan un mejor pavimento como la AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS (AASHTO) y la del INSTITUTO DEL ASFALTO (IA).

La finalidad es realizar un buen uso de las herramientas que nos ofrece la Ingeniería Vial y Geotécnica y aplicarlas en desarrollo de nuestro país y de nuestra profesión.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general.

¿En qué medida el estudio geotécnico se relaciona con el diseño de la estructura del pavimento en la nueva carretera central, tramo Tanta – Canchayllo (Km 160 – 170), Jauja 2019?

1.2.2 Problemas específicos.

- ¿En qué medida la exploración de campo se relaciona con el diseño de la estructura del pavimento?
- ¿En qué medida el ensayo de clasificación de suelos se relaciona con el diseño de la estructura del pavimento?
- ¿En qué medida el ensayo de compactación de suelos se relaciona con el diseño de la estructura del pavimento?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivos generales

Determinar en qué medida el estudio geotécnico se relaciona con el diseño de la estructura del pavimento en la nueva carretera central, tramo Tanta – Canchayllo, (Km 160 – 170), Jauja, 2019.

1.3.2 Objetivo específicos

- Determinar en qué medida la exploración de campo se relaciona con el diseño de la estructura del pavimento.
- Determinar en qué medida el ensayo de clasificación de suelos se relaciona con el diseño de la estructura del pavimento.
- Determinar en qué medida el ensayo de compactación de suelos se relaciona con el diseño de la estructura del pavimento.

1.4 Justificación de la investigación

Las vías de comunicación son de gran importancia para el desarrollo económico de un país. Muchos centros poblados tienen que viajar horas por caminos vecinales para poder trasladar sus productos a una ciudad grande y poder venderlas, en el caso del distrito de Tanta, tienen en su principal actividad económica la ganadería y pesca de truchas, su más cercano lugar de exportación es Jauja, donde se tiene que recorrer horas por un camino vecinal.

Con la construcción de esta vía, Tanta estaría a 3 horas de Lima y a 30 minutos de Huancayo, mediante esta sería posible trasladar todo tipo de mercancías, pertenencias, materias primas y productos elaborados, así como el aumento de la actividad turística debido a los hermosos nevados que tiene cerca.

Por todo lo anterior y la importancia de ser parte de la ruta de una autopista, es muy importante que dicha vía tenga una buena estructura del pavimento ya que ello brindaría una buena vida útil de hasta veinte años.

El estudio geotécnico nos brinda las bases necesarias para poder comprender el comportamiento de los suelos y rocas, por ende, tener las herramientas necesarias para poder realizar un óptimo diseño la estructura de un pavimento y brindarles a los usuarios seguridad y confort.

La ingeniería nos permite facilitar las cosas en muchos aspectos mejorando nuestra calidad de vida, tal como el tiempo empleado para ir de un lugar a otro, disminuyéndola considerablemente y permitiéndonos disfrutar mejor nuestro día a día.

Los pobladores de la localidad de Tanta serán los más beneficiados con el diseño de la estructura del pavimento, se reducirá el tiempo de recorrido considerablemente, tanto en ir hacia Lima o Huancayo, su actividad económica aumentará generando nuevas fuentes de

trabajo y progreso, el riesgo de accidentes de tránsito será cada vez menor y teniendo la plena seguridad de que el diseño este hecho de acuerdo a las normas vigentes de nuestro país.

1.5 Delimitaciones del Estudio

1.5.1 Delimitación Espacial

- Lugar : Cochas
- Distrito : Canchayllo
- Provincia : Jauja
- Departamento : Junin
- Región : Junin

1.5.2 Delimitación Temporal

- Meses : Enero - Abril
- Año : 2019

1.5.3 Delimitación Teórica

- Estudio Geotécnico
- Análisis y Resultados
- Diseño de Pavimento

1.6 Viabilidad del Estudio

1.6.1 Viabilidad Técnica

La investigación fue viable dado que se cuenta con el acceso suficiente a la información para el adecuado desarrollo del tema de acuerdo a normas vigentes de la misma.

1.6.2 Viabilidad Ambiental

Debido a los procedimientos realizados durante la recolección de muestras y la elaboración de esta tesis no se generó impacto ambiental negativo en la zona de estudio.

1.6.3. Viabilidad Financiera

Los recursos económicos que fueron utilizados en esta investigación fueron cubiertos en su totalidad por el investigador.

1.6.4. Viabilidad Social

Los recursos humanos y materiales estuvieron garantizados por el investigador. Asimismo, la opinión y el apoyo de los profesionales encargados de la ejecución del proyecto, respecto al tema fueron de mucha ayuda.



CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Internacionales.

(López , 2016). En su tesis “El Diseño de Pavimentos Flexibles, su Comportamiento Estructural, e Incidencia en el Deterioro Temprano de la Red Vial en la Provincia de Tungurahua”, fue realizada en la Universidad Técnica de Ambato para obtener el grado de Magister en Vías Terrestres.

El objetivo que se propuso el autor es elaborar un modelo de diseño de pavimentos para optimizar su comportamiento estructural y por ende evitar el deterioro temprano en la vía, el enfoque es cuantitativo ya que predominan cálculos y valores numéricos.

Los niveles de investigación son el exploratorio, descriptivo y explicativo ya que busca las variables de diseño de pavimentos, las detalla y mediante la explicación nos propone soluciones, el diseño de investigación es transversal ya que hace un estudio del Pavimento flexible y en simultáneo analiza los deterioros que se pueden dar en la vía.

La población está constituida por la provincia del Tungurahua y consta con una red vial de 1700 Kilómetros de vías asfaltadas y haciendo uso de los cálculos correspondiente la muestra es de 375. 67 km.

Para la recolección de información, como instrumento fueron necesarios unos formularios ya preparados las cuales serán llenados con información de campo para luego procesarlos e interpretarlos, a los cual se llegó a la conclusión de que la vía de la provincia de Tungurahua no cuenta con estructura de pavimento solo posee empedrado y carpeta asfáltica por ende deberá ser sometido a proceso de reconstrucción general.

(Miranda, 2010). En su tesis “Deterioro en Pavimentos Flexibles y Rígidos”, que fue realizada en la Universidad Austral de Chile para obtener el título de ingeniero constructor.

Miranda tiene como objetivo identificar las fallas que afectan a los pavimentos flexibles y rígidos y darles soluciones para una mejor conservación y rehabilitación de los mismos, a un mínimo costo y con el mejor resultado posible, el enfoque utilizado por el autor es el cuantitativo ya que predominan cálculos y valores numéricos.

El nivel de investigación es descriptivo, explicativo debido a que describe de una manera amplia el deterioro de los pavimentos flexibles y rígidos y nos explica los deterioros que sufren a lo largo de la vida útil del Pavimento, el diseño utilizado es Longitudinal ya que nos menciona de una sola variable y sus deterioros y fallas que ocurren a lo largo de un periodo de tiempo.

La población a la que va destina la investigación es el sector 1 y 2 de Valdivia, ya que serán los más beneficiados debido a que se realizará la conservación del pavimento de dicha zona.

Los instrumentos utilizados serian la visita a campo y la recolección de datos de mismo, para una correcta interpretación y por ende una adecuada solución que mejore la estructura del pavimento, en conclusión, no se toma conciencia con respecto a la conservación de pavimentos ya que es mucho más baratos que realizar la reparación del pavimento y mejorar la serviciabilidad y confort a los conductores.

(Rodríguez & Rodríguez , 2004). En su tesis “Evaluación y Rehabilitación de Pavimentos Flexibles por el Método del Reciclaje”, fue realizado en la Universidad de El Salvador para obtener el título de Ingeniero civil.

Su principal objetivo es darnos a conocer aquellos aspectos importantes sobre la técnica de reciclado utilizado en los pavimentos flexibles ya sea este último en frío o en caliente, el enfoque utilizado por los autores es el cuantitativo ya que predominan cálculos y valores numéricos.

El nivel de investigación es descriptivo, porque nos brindan de manera detallada todo lo relacionado a los pavimentos flexibles y a los métodos de mantenimiento y rehabilitación de estos con material reciclado, la tesis se enfoca principalmente en el reciclaje como medio de solución a varios problemas que se dan en los pavimentos flexibles y por ende decimos que el diseño de investigación es longitudinal.

La información para desarrollar esta tesis se obtuvo gracias a bibliografías referentes a la rehabilitación de pavimentos asfálticos por la técnica del reciclaje ya sea en frío y en caliente, el apoyo de profesionales expertos en el tema y el seguimiento de cerca de proyectos que se estén ejecutando o ya hayan sido ejecutados para sacarle el mayor provecho y poder contar con la información necesaria y poder aplicarlo de manera correcta y obtener mejores resultados.

2.1.2 Nacionales.

(Rengifo, 2014). Realizo la investigación titulada “Diseño de los Pavimentos de la Nueva Carretera Panamericana Norte en el Tramo de Huacho a Pativilca (km 188 A 189)”, fue realizada en la Pontificia Universidad Católica del Perú para obtener el título profesional de Ingeniero Civil.

El objetivo de la investigación consiste en realizar el diseño del pavimento de un kilómetro de la nueva carretera panamericana norte, se diseñará utilizando dos tipos de pavimento el flexible y el rígido, en el desarrollo de la investigación se hizo uso de cálculos numéricos por ende en enfoque utilizado por el autor sería el cuantitativo.

El nivel de investigación es descriptivo, ya que en la investigación se describe las características de la zona donde se diseñará el pavimento, nos resumiré de manera breve los tipos de pavimento, sus características y se recopilan datos necesarios para el diseño de pavimento.

Por centrarse solo en el diseño del pavimento y no involucrar una variable adicional decimos que el diseño de investigación es Longitudinal, la población involucrada vendría a ser el Tramo de Huacho a Pativilca (km 188 A 189).

La utilización de dos métodos vendría ser el instrumento el cual se usara en la investigación, El pavimento flexible se diseñará mediante la metodología de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) y la del Instituto del Asfalto (IA) para luego comparar ambos resultados y escoger la mejor opción, El pavimento rígido será diseñado también mediante dos metodologías: la de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) y la de la Portland Cement Association (PCA) para luego comparar ambos resultados y escoger la mejor opción.

En conclusión, después de obtener los diseños tanto del pavimento flexible como del pavimento rígido se realizará un análisis económico comparativo entre las dos opciones, con el fin de encontrar la estructura óptima del pavimento y la del menor costo.

(Sarmiento & Arias, 2015). En su tesis “Análisis y Diseño Vial de la Avenida Martir Olaya ubicada en el Distrito de Lurín del Departamento de Lima”, fue realizado en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas para obtener el título de Ingeniero Civil.

El objetivo principal es realizar el análisis y diseño del pavimento de la Avenida Martir Olaya ubicada en el Distrito de Lurín del Departamento de Lima con el fin de obtener una superficie de rodadura que pueda soportar el tráfico pesado y que garantice la seguridad vial a los usuarios.

La utilización de métodos numéricos en este tipo de investigación es muy importante por ende la investigación adopta un enfoque cuantitativo, al realizar el análisis del pavimento y con los resultados obtenidos poder hacer un mejor diseño, amabas variables se relacionan una con la otra por lo que la investigación es descriptivo y correlacional, y por consiguiente el diseño de investigación es transversal.

La población y la muestra serán obtenidos de la de la Avenida Martir Olaya ubicada en el Distrito de Lurín del Departamento de Lima, quienes son los más perjudicados con los problemas que causa el deterioro de la vía tanto para los conductores como para los transeúntes.

Para el buen diseño de la vía el proyecto se realizará empleando la metodología de diseño utilizada en el Perú, así como los manuales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del mismo.

(Chávez, 2018). En su tesis “Diseño del Pavimento Flexible para la av. Morales Duárez, de la Vía Expresa Línea Amarilla en la Ciudad de Lima”, realizado en la Universidad Nacional Federico Villarreal para obtener el título de Ingeniera Civil.

El autor de esta investigación tiene como objetivo el diseño de la estructura del pavimento flexible para la Av. Morales Duárez de la Vía Expresa - Línea Amarilla, para eso necesita tener en cuenta los parámetros de diseño como los valores de soporte de la subrasante (CBR) y el tráfico, para poder encontrar posibles factores que puedan generar daños en el pavimento durante su tiempo de vida.

Al hacer mención de valores nos referimos a términos que cálculos numéricos dando así un enfoque cuantitativo a la investigación, podemos notar que la tesis nos brinda una descripción detallada sobre el diseño del pavimento flexible, tránsito y del desarrollo del proyecto dándole un nivel descriptivo a la investigación y el diseño de la investigación sería Longitudinal ya que solo nos centramos en una sola variable que es diseño del pavimento flexible.

La población en este caso sería la av. Morales Duárez, de la Vía Expresa Línea Amarilla en la Ciudad de Lima la cual se vería beneficiada con el diseño del Pavimento flexible ya que permitiría garantizar el desempeño eficiente de la Av. Morales Duárez, la importancia de realizar este estudio es que dicha avenida es parte de la Línea Amarilla será una obra de gran importancia tanto para los viajes locales de los municipios de Lima y Callao, como para viajes que son atraídos para Lima desde las carreteras Panamericana Norte, Panamericana Sur y Carretera Central.

Al igual que lo casos anteriores la metodología usada será la AASTHO 1993 para el diseño adecuado del pavimento flexible y sus parámetros necesarios como los valores de soporte de la subrasante (CBR) y el tráfico (W18), el índice de servicio inicial y de servicio final, el nivel de confiabilidad, etc. y el análisis de las propiedades mecánicas del asfalto.

La población y la muestra está constituida por la av. Morales Duárez cuyo objetivo es el diseño del pavimento flexible de esta misma por su importancia como Vía Expresa Línea Amarilla en la Ciudad de Lima.

El correcto diseño del pavimento flexible nos garantizara un desempeño eficiente de la av. Morales Duárez, la necesidad de realizar este estudio se justifica por la importancia que tiene la vía ya que es la Línea Amarilla, y por ende es una obra de gran importancia tanto por los viajes locales de los municipios de Lima y Callao que se pueden realizar y más aún para viajes con dirección a Lima desde las carreteras Panamericana Norte, Panamericana Sur y Carretera Central.

2.2 Bases teóricas.

2.2.1 Estudio geotécnico

2.2.1.1 Antecedentes del estudio geotécnico

El término de ingeniería geotécnica tiene su origen en el siglo XX (Alva, 1996) nos dice:

La experiencia del constructor era la base para las edificaciones arcaicas. Sin embargo, no fue sino hasta el año 1776, cuando Coulomb implantó sus teorías de presión de tierras, que se valieron de los métodos analíticos. En 1871 Mohr presentó una teoría de falla para materiales idealmente plásticos, que en combinación con el trabajo de Coulomb, produjo la expresión muy conocida de resistencia cortante de suelos, $\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \varphi$. Recién con el trabajo realizado por Terzaghi, la Mecánica de Suelos fue reconocida como una disciplina principal de la Ingeniería Civil. Este término y el de Geología Aplicada a la Ingeniería, fueron introducidos en su libro pionero “*Erdbaumechanick auf Bodenphysikalischer Grundlage*” publicado en 1925. El reconocimiento internacional de esta disciplina se logró con la Primera Conferencia Internacional de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Cimentaciones, llevada a cabo en la Universidad de Harvard en junio de 1936. Esta conferencia, presidida por Terzaghi, fue organizada por el Profesor Casagrande. Un hito principal en la Mecánica de Suelos fue la publicación en 1943 del libro “*Theoretical Soil Mechanics*” de Terzaghi, el que hasta ahora permanece como una importante referencia. Este libro fue seguido por “*Soil Mechanics in Engineering Practice*” de K. Terzaghi y R.B. Peck en 1948 y por trabajos posteriores de otros investigadores.

La Mecánica de Rocas fue una disciplina efectuada durante muchos años por profesionales de la industria petrolera y minera. Esta no fue reconocida como parte de la Ingeniería Civil hasta el año 1960, en el Primer Congreso de la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas en Lisboa. El término Ingeniería Geotécnica fue lanzado con la revista *Geotechnique* en 1948 por la Institución de Ingenieros Civiles de Gran Bretaña, siendo utilizado el término desde entonces en Europa y Sudamérica. La Sociedad Americana de Ingenieros Civiles (ASCE) adoptó el término de Ingeniería Geotécnica en 1974 para una de sus Divisiones y su revista correspondiente de publicación mensual. En la actualidad este último término incluye la mecánica de suelos, ingeniería de cimentaciones y mecánica de rocas, e implica una fuerte relación con la geología aplicada a la ingeniería. El amplio espectro de las numerosas contribuciones de Karl Terzaghi a la mecánica de suelos, hoy denominada ingeniería geotécnica, es asombroso. Muchas de dichas contribuciones permanecen como la base de muchos elementos de este arte - ciencia. Algunas de las contribuciones más importantes son: el principio de los esfuerzos efectivos y la teoría de la consolidación que datan de 1920, y el concepto de módulo de reacción de subrasante en 1955. Terzaghi desarrolló criterios de diseño para el soporte de túneles en roca en base a una evaluación empírica de la calidad de la roca en 1946 y fue uno de los primeros investigadores en reconocer el significado de la inestabilidad del fondo marino en 1956. El número total de publicaciones del Profesor Terzaghi supera los 280, lo que demuestra el amplio rango de sus intereses y contribuciones a la mecánica de suelos. (p. 46)

2.2.1.2 Definición de estudio geotécnico

Con respecto a la definición de estudio geotécnico (Escobar & Gonzalo, 2017) nos dice lo siguiente:

Es la aplicación de los métodos científicos y de los principios de ingeniería a la generación, interpretación y utilización del conocimiento de los materiales y procesos que ocurren en la corteza terrestre para la solución de problemas de ingeniería. Para su cabal desarrollo requiere la aplicación de diferentes campos del conocimiento, entre ellos, la mecánica de suelos, la mecánica de rocas, la geología, la geofísica, la hidrología, la hidrogeología y las ciencias relacionadas.

(p. 15)

Según (Rodríguez, Serra, & Oteo, 1984) “El estudio geotécnico se realiza previamente al proyecto de un edificio y tiene por objeto determinar la naturaleza y propiedades del terreno, necesarios para definir el tipo y condiciones de cimentación” (p. 10)

Con respecto de la aplicación del estudio geotécnico en carreteras (Vargas, 2010) nos dice que resuelve “las necesidades y problemas de la infraestructura vial relacionados con el suelo y las rocas como medio de soporte de las obras viales tales como puentes y pavimentos y como componente de la misma en túneles, taludes de corte y terraplenes. (p. 15)

2.2.1.3 Dimensiones de estudio geotécnico

a) Exploración de campo

Con respecto a la definición de exploración de campo (Terzagui & Peck, 1973) nos dice lo siguiente:

Toda investigación del subsuelo debería ser procedida de una investigación de la información existente respecto de las condiciones geológicas del terreno en o cerca del lugar. En la mayoría de las veces esta información debe ser suplementada con los resultados de investigaciones más directas. Usualmente, el primer paso consiste en ejecutar unos pocos sondeos por un método rápido y obtener muestras suficientemente intactas de los suelos que forman cada uno de los estratos encontrados por las herramientas de sondeo. Estos sondeos se conocen como perforaciones exploratorias. Se puede necesitar además un muestreo más refinado, ensayos en el terreno o ambos. Las muestras proporcionan el material para una investigación de las propiedades del suelo por medio de ensayos de laboratorio. Los ensayos en el terreno como los de penetración, los de corte en el lugar o los de bombeo, proporcionan información directa relativa a detalles del perfil del suelo y a las propiedades del suelo in situ. (p. 291)

La exploración de campo aplicado a proyectos viales (Rico & Del Castillo, La ingeniería de suelos en las vías terrestres Volumen 1, 1976) nos dice lo siguiente:

La exploración de suelos para fines de proyecto y construcción de vías terrestres constituye uno de los capítulos en que existen menos criterios preestablecidos, para normar el juicio del ingeniero que ha de tomar decisiones de tal naturaleza en un caso particular dado. En rigor en cada caso ah de planearse la exploración de un

modo distinto, no solo diferenciando una vía terrestre de otra, sino los diferentes tramos de cada una. (p. 139)

De acuerdo a los métodos de exploración o tipos de sondeo (Badillo & Rodriguez, 2005) dice lo siguiente:

Los tipos de sondeo que se usan en mecánica de suelos para fines de muestreo y conocimiento del subsuelo, en general, son los siguientes: (p. 615)

Métodos de exploración de carácter preliminar

- a. Pozo a cielo abierto, con muestreo alterado o inalterado.
- b. Perforaciones con posteadora, barrenos helicoidales o métodos similares.
- c. Métodos de lavado
- d. Métodos de penetración estándar
- e. Métodos de penetración cónica.
- f. Perforaciones en boleos y gravas (con barretones, etc.)

Métodos de sondeo definitivo

- a. Pozo a cielo abierto con muestreo inalterado.
- b. Métodos con tubo de pared delgada
- c. Métodos rotatorios para roca.

Métodos geofísicos

- a. Sísmico
- b. De resistencia eléctrica
- c. Magnético y gravimétrico

b) Ensayo de clasificación de suelos

Según (Jimenez & de Justo, 1975).

Los suelos han sido clasificados desde la antigüedad y de maneras muy diversas, de tal manera que resulta imposible pretender dar una idea exacta de las clasificaciones existentes. Incluso las bases sobre las que las mismas se apoyan son muy variadas. (p. 397).

Respecto a los suelos de grano grueso se clasifican en grava (G, inicial de gravel, grava en inglés) y arena (S, inicial de sand, arena en inglés).

- Grupos de GW y SW

Estos grupos comprenden suelos de grava o arena bien graduados (W, inicial de well graded en inglés), sin finos o con pocos finos (menos del 5% que pase por el tamiz número 200). (p. 398).

- Grupos GP y SP

Son gravas o arenas mal graduadas (P, inicial de poorly graded en inglés), sin finos o con pocos finos (menos del 5% que pase por el tamiz número 200). (p. 399).

- Grupos GM, SM, GC Y SC

Son gravas y arenas, pero con más del 12% de finos que pasen por el tamiz número 200. El sufijo M y C se aplica según las características de plasticidad de la fracción que pasa por el tamiz número 40. (p. 399).

- Casos Intermedios

Los suelos que contienen un tanto por ciento que pasa por el tamiz número 200 comprendido entre el 5 y 12 son considerados como casos intermedios entre los de arriba definidos, y se designan con un símbolo doble, como, por ejemplo, GW-GM. (p. 399).

- Suelos turbosos. Determinación de la materia orgánica.
Incluye también la clasificación a los suelos turbosos Pt (inicial de peat, turba en inglés). (p. 399).

Análisis Granulométrico

Denominamos análisis granulométrico o granulometría, a la medición y graduación que se lleva a cabo de los granos de una formación sedimentaria, de los materiales sedimentarios, así como de los suelos, con fines de análisis, tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas, y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica.

Límite Líquido y Plástico

- Límite líquido: cuando el suelo pasa de un estado plástico a un estado líquido. Para la determinación de este límite se utiliza la cuchara de Casagrande.
- Límite plástico: cuando el suelo pasa de un estado semisólido a un estado plástico.

Contenido de Humedad

El contenido de agua o humedad es la cantidad de agua contenida en un material, tal como el suelo (la humedad del suelo), las rocas, la cerámica o la madera medida sobre la base de análisis volumétricos o gravimétricos.

c) Ensayo de compactación de suelos

Según (Rico & Del Castillo, 1976).

Se denomina compactación de suelos al proceso mecánico por el cual se busca mejorar las características de resistencia, compresibilidad y esfuerzo-deformación de los mismos, el proceso se trata de una reducción rápida de los vacíos existentes, debido a esto el suelo sufre una variación de volumen importante. (p. 153).

Proctor

Según (Rico & Del Castillo, 1976). “La prueba tiene por objetivo determinar la relación entre el peso volumétrico y el contenido de agua de los suelos, cuando se compactan” (p. 219).

- Método A
En molde de 10.61 cm (4”), con suelo que pasa la malla N° 4.
- Método B
En molde de 15.24 cm (6”), con suelo que pasa la malla N° 4.
- Método C
En molde de 10.61 cm (4”), con suelo que pasa la malla 3/4.
- Método D
En molde de 15.24 cm (6”), con suelo que pasa la malla 3/4. (P)

CBR

Según (Rico & Del Castillo, 1976)“Este método de prueba sirve para determinar el peso volumétrico máximo y la humedad optima en suelos no estabilizados o estabilizados con productos no asfálticos que se emplean en la construcción de terracerías”

El método consiste en dividir una muestra inicial por medio de cuarteo en porciones más pequeñas, con las cuales es preparan especímenes de prueba con diferentes contenidos de agua que se compactan mediante impactos para determinar el peso volumétricos máximo y la humedad óptima. El método presenta la ventaja de tomar en cuenta, mediante un factor de corrección, los tamaños mayores de 3/4” que contienen los materiales en los que se aplica. (p. 222).

2.2.2 Diseño de la estructura del pavimento

2.2.2.1 Definición de diseño de pavimento

Según (Menéndez, 2009).

Es el proceso por el cual los componentes estructurales (carpeta, losa, base, subbase, subrasante) de un segmento de carretera son determinados tomando en consideración la naturaleza de la subrasante, las consideraciones ambientales, densidad y composición del tráfico, y las condiciones de mantenimiento. (p. 9)

Referente a las metodologías de diseño de la estructura del pavimento (Montejo, 1997) nos dice lo siguiente

En el diseño de la estructura de un pavimento se han utilizado métodos que tienen gran correlación experimental y considerable tiempo de uso para su verificación.

Estos métodos suelen clasificarse en tres grupos:

1. Métodos totalmente empíricos, en los que generalmente se emplean factores de seguridad muy altos, lo que trae consigo que se obtengan espesores excesivos que no responden a las verdaderas necesidades de la vía en estudio. Ejemplo de ellos son los métodos fundados en una clasificación de suelos, como el índice de grupo.
2. Métodos Semi-empíricos, basados en ensayos arbitrarios de laboratorio correlacionados con teorías más o menos razonables. Entre estos se encuentran todos los basados en el ensayo CBR, método de Hveem y el de Texas.
3. Métodos racionales, basados en consideraciones teóricas sobre distribución de esfuerzos y deformaciones. Entre éstos se encuentran el Navy, Shell e Instituto del Asfalto. (p. 129)

Con respecto a las etapas del diseño de pavimento (Menéndez, 2009) nos resume:

- Estudio de la sub rasante
- Definición del tipo de superficie de rodadura y los componentes estructurales
- Selección de los materiales
- Estudio del tráfico
- Sectorización del tramo
- Diseño de los espesores de cada capa
- Análisis del ciclo de vida

- Determinación del tipo de pavimento y de los espesores finales (p. 9)

La capacidad de pronosticar el deterioro estructural del pavimento (Menéndez, 2009) nos dice al respecto:

Las estructuras del pavimento son diseñadas considerando que fallarán en forma progresiva y no súbitamente. En el caso de los pavimentos el comportamiento varía a lo largo del tiempo como consecuencia de la modificación en las propiedades de los materiales, el efecto ambiental y los cambios en las condiciones de carga del tráfico. (p. 10)

2.2.2.2 Métodos de diseño del pavimento flexible

El diseño de espesores de pavimento flexible según el Instituto del Asfalto (Montejo, 1997) nos dice lo siguiente:

Este método de diseño permite el empleo de asfalto sólido o emulsiones asfálticas, en la totalidad o en parte de la estructura del pavimento, e incluye varias combinaciones de capa de rodadura y bases de concreto asfáltico; de capa de rodadura y bases con emulsiones asfálticas, así como capas de rodaduras asfálticas con base sub base granulares.

El método considera al pavimento como un sistema elástico de varias capas y para su análisis se emplean conceptos teóricos y experimentales, así como datos de ensayos y un programa de computador, sin embargo, con el objeto de simplificar el método, después de varias corridas de su programa, obtuvo una serie de gráficas que permite la aplicación del método en forma rápida y sencilla.

Los espesores y características de las diversas capas de la estructura, se determinan de tal forma que se cumplan dos condiciones básicas: que las deformaciones por tracción

producidas en la fibra interior de las capas asfálticas y las deformaciones verticales por compresión en la parte superior de la subrasante no superen los valores admisibles. (p. 247)

El procedimiento de diseño con la aplicación del método del Instituto del Asfalto (Menéndez, 2009) nos resume en lo siguiente:

1. Seleccionar los datos de diseño
 - a. Trafico
 - b. Módulo resiliente
 - c. Tipo de base y superficie de rodadura
2. Determinar los espesores de diseño
3. Verificar los espesores mínimos
4. Diseño por etapas
5. Análisis económico de diferentes alternativas
6. Seleccionar el diseño final (p. 87)

El diseño de espesores de pavimento flexible según AASTHO 1993 (Menéndez, 2009) dice lo siguiente:

El procedimiento de diseño recomendado por la AASHO está basado en los resultados de los extensivos ensayos de carretera AASHO llevados a cabo en Ottawa, Illinois, a finales de los 50's y a comienzos de los 60's. El comité de diseño AASHO publico la guía para el diseño de estructuras de pavimento en 1972, cuyas revisiones fueron publicadas en 1981, 1986 y la actual versión 1993. (p. 91)

En el diseño de espesores de pavimento flexible según AASTHO 1993 se utiliza el número estructural SN con respecto a esto (Minaya & Ordóñez, 2006) dice lo siguiente:

El número estructural SN se utiliza para cuantificar la resistencia estructural que el pavimento requiere para determinada capacidad de soporte del suelo, tráfico esperado y pérdida de serviciabilidad. Con la ecuación de diseño empírica usada en AASHTO 93 se busca el número estructural requerido por el proyecto. (p.106)

El procedimiento de diseño con la aplicación del método AASHTO 93 (Menéndez, 2009) nos resume en lo siguiente:

1. Calcular el tráfico para el periodo de diseño (W18)
2. Determinar la confiabilidad R y la desviación estándar So
3. Establecer el módulo de resiliencia efectivo de la subrasante Mr.
4. Determinar la pérdida de serviciabilidad de diseño
5. Obtener el número estructural SN
6. Establecer los espesores que satisfagan SN (p. 91)

2.2.2.3 Dimensiones de diseño de la estructura del pavimento

a) Tránsito

Con respecto a la definición de Tránsito (Becerra, 2012) nos dice lo siguiente:

Es la variable de diseño que presenta mayor incertidumbre en su predicción. Por lo general, se estima el índice medio diario anual (IMDA) de una vía, a partir de técnicas de recolección de datos en campo. El IMDA obtenido, con fines de diseño de pavimentos, debe ser corregido por factores de dirección, así como por el número de carriles por sentido. Los datos del tránsito obtenidos, deben de

proyectarse a lo largo del periodo de diseño del pavimento, considerándose, además, la cuota de tránsito generado y atraído estimada.

La forma en que se considera el tránsito para las metodologías de diseño es diferente. Sin embargo, todas deprecian la participación de vehículos ligeros en sus estimaciones. Para PCA 84, el tránsito se caracteriza por ejes y sus respectivos pesos durante el periodo de diseño. AASHTO 93, convierte los diferentes ejes y pesos, según el daño que éstos ocasionen el pavimento. El valor patrón es el Eje Equivalente (ESAL, por sus siglas en inglés). Sólo MEPDG 2008, considera las características de los vehículos en forma directa, a través de la clasificación vehicular de la FHWA.

En otras palabras, ni la metodología sugerida por la PCA 84, ni la AASHTO 93, diseñan pavimentos para periodos de tiempo en forma directa, sino que estiman un periodo de diseño según la proyección de ejes y ESAL, respectivamente.

Según (Montejo, 1997) es importante para el diseño del pavimento: “Las cargas más pesadas por eje esperadas para el carril de diseño durante el periodo adoptado. La repetición de las cargas de las cargas del tránsito y la consecuente acumulación de deformaciones sobre el pavimento son fundamentales para el cálculo.” (p. 8)

b) Fuente de Materiales

Con respecto a los materiales disponibles para el diseño de pavimento (Montejo, 1997) dice lo siguiente:

Los materiales disponibles son determinantes para la selección de la estructura del pavimento más adecuada técnica y económicamente. Por una parte, se consideran los agregados disponibles en canteras y depósitos aluviales del área. Además de

la calidad requerida, en la que se incluye la deseada homogeneidad, hay que atender al volumen disponible aprovechable, a las facilidades de explotación y al precio, condicionando en buena medida por la distancia de acarreo. (p. 10)

De acuerdo a las especificaciones técnicas que deben tener los materiales de préstamo que serán utilizados en la etapa de construcción (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013) nos resume en la siguiente tabla. (p. 42.)

Tabla 1

Especificaciones técnicas para materiales empleados en construcción de carreteras

Ensayo	Norma	Afirmado	Sub base granular		Base granular			
			<3000 msnm	>3000 msnm	<3000 msnm		>3000 msnm	
			A.	A.	A. grueso	A. fino	A. grueso	A. fino
Límite Líquido, %	ASTM 4318 MTC E 110	35% máx.	25% máx.	25% máx.				
Índice Plástico, %	ASTM 4318 MTC E 111	4 a 9	6% máx.	4% máx.		4% máx.		2% máx.
Abrasión Los Ángeles, %	ASTM C 131 MTC E 207	50% máx.	50% máx.	50% máx.	40% máx.		40% máx.	
Equivalente de arena, %	ASTM D 2419 MTC E 114	20% min	25% min	35% min		35% min		45% min
CBR al 100% de M.D.S. y 0.1" de penetración	ASTM D 1883 MTC E 132	40% min	40% min	40% min	Tráfico ligero a medio: 80% min Tráfico pesado: 100% min			
Pérdida con Sulfato de Sodio, %	ASTM C 88 MTC E 209						12% máx.	
Pérdida con Sulfato de Magnesio, %	ASTM C 88 MTC E 209						18% máx.	

Índice de Durabilidad	MTC E 214				35 % min		35% min	
Caras fracturadas, % 1 cara fracturada	ASTM D 5821 MTC				80% min		80% min	
2 caras fracturadas	E 210				40% min		50% min	
Partículas chatas y alargadas, % Relación 1/3 (espesor/longitud)	ASTM D 4791 MTC E 211	20% máx.	20% máx.	15% máx.			15% máx.	
Sales Solubles Totales, %	ASTM D 1888 MTC E 219	1% máx.	1% máx.	0.5% máx.	0.5 % máx.		0.5 % máx.	
Fuente:		(Ministerio de Transportes y Comunicaciones,					2013)	

c) **Clima**

Según (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013).

Dos de los factores considerados en esta sección de Suelos y Pavimentos del Manual, que influyen en el diseño y en el comportamiento del pavimento son: las precipitaciones de lluvia o sus similares como son las precipitaciones de nevadas escasas y la temperatura. (p. 91)

Precipitación Media Diaria

Las lluvias afectan fuertemente los diseños de las capas granulares y del diseño de los pavimentos, sea directamente por su presencia superficial sobre la superficie del camino y su percolación hacia el interior del pavimento, o sea por el efecto originado por la presencia de aguas cercanas al camino en lagunas y en corrientes de aguas superficiales y/o subterráneas que elevan el nivel de a napa freática bajo la plataforma del camino y la modifican según corresponda al

periodo mensual de las lluvias. Un nivel freático alto cercano a las capas superiores de la subrasante de diseño del proyecto, pueden desestabilizarlas por el fenómeno de la capilaridad del material utilizado. (p. 92).

Temperatura Promedio

Es muy importante tener en cuenta que a menudo en los territorios alto andinos del Perú las temperaturas del pavimento en los meses de junio a octubre presentan variaciones diarias en rango cercano a 40 grados centígrados y en fenómenos de “heladas” con fuertes radiaciones solares y vientos fríos.

La temperatura afecta directamente en la deformación de la carpeta asfáltica (CA); y las variaciones de temperaturas produce tensiones en la CA. Las temperaturas bajas tienen influencia en la aparición de agrietamiento por fatiga la que se potencia con el ahuellamiento.

Por otro lado, las temperaturas altas tienen influencia en el ahuellamiento de la CA. En los pavimentos rígidos con diferentes cambios de temperatura se pueden levantar las esquinas debilitándose hasta su rompimiento.

Los agrietamientos por baja temperatura y por fatiga incrementan los costos de conservación; y el ahuellamiento causa adicionalmente problemas de seguridad relacionados con el patinaje de los vehículos. (p. 91).

d) Componentes de la estructura

Según (Minaya & Ordóñez, 2006):“Los pavimentos asfálticos están conformados por una carpeta asfáltica apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y sub base. No obstante, puede prescindirse de cualquiera de estas capas dependiendo de las necesidades particulares del proyecto.” (p. 1)

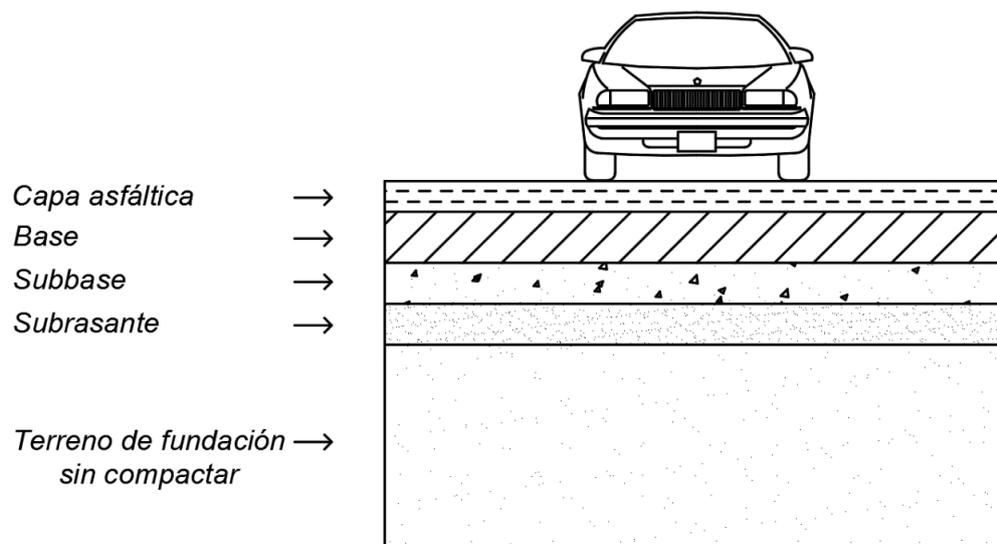


Figura 1: Estructura típica de pavimento flexible.

La definición de los componentes que tiene un pavimento flexible (Minaya & Ordóñez, 2006) nos dice lo siguiente:

- La carpeta asfáltica brinda una superficie uniforme y cómoda para el tránsito, de textura y color apropiado, que debe resistir a los efectos abrasivos provenientes del tránsito y del medio ambiente.
- La capa base, generalmente granular, es una capa encima de la sub base. La finalidad de esta capa es transmitir los esfuerzos del tráfico hacia la sub base y subrasante. Esta capa esta conformada por grava chancada, compactada a

su máxima densidad seca del ensayo de Proctor Modificado donde con un CBR al 100% debería tener aproximadamente un valor M_R de 2100 kg/cm^2

- La capa sub base según diseño se puede o no plantearse, según especificaciones técnicas generales del MTC debe tener un CBR mínimo del 40% con un M_R de 1200 kg/cm^2 .
- La subrasante es la cota mayor del terreno de fundación, está conformada por terraplén o terreno natural, en caso de rellenos o cortes respectivamente. (p. 2



2.3 Definiciones conceptuales.

1. Explanación.

Según él (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013). “Se llama explanación, al movimiento de tierras, que está constituido por cortes y rellenos para obtener la plataforma de la carretera hasta el nivel de la subrasante del camino” (p. 22).

2. Terraplén.

Según él (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013). “Se denomina terraplén a una parte de la explanación ubicada sobre el terreno preparado, también conocido como relleno” (p. 22).

3. Línea de Pendiente.

Según (Cárdenas, 2013). “Aquella línea que pasa por los puntos del proyecto, conserva la pendiente uniforme especificada y que debe coincidir con el eje de la carretera, en dicho punto no hay cortes ni rellenos” (p.21).

4. Afirmado.

Según él (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013). “El Afirmado está constituido por una capa compactada de material granular natural o puede ser procesada, con un orden específico que soporta directamente las cargas y esfuerzos del tránsito” (p. 23).

5. Pavimento.

Según él (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013). El Pavimento es:

El Pavimento es una estructura que está compuesta por varias capas construidas sobre la subrasante del camino para soportar y distribuir esfuerzos generados por los vehículos y mejorar la seguridad y confort para el tránsito. Está conformado por las siguientes capas: base, subbase y capa de rodadura. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013, pág. 23)

6. Compactación de suelos.

Según (Jimenez & de Justo, 1975). “Todo tipo de terraplén debe compactarse para que forme una masa resistente y poco compresible, en la compactación de un suelo la cantidad de agua que contiene juega un papel importante” (p.221).

7. Granulometría.

Según él (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013). “La Granulometría representa la distribución de los tamaños que posee el agregado mediante el tamizado, a partir de la cual se puede determinar con mayor o menor aproximación las demás propiedades del agregado” (p. 36).

8. Plasticidad.

Según él (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013). “Aquella propiedad de los suelos que representa la estabilidad hasta cierto límite de humedad sin disgregarse, la plasticidad de un suelo depende de sus elementos gruesos mas no de sus elementos finos” (p. 36).

9. Permeabilidad.

Según (Braja M., 1985). La Permeabilidad es:

La permeabilidad de los suelos depende de muchos factores tales como: viscosidad del fluido, distribución del tamaño de los poros, distribución granulométrica, relación

de vacíos, rugosidad de las partículas minerales y grado de saturación del suelo, En los suelos arcillosos, la estructura juega un papel importante en la permeabilidad. (Braja M., 1985, pág. 83)

10. Perfil Estratigráfico.

Según él (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013). “De la información obtenida en el campo y ensayos de laboratorio se realizará una descripción de los diferentes tipos de suelos encontrados en las calicatas” (p.45).

11. Colapso de los suelos.

Según (Jimenez & de Justo, 1975). “Un suelo parcialmente saturado es sometido a una carga, se espera a que cesen los asientos y a continuación colapsa” (p.228).

12. Límites de Atterberg.

Según (Jimenez & de Justo, 1975). Los Límites de Atterberg son:

Un suelo según su naturaleza y la cantidad de agua que posea, presenta propiedades como el estado sólido, semisólido, plástico y semilíquido o viscoso. Los límites de Atterberg marcan una separación arbitraria pero suficiente en la práctica entre estos cuatro estados de los suelos. (Jimenez & de Justo, 1975, pág. 71)

13. Límite de Contracción.

Según (Braja M., 1985). Límite de Contracción es:

La pérdida gradual de agua del suelo ocasiona la contracción de la masa de un suelo, con una pérdida continua de agua se alcanza una etapa de equilibrio en la que más pérdida de agua ocasionara a que no haya un cambio en su volumen. (Braja M., 1985, pág. 29)

14. Límite Plástico.

Según (Jimenez & de Justo, 1975). El Límite Plástico es:

Para obtener el Límite Plástico el ensayo se realiza con la fracción de suelo que pasa por el tamiz número 40, con un contenido de humedad superior al Límite Plástico, con esta humedad se puede formar una bola con el suelo sin que se cuartee. (Jimenez & de Justo, 1975, pág. 78)

15. Ascensión Capilar en Suelos.

Según (Braja M., 1985). La Ascensión Capilar en Suelos es:

La presencia de espacios vacíos continuos presentes en el suelo actúa como montones de tubos capilares estos con secciones transversales variables, por ende, debido al efecto de la tensión superficial, el movimiento del agua en el suelo tiende a ascender por los tubos capilares. (Braja M., 1985, pág. 105)

2.4 Formulación de hipótesis.

2.4.1 Hipótesis general.

El estudio geotécnico se relaciona con el diseño de la estructura del pavimento en la nueva carretera central, tramo Tanta – Canchayllo, (Km 160 – 170), Jauja, 2019.

2.4.2 Hipótesis específica.

- La exploración de campo se relaciona con el diseño de la estructura del pavimento.
- El ensayo de clasificación de suelos se relaciona con el diseño de la estructura del pavimento.
- El ensayo de compactación de suelos se relaciona con el diseño de la estructura del pavimento

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1 Diseño de metodológico

3.1.1 Tipo de investigación.

Según (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014), es del tipo Correlacional.

Este tipo de estudios tiene como objetivo conocer la relación o el grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en una muestra o contexto en particular. En ocasiones sólo se analiza la relación entre dos variables, pero en ocasiones se vinculan tres, cuatro o más variables. (p. 93).

La utilidad que este autor nos brinda a cerca de los estudios correlacionales es saber cómo se puede comportar un concepto o una variable al conocer el comportamiento de otras variables vinculadas a esta. (p. 10).

3.1.2 Nivel de investigación.

Según (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014), es de nivel correlacional.

3.1.3 Diseño.

Diseño no experimental descriptiva.

3.1.4 Enfoque.

Según (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014). “El enfoque cuantitativo representa un conjunto de procesos secuenciales y probatorios, ya que cada etapa precede a la siguiente y no podemos eludir pasos” (p. 4)

(Hernández, Fernández, & Baptista, 2014) Nos menciona una comparación entre los dos enfoques:

“El enfoque cualitativo busca principalmente la “dispersión o expansión” de los datos e información, mientras que el enfoque cuantitativo pretende “acotar” intencionalmente la información (medir con precisión las variables del estudio)” (p. 10).

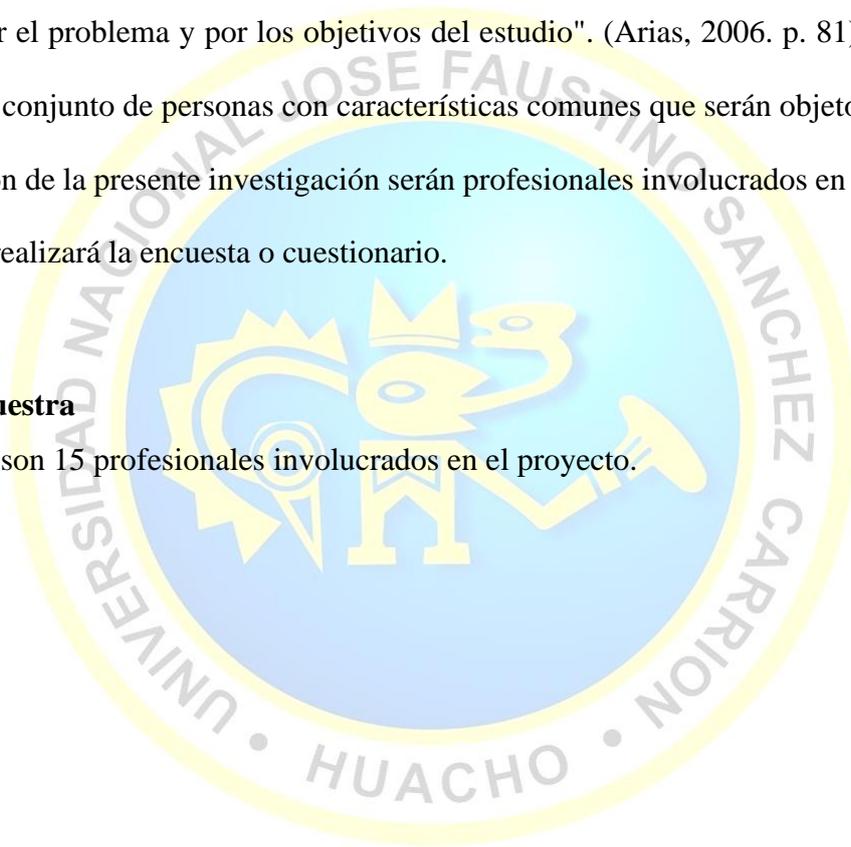
3.2 Población y muestra

3.2.1 Población

Se entiende por población "(...) conjunto finito o infinito de elementos con características comunes, para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Esta queda limitada por el problema y por los objetivos del estudio". (Arias, 2006. p. 81). Es decir, se utilizará un conjunto de personas con características comunes que serán objeto de estudio. La población de la presente investigación serán profesionales involucrados en el proyecto, a quienes se realizará la encuesta o cuestionario.

3.2.1 Muestra

La muestra son 15 profesionales involucrados en el proyecto.



3.3 Operacionalización de variables e indicadores.

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS	
Estudio Geotécnico	El estudio geotécnico es el cúmulo de actividades que tienen por objeto, describir la naturaleza y estratigrafía del terreno, las propiedades de cada capa de suelo existente en el área proyectada.	EXPLORACIÓN DE CAMPO	EXCAVACIÓN DE CALICATA	1-2	
			RECOLECCIÓN DE MUESTRAS		
	La Ingeniería geotécnica incluye la aplicación de los principios fundamentales de mecánica de suelos y de la mecánica de rocas a los problemas de diseño de cimentaciones (Braja M. Das).	CLASIFICACIÓN DE SUELOS	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	3-5	
			LIMITE LIQUIDO Y PLÁSTICO		
			CONTENIDO DE HUMEDAD		
		COMPACTACIÓN DE SUELOS	PROCTOR	6-7	
CBR					
Diseño de la estructura del Pavimento	Es el proceso mediante el cual se define los espesores mínimos de cada una de las capas que conforman la estructura de un pavimento.	TRÁNSITO	EJES EQUIVALENTES	8-9	
			TASAS DE CRECIMIENTO		
	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 (M.Sc. E Ing. Abel Ordoñez Huamán / M.Sc. Silene Minaya Gonzáles)	FUENTE DE MATERIALES	CARACTERÍSTICAS FÍSICO MECÁNICAS	10	
			CLIMA	PRECIPITACIÓN MEDIA DIARIA	11-12
				TEMPERATURA PROMEDIO	
		COMPONENTES DE LA ESTRUCTURA	SUB BASE	13-15	
			BASE		
CAPA ASFÁLTICA					

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

3.4.1 Técnicas a emplear.

- Se realizarán encuesta a los profesionales involucrados en el proyecto, con el objetivo de recolectar información.
- La técnica a emplear es la observación visual, donde antes se realizará la exploración de suelos mediante excavación de calicatas a tajo abierto, posteriormente se recolectará las muestras requeridas por estrato.
- Luego de la recolección de muestras serán llevadas a laboratorio para realizar los ensayos correspondientes.
- Posterior a la ejecución de ensayos de laboratorio se recolectará los datos requeridos para el diseño de pavimento.

3.4.2 Descripción de instrumentos

- Se utilizará un cuestionario dirigido a los profesionales involucrados, de manera de contrastar la hipótesis de la presente investigación.
- Los instrumentos empleados en esta exploración de suelos son herramientas manuales para excavación de calicatas.
- Los instrumentos utilizados luego de la recolección de muestras, son equipos de laboratorio de mecánica de suelos.
- Los instrumentos empleados en el diseño de la estructura del pavimento son de investigación.

3.5 Técnicas para el procesamiento de la información

- Recolección de información
- Registro y análisis de la información
- Procesamiento y resultados con Software estadístico
- Exploración de campo

➤ Ensayos de laboratorio

La totalidad de las muestras extraídas se someterán a ensayos de clasificación y compactación de suelos, este último nos permitirá saber los valores CBR, dato básico e importante para el diseño de pavimento.

➤ Uso de guía ASSHTO 1993 para el diseño de pavimento.



CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1 Estudio geotécnico

4.1.1 Descripción del área de estudio

El presente estudio está centrado entre los kilómetros 160+000 – 170+000, del “ESTUDIO DE PRE INVERSIÓN A NIVEL DE PERFIL REFORZADO DEL PROYECTO NUEVA CARRETERA CENTRAL, SEGÚN CONVENIO N°430-2017-MTC/21 Y DECRETO SUPREMO N°008-2017-MTC” actualmente ejecutándose por el CONSORCIO TRAZA para el GOBIERNO REGIONAL DE LIMA.

4.1.2 Ubicación del tramo en estudio

El tramo en estudio (Km 160+000 – KM 170+000) se encuentra ubicado en el distrito de Canchayllo, provincia de Jauja, departamento de Junín.

El trazo total del proyecto conecta los departamentos de Lima y Junín, tomando como inicio del proyecto en la zona de intercambio vial La Chutana (Km 50+500 de la panamericana sur – distrito de San Bartolo) y llegando como tramo final en el intercambio vial Pachacayo, abarca 5 provincias (Lima, Cañete, Huarochirí, Yauyos y Jauja), incluida 12 distritos de las diferentes provincias (San Bartolo, Chilca, Santo domingo de Olleros, Cuenca, Langa, Huarochirí, Sangallaya, Santiago de Achucaya, San Pedro de Huancayre, San Lorenzo de Quinti, Tanta, Canchayllo).

4.1.3 Acceso al tramo en estudio

El acceso a la zona de estudio, del kilómetro 160+000 hasta el 170+000 se encuentra entre los distritos de Canchayllo y Tanta.

Tabla 2: Acceso al tramo en estudio

DE	A	Tipo de carretera	Distancia	Tiempo
Lima	La Oroya	Asfaltada	183.0 km	4 h 55 min
Oroya	Pachacayo	Asfaltada	43.0	45 min
Pachacayo	Canchayllo	Afirmado	5.0	15 min
Canchayllo	Hacienda Cochas	Trocha carrozable	18.0	1 h 20 min
Hacienda Cochas	Tanta	Trocha carrozable	52.0	2 h 50 min

Fuente: Elaboración propia.

4.1.4. Exploración de campo

Se realizó el recorrido por el tramo en estudio y excavación de calicatas a cada 1000 metros en ambos lados de la vía, las calicatas tienen las dimensiones de 0.60m x 1.00m y 1.50m de profundidad. También se extrajo muestras de 40 Kg para posterior traslado a laboratorio.

4.1.4.1. Descripción del terreno natural

- **Km 160+000 hasta el Km 165+000**

Se tienen pendientes transversales de hasta 30%, este tramo situado alrededor de 4300 m.s.n.m. de topografía ondulada en su terreno natural, se tiene suelo limo arcilloso con presencia de gravas TM 4" y bloques dispersos de hasta 2 metros, afloramientos de roca volcánica, poca vegetación.



Figura 1: Vista panorámica del tramo en estudio, situado a 4300 m.s.n.m.



Figura 2: Se observa al técnico en suelos Luis Meza y al Bach. James Atencio, realizando las prospecciones de campo.



Figura 3: Afloramientos de roca volcánica.

- **KM 165+000 HASTA EL KM 170+000**

Se tienen pendientes de hasta 50%, este tramo consta de suelo arenoso y cantos rodados con presencia de bloques de hasta 2 metros subredondeados, también se observa afloramiento de roca volcánica maciza, existe vegetación de hasta 0.5m de altura (ichu y pastos naturales).



Figura 4: Presencia de bloques subredondeados de hasta 2 metros.



Figura 5: Afloramiento de roca volcánica.

4.1.4.2. Registros de excavación

Se tiene prospecciones a ambos lados de la vía, de una profundidad de hasta 1.50 metros, recolectando muestras de 40 kg. (Anexo 3)

4.1.5. Ensayos de laboratorio

La totalidad de muestras extraídas son trasladadas a laboratorio para los ensayos correspondientes (Anexo 4). A continuación, presentamos el resumen de los ensayos.

4.1.5.1. Resultados de ensayos de clasificación

Tabla 3: Resumen de ensayos de clasificación de suelos

RESUMEN DE ENSAYOS DE LABORATORIO								
CALICATA	UBICACIÓN	PROF.	C.H.	L.L.	L.P.	I.P.	SUCS	ASTTHO
KM 160+000	Lado derecho	1.50	8.42	NP	NP	NP	SW-SM	A-1-b(0)
	Lado izquierdo	1.50	8.43	NP	NP	NP	SW-SM	A-1-b(0)
KM 161+000	Lado derecho	1.50	12.17	25.50	17.00	8.50	SC	A-2-4(0)
	Lado izquierdo	1.50	12.17	25.10	16.30	8.80	SC	A-2-4(0)
KM 162+000	Lado derecho	0.20	11.11	24.06	20.67	3.39	GP-GM	A-1-a(0)
	Lado izquierdo	0.20	11.03	25.71	20.85	4.85	GP-GM	A-1-a(0)
KM 163+000	Lado derecho	1.00	9.68	NP	NP	NP	SP-SM	A-1-b(0)
	Lado izquierdo	1.00	9.96	NP	NP	NP	SP-SM	A-1-b(0)
KM 164+000	Lado derecho	1.50	21.31	32.43	20.74	11.69	SC	A-2-6(0)
	Lado izquierdo	1.50	21.03	33.48	23.95	9.52	SC	A-2-6(0)
KM 165+000	Lado derecho	1.50	10.10	26.95	23.89	3.06	SM	A-1-b(0)
	Lado izquierdo	1.50	10.03	25.08	21.84	3.24	SM	A-1-b(0)
KM 166+000	Lado derecho	1.50	7.44	NP	NP	NP	SP-SM	A-1-b(0)
	Lado izquierdo	1.50	7.72	NP	NP	NP	SP-SM	A-1-b(0)
KM 167+000	Lado derecho	1.50	5.26	NP	NP	NP	SW	A-1-b(0)
	Lado izquierdo	1.50	5.54	NP	NP	NP	SW	A-1-b(0)
KM 168+000	Lado derecho	1.00	12.43	NP	NP	NP	SW	A-1-b(0)
	Lado izquierdo	1.00	12.62	NP	NP	NP	SW	A-1-b(0)
KM 169+000	Lado derecho	1.50	8.67	33.52	25.29	8.23	SW-SM	A-2-4(0)
	Lado izquierdo	1.50	8.43	31.61	22.53	9.08	SW-SM	A-2-4(0)
KM 170+000	Lado derecho	0.40	5.29	NP	NP	NP	GP-GM	A-1-a(0)
	Lado izquierdo	0.40	5.38	NP	NP	NP	GP-GM	A-1-a(0)

Fuente: Consorcio Traza

4.1.5.2. Resultados de ensayos de compactación

Tabla 4: Resumen de ensayos de compactación de suelos.

RESUMEN ENSAYOS DE LABORATORIO					
CALICATA	UBICACIÓN	PROCTOR MODIFICADO MTC E 115		CBR (95%)	CBR (100%)
		M.D.S.	O.C.H.		
KM 160+000	Lado derecho	1.920	11.30	20.6%	35.5%
KM 161+000	Lado izquierdo	1.810	14.20	33.5%	62.5%
KM 162+000	Lado derecho	2.145	9.30	38.0%	83.2%
KM 163+000	Lado izquierdo	2.061	8.20	36.6%	71.9%
KM 164+000	Lado derecho	1.680	16.40	19.3%	36.3%
KM 165+000	Lado izquierdo	1.655	10.20	21.4%	37.4%
KM 166+000	Lado derecho	1.668	9.60	27.7%	59.7%
KM 167+000	Lado izquierdo	1.750	8.20	18.0%	38.8%
KM 168+000	Lado derecho	1.790	7.90	22.3%	39.7%
KM 169+000	Lado izquierdo	1.678	13.90	19.8%	47.2%
KM 170+000	Lado derecho	1.890	8.60	29.8%	61.5%

Fuente: Consorcio Traza

4.2 Variables de diseño de la estructura del pavimento.

A continuación, se definirá los parámetros necesarios para desarrollar el diseño de la estructura del pavimento, este cálculo final de los espesores del pavimento se realizará por métodos ampliamente conocido como Guía ASSHTO.

4.2.1. Capacidad de soporte del suelo (CBR)

Según la recomendación de la metodología ASSHTO, para determinar el CBR de diseño para un determinado tramo, en este caso 10 kilómetros, corresponde al cálculo del promedio de valores individuales.

Los valores de CBR que serán promediados, se obtuvieron después del estudio geotécnico del tramo en total, realizando prospecciones y analizados en laboratorio donde los resultados lo mostramos a continuación (Tabla 5).

Tabla 5: Capacidad de soporte y CBR promedio.

CALICATA	KILÓMETRO	% CBR (95% MDS)
C-1	160+000	20.6
C-2	161+000	33.5
C-3	162+000	38
C-4	163+000	36.6
C-5	164+000	19.3
C-6	165+000	21.4
C-7	166+000	27.7
C-8	167+000	18
C-9	168+000	22.3
C-10	169+000	19.8
C-11	170+000	29.8

CBR PROMEDIO: 26.09%

Fuente: Elaboración propia.

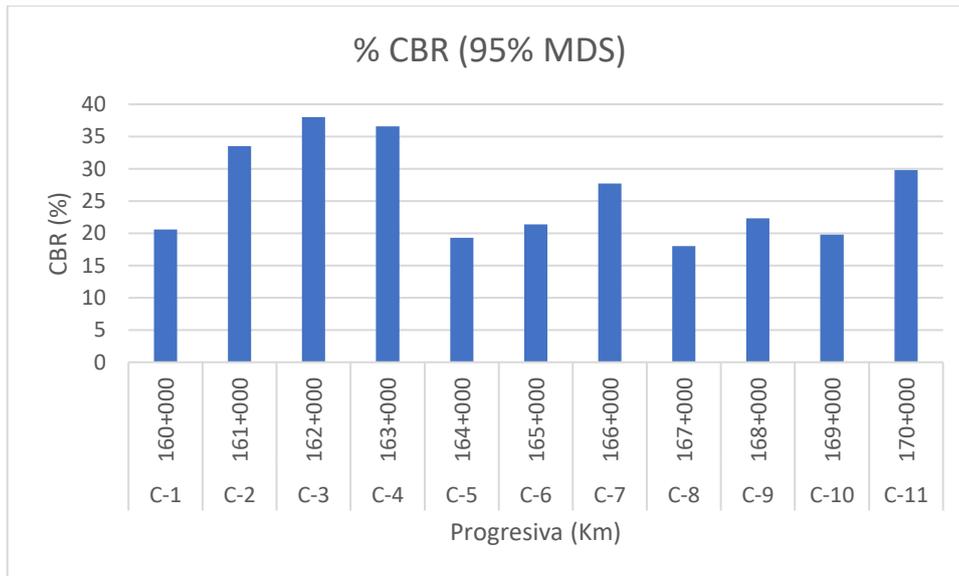


Gráfico 1: Capacidad de soporte del suelo.

4.2.2. Módulo resiliente (MR.)

Para cada valor de CBR existe un $Mr.$, resultado de emplear una expresión matemática que figura en la guía de diseño mecánica-empírica del NCHRP1, llamado ASSHTO 2008, que se presenta a continuación:

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

Por lo tanto, se determinó el Módulo resiliente de diseño para el tramo en estudio con un CBR promedio de **26.09%**.

$$Mr(psi) = 2555 \times 26.09^{0.64} = \mathbf{20603 \text{ psi}}$$

4.2.3. Ejes equivalentes de carga ESAL en la vía.

Según el tráfico proyectado, el estudio aprobado por el correspondiente especialista del gobierno regional de Lima, se tienen los siguientes valores para cada periodo de análisis, considerando 2020 como año donde se iniciará el servicio.

Tabla 6: Ejes equivalentes de carga ESAL.

EJES EQUIVALENTES			Año				
			2025	2030	2040	2025 a 2040	2030 a 2040
Tanta - Canchayllo	160+000	170+000	2.78E+06	6.29E+06	1.62E+07	1.35E+07	9.95E+06

4.2.4. Confiabilidad (desviación estándar normal).

La confiabilidad considerada para el diseño en este tramo y en el total del proyecto es **90%**, para el periodo actual y cada una de las etapas de acuerdo a los términos de referencia del proyecto.

4.2.5. Desviación estándar total (So).

Según las exigencias de ASSHTO estos valores están entre 0.40 a 0.50 para el diseño de la estructura del pavimento flexible, es así que la desviación estándar considerada en el diseño será **So=0.45**.

4.2.6. Índice de Serviciabilidad.

De acuerdo a los términos de referencia del proyecto en total se considera el índice de serviciabilidad final (PSI Final) de 2.0. Por lo tanto, concordando con este criterio, se empleará los siguientes índices de serviciabilidad:

Tabla 7: Índice de serviciabilidad

PSI	Asfaltado (MAC)	Tratamiento. Superficial. Bicapa (TSB)
PSI Inicial	4.0	3.5
PSI Final	2.0	2.0
Δ PSI	2.0	1.5

4.2.8. Coeficiente de drenaje.

Para las condiciones propias que tiene el tramo, que está a mas de 4300 m.s.n.m. donde las precipitaciones son frecuentes, el nivel de humedad próxima a saturar esta entre el 5% y 25%. Tratándose de una carretera nueva donde se construirá un buen sistema de drenaje los coeficientes de drenaje para base granular en este caso serán $m_2=1.0$ y $m_3=1.0$.

4.2.9. Periodo de diseño.

Será efectuado para un periodo de análisis de 20 años; se analizará el diseño en una sola etapa y en dos etapas, considerando una etapa de 10 años y la segunda hasta el año 20 (de acuerdo a la superficie de rodadura a analizar). En caso de pavimento rígido, el periodo de análisis mínimo será de 20 años.

4.2.10. Coeficiente de aporte estructural.

Estos coeficientes son estimados en base a los siguientes gráficos. las ecuaciones son:

$$a_2 = 0.249(\log_{10} E_{BS}) - 0.977$$

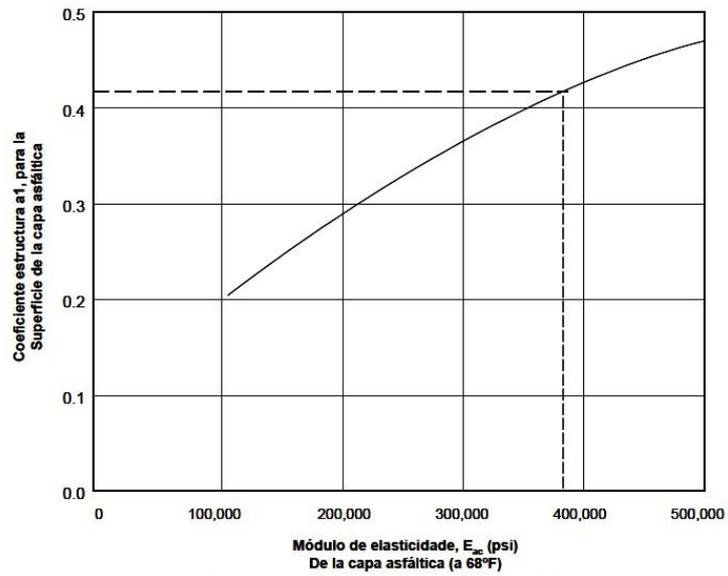
$$a_3 = 0.227(\log_{10} E_{SB}) - 0.839$$

Dónde:

EBS: módulo resiliente de base granular.

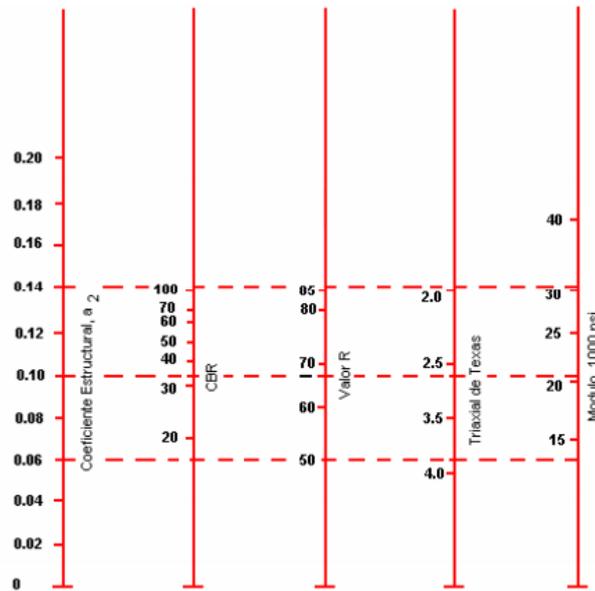
ESB: módulo resiliente de subbase granular.

Gráfico 2: Coeficiente de aporte a partir del módulo elástico del concreto asfáltico.



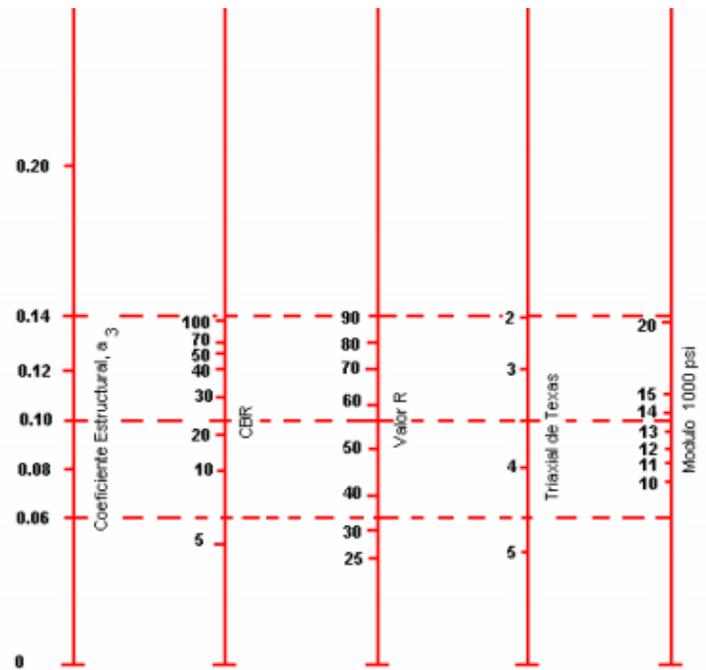
Fuente: Guía ASSHTO 1993

Gráfico 3: Variación en el coeficiente estructural de la capa de base granular.



Fuente: Guía ASSHTO 1993

Gráfico 4: Variación del coeficiente estructural de la capa sub base.



Fuente: Guía ASSHTO 1993

Tabla 8: Coeficiente estructural de las capas del pavimento.

Capa	CBR al 100% MDS (%)	Mr (psi)	Coeficiente estructural	
Carpeta asfáltica	---	440,000	0.44/pulg	0.176/cm
Base granular	100	30,000	0.14/pulg	0.056/cm
Sub base granular	10	17,000	0.12/pulg	0.048/cm

Fuente: Guía ASSHTO 1993.

4.3 Procedimiento de diseño de la estructura del pavimento.

Para determinar los espesores del pavimento flexible, hay que realizar el cálculo del número estructural que se obtiene resolviendo la siguiente ecuación:

$$\text{Log}W_{18} = Z_R S_o + 9.36 \log(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log\left(\frac{\Delta \text{PSI}}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log(M_R) - 0.87$$

Donde:

W_{18} : Número de repeticiones de ejes equivalentes (ESAL).

Z_R : Confiabilidad.

S_o : Desviación estándar.

SN: número estructural.

Δ PSI: Perdida de serviciabilidad.

M_R : Módulo resiliente del terreno o subrasante.

Calculado el número estructural se procede a estructurar los espesores del pavimento flexible, mediante la siguiente expresión matemática:

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 + a_1 D_3 m_3$$

Donde:

a_i : coeficiente de capa en función de las propiedades de los materiales

D_i : Espesores

m_i : Coeficiente de drenaje

4.3.1. Diseño de la estructura del pavimento para 20 años en una etapa.

El presente diseño es para determinar los espesores del pavimento proyectado a 20 años en una sola etapa.

Tabla 9: Parámetros de diseño, periodo 20 años.

PARÁMETROS DE DISEÑO				0-20 años
Número de ejes equivalentes				1.62E+06
Módulo Resiliente, Mr (psi)				20603
Nivel de confianza, R(%)				90
Factor de confiabilidad, Zr				-1.282
Desviación estándar, So				0.45
Serviciabilidad inicial				4.0
Serviciabilidad final				2.0
Δ PSI				2.0
Número estructural requerido			SN	3.61
Asfalto	---	a1=0.44	D1(pulg)	4.00
Base	m2=1	a2=0.14	D2(pulg)	5.00
Sub-base	m3=1	a3=0.12	D3(pulg)	10.00
Espesor total del pavimento			(pulg)	19.00
Número estructural propuesto			SN	3.66

Se adjunta resultado del cálculo del SN con software.

The screenshot shows the 'Diseño de Pavimento Flexible' software interface. The title bar reads 'Diseño de Pavimento Flexible' and 'Ecuación AASHTO 93'. The interface is divided into several sections:

- Serviciabilidad Inicial y Final:** PSI Inicial: 4, PSI Final: 2.
- Confiabilidad [Zr] y Desviación Estandar [So]:** Zr: -1.282, So: 0.45.
- Selección de dato que tiene:** Radio buttons for 'Espesor D' and 'Eje W18'. 'Eje W18' is selected. W18: 16200000.
- Módulo de Reacción de la Subrasante:** K: 20603 pci.
- Resultado:** A box with an orange border contains 'D: 3.61026 plg'.
- Legend:** pci = Libras /pulgadas³ [lb/plg³], psi = Libras /pulgadas² [lb/plg²], plg = Pulgadas.
- Buttons:** 'Calcular', 'Insertar', and 'Limpiar'.

Gráfico 5: Cálculo de número estructural, periodo 20 años.

Resumen de resultados del diseño:

RESUMEN		
Etapa	Estructura	Espesor (pulg.)
1er al 20vo año	Capa Asfáltica	4.00
	Base granular	5.00
	Sub base	10.00

4.3.2. Diseño de la estructura del pavimento en dos etapas (0 a 10 y 10 a 20 años).

Tabla 10: Parámetros de diseño, periodo 0 a 10 años.

PARÁMETROS DE DISEÑO				0-10 años	10-20 años
Número de ejes equivalentes				6.29E+06	9.95E+06
Módulo Resiliente, Mr (psi)				20603	20603
Nivel de confianza, R (%)				90	
Factor de confiabilidad, Zr				-1.282	
Desviación estándar, So				0.45	0.45
Serviciabilidad inicial				4.0	4.0
Serviciabilidad final				2.0	2.0
ΔPSI				2.0	2.0
Número estructural requerido			SN	3.12	3.35
Asfalto	---	a1=0.44	D1(pulg)	4.00	
Base	m2=1	a2=0.14	D2(pulg)	4.00	
Sub-base	m3=1	a3=0.12	D3(pulg)	7.00	
Espesor total del pavimento			(pulg)	15.00	
Número estructural propuesto			SN	3.16	

Diseño de Pavimento Flexible
Ecuación AASHTO 93

Serviciabilidad Inicial y Final

PSI Inicial: 4

PSI Final: 2

Confiableabilidad [Zr] y Desviación Estandar [So]

Zr: -1.282

So: 0.45

Seleccionar dato que tiene

Espesor D Eje W18

W18: 6290000

Módulo de Reacción de la Subrasante

K: 20603 pci

Resultado

D: 3.1198 plg

pci = Libras /pulgadas³ [lb/plg³]
psi = Libras /pulgadas² [lb/plg²]
plg = Pulgadas

Calcular Insertar Limpiar

Gráfico 6: Cálculo de número estructural, periodo 0 a 10 años.

Diseño de Pavimento Flexible
Ecuación AASHTO 93

Serviciabilidad Inicial y Final

PSI Inicial: 4

PSI Final: 2

Confiableabilidad [Zr] y Desviación Estandar [So]

Zr: -1.282

So: 0.45

Seleccionar dato que tiene

Espesor D Eje W18

W18: 9950000

Módulo de Reacción de la Subrasante

K: 20603 pci

Resultado

D: 3.35013 plg

pci = Libras /pulgadas³ [lb/plg³]
psi = Libras /pulgadas² [lb/plg²]
plg = Pulgadas

Calcular Insertar Limpiar

Gráfico 7: Cálculo de número estructural 10 a 20 años.

En esta etapa, se construirá un refuerzo permanente en una carpeta asfáltica en caliente sobre la calzada construida en la etapa anterior.

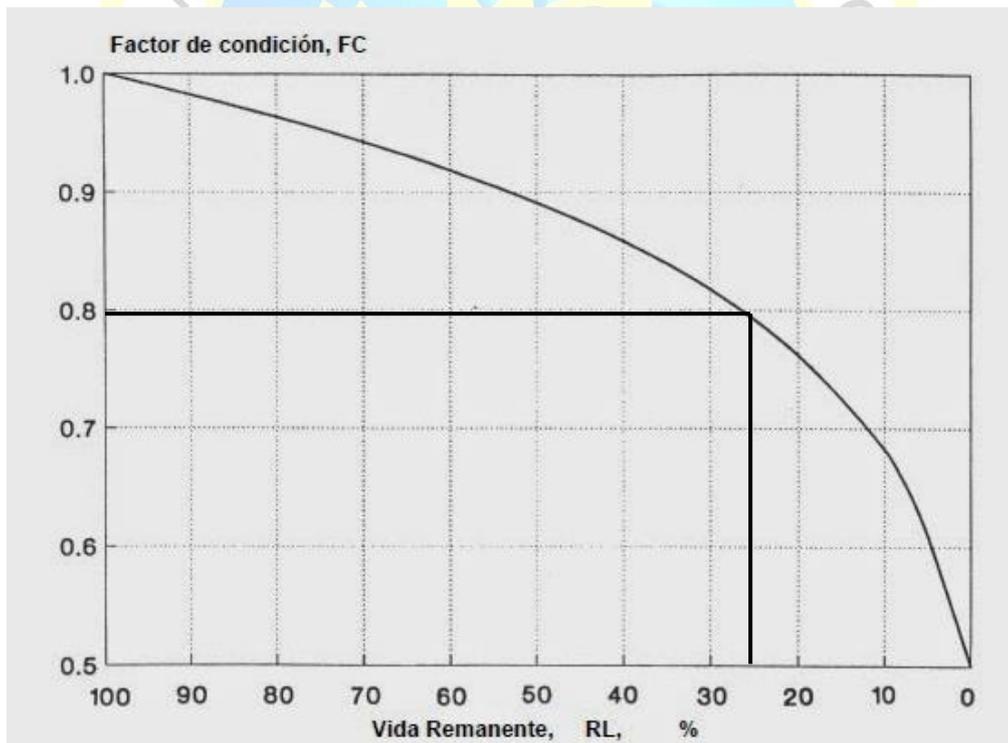
Según la guía ASSHTO, se calculará el SN de refuerzo con el criterio de Vida Remanente, descrita a continuación:

$$RL = 100 \left(1 - \frac{ESAL_{0-10 \text{ años}}}{ESAL_{final(indice)}} \right) \dots \dots \dots (1)$$

Posteriormente, conociendo el valor de RL se determina el (FC) utilizando el gráfico 11, para posteriormente determinar el SN remanente con la siguiente expresión:

$$SN_{REMANENTE} = SN_{EFECTIVO_{0-10 \text{ años}}} \times FC \dots \dots \dots (2)$$

Gráfico 8: Relación de perdida de factor de condición y pérdida de vida.



Fuente: Guía ASSHTO 1993

Finalmente se establece el espesor requerido del esfuerzo o re capado mediante la siguiente formula:

$$D_{01} = \frac{SN_{01}}{a_{01}} = \frac{SN_{REQ\ 10-20\ años} - SN_{REM\ 0-10\ años}}{a_{01}} \dots\dots (3)$$

Donde:

SN_{01} : Número estructural requerido del refuerzo (10-20 años).

a_{01} : Coeficiente estructural para refuerzo = 0.42/pulg.

D_{01} : Espesor requerido del esfuerzo o re capado.

A continuación, presentamos los resultados obtenidos en base a los criterios definidos anteriormente:

Tabla 11: Cálculo de número de ejes equivalentes, con índice de serviciabilidad final =1.50

Cálculo de número de ejes equivalentes	
Módulo Resilente, Mr (psi)	20603
Nivel de confianza, R(%)	90
Factor de confiabilidad, Zr	-1.282
Desviación estándar, So	0.45
Serviciabilidad inicial	4.0
Serviciabilidad final	1.5 (*)
Δ PSI	2.5
Número estructural propuesto	SN 3.16
Número de ejes equivalentes	8.41E+06

(*) Valor considerado como aquel inductor al daño

Se adjunta el cálculo en software.

Gráfico 9: Cálculo de número de ejes equivalentes, con índice de serviciabilidad final =1.50.

Tabla 12: Cálculo del espesor de refuerzo asfáltico 10 a 20 años.

Cálculo del espesor de refuerzo asfáltico		
ESAL (0-10 años)		6.29E+06
ESAL (pt=1.50)		8.41E+06
Coeficiente estructural para refuerzo (pulg).		0.42
RL		26%
FC		0.795
SN Existente		3.16
SN Remanente		2.51
SN Requerido		3.35
Refuerzo asfáltico	Do	1.99
Refuerzo asfáltico final	Do final	2.00

Resumen de resultados del diseño:

RESUMEN		
Etapa	Estructura	Espesor (pulg)
1° ETAPA (1er al 10mo año)	Capa asfáltica	4.00
	Base granular	4.00
	Sub base	7.00
2° ETAPA (11vo al 20vo año)	Refuerzo asfáltico	2.00

4.3.2. Diseño de la estructura del pavimento en dos etapas (0 a 5 y 5 a 20 años).

1ra etapa 0 a 5 años: Tratamiento superficial bicapa (TSB).

Tabla 13: Parámetros de diseño periodo 0 a 5 años.

PARÁMETROS DE DISEÑO				0-05 años
Número de ejes equivalentes				2.78E+06
Módulo Resilente, Mr (psi)				20603
Nivel de confianza, R(%)				90
Factor de confiabilidad, Zr				-1.282
Desviación estándar, So				0.45
Serviciabilidad inicial				3.5
Serviciabilidad final				2.0
ΔPSI				1.5
Número estructural requerido			SN	2.83
M.A.	---	a1=0	D1(pulg)	0.00
Base	m2=1	a2=0.14	D2(pulg)	8.00
Sub-base	m3=1	a3=0.12	D3(pulg)	14.25
Espesor total del pavimento			(pulg)	22.25
Número estructural propuesto			SN	2.83

Gráfico 10: Cálculo de número estructural 0 a 5 años.

2da etapa 5 a 20 años: Refuerzo con carpeta asfáltica.

Tabla 14: Parámetros de diseño periodo 0 a 5 y 5 a 20 años.

PARÁMETROS DE DISEÑO				0-05 años	05-20 años
Número de ejes equivalentes				2.78E+06	1.35E+07
Módulo Resiliente, Mr (psi)				20603	20603
Nivel de confianza, R(%)				90	90
Factor de confiabilidad, Zr				-1.282	-1.282
Desviación estándar, So				0.45	0.45
Serviciabilidad inicial				3.5	4.0
Serviciabilidad final				2.0	2.0
Δ PSI				1.5	2.0
Número estructural requerido		SN		2.83	3.51
M.A.	---	a1=0	D1(pulg)	0.00	
Base	m2=1	a2=0.14	D2(pulg)	8.00	
Sub-base	m3=1	a3=0.12	D3(pulg)	14.25	
Espesor total del pavimento			(pulg)	22.25	
Número estructural propuesto		SN		2.83	

Diseño de Pavimento Flexible

Ecuación AASHTO 93

Serviciabilidad Inicial y Final

PSI Inicial: 3.5

PSI Final: 2

Confiableabilidad [Zr] y Desviación Estandar [So]

Zr: -1.282

So: 0.45

Seleccionar dato que tiene

Espesor D Eje W18

W18: 2780000

Módulo de Reacción de la Subrasante

K: 20603 pci

Resultado

D: 2.83289 plg

pci = Libras /pulgadas³ [lb/plg³]
psi = Libras /pulgadas² [lb/plg²]
plg = Pulgadas

Calcular Insertar Limpiar

Gráfico 11: Cálculo de número estructural 0 a 5 años.

Diseño de Pavimento Flexible

Ecuación AASHTO 93

Serviciabilidad Inicial y Final

PSI Inicial: 4

PSI Final: 2

Confiableabilidad [Zr] y Desviación Estandar [So]

Zr: -1.282

So: 0.45

Seleccionar dato que tiene

Espesor D Eje W18

W18: 13500000

Módulo de Reacción de la Subrasante

K: 20603 pci

Resultado

D: 3.51112 plg

pci = Libras /pulgadas³ [lb/plg³]
psi = Libras /pulgadas² [lb/plg²]
plg = Pulgadas

Calcular Insertar Limpiar

Gráfico 12: Cálculo de número estructural 5 a 20 años.

En esta etapa, se construirá un refuerzo permanente en una carpeta asfáltica en caliente sobre la calzada construida en la etapa anterior.

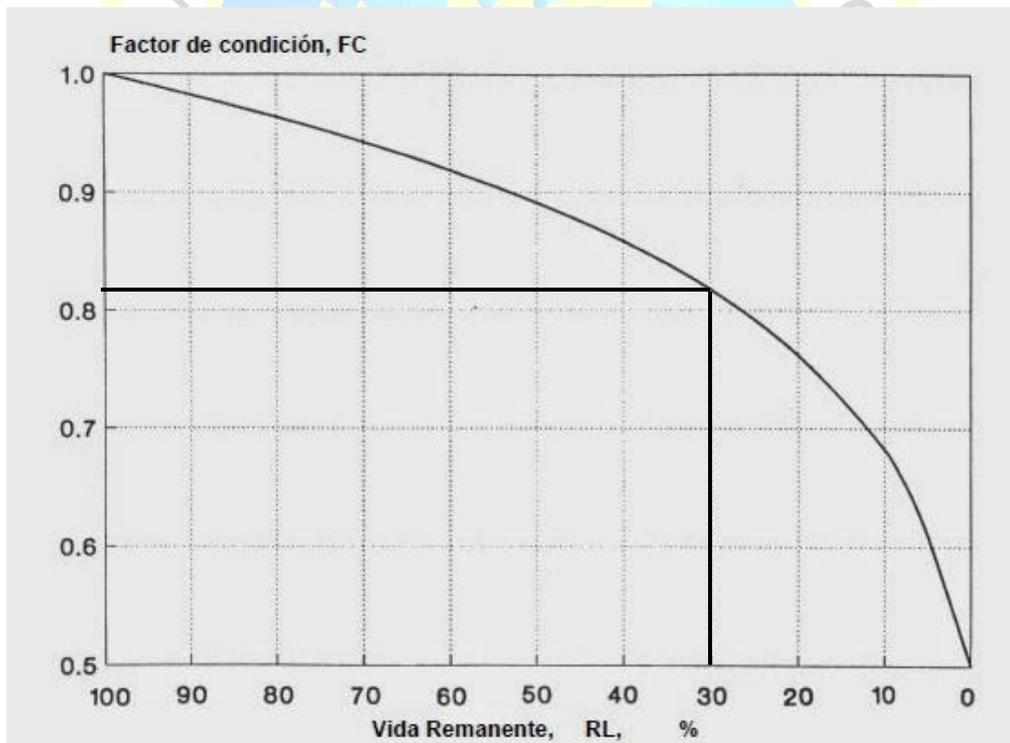
Según la guía ASSHTO, se calculará el SN de refuerzo con el criterio de Vida Remanente, descrita a continuación:

$$RL = 100 \left(1 - \frac{ESAL_{0-5 \text{ años}}}{ESAL_{final(indice)}} \right) \dots \dots \dots (1)$$

Posteriormente, conociendo el valor de RL se determina el (FC) utilizando el gráfico 11, para posteriormente determinar el SN remanente con la siguiente expresión:

$$SN_{REMANENTE} = SN_{EFECTIVO_{0-5 \text{ años}}} \times FC \dots \dots \dots (2)$$

Gráfico 13: Relación de perdida de factor de condición y pérdida de vida.



Fuente: Guía ASSHTO 1993

Finalmente se establece el espesor requerido del esfuerzo o re capado mediante la siguiente formula:

$$D_{01} = \frac{SN_{01}}{a_{01}} = \frac{SN_{REQ\ 5-20\ años} - SN_{REM\ 0-5\ años}}{a_{01}} \dots\dots (3)$$

Donde:

SN_{01} : Número estructural requerido del refuerzo (5-20 años).

a_{01} : Coeficiente estructural para refuerzo = 0.42/pulg.

D_{01} : Espesor requerido del esfuerzo o re capado.

A continuación, presentamos los resultados obtenidos en base a los criterios definidos anteriormente:

Tabla 15: Cálculo de número de ejes equivalentes, con índice de serviciabilidad final =1.50

Cálculo de número de ejes equivalentes	
Módulo Resiliente, Mr (psi)	20603
Nivel de confianza, R(%)	90
Factor de confiabilidad, Zr	-1.282
Desviación estándar, So	0.45
Serviciabilidad inicial	4.0
Serviciabilidad final	1.5 (*)
Δ PSI	2.5
Número estructural propuesto	SN 2.83
Número de ejes equivalentes	3.95E+06

(*) Valor considerado como aquel inductor al daño

Se adjunta el cálculo en software.

Gráfico 14: Cálculo de número de ejes equivalentes, con índice de serviciabilidad final =1.50.

Tabla 16: Cálculo del espesor de refuerzo asfáltico 5 a 20 años.

Cálculo del espesor de refuerzo asfáltico		
ESAL (0-5 años)		2.78E+06
ESAL (pt=1.50)		3.95E+06
Coeficiente estructural para refuerzo (pulg).		0.42
RL		30%
FC		0.82
SN Existente		2.83
SN Remanente		2.32
SN Requerido		3.51
Refuerzo asfáltico	Do	2.83
Refuerzo asfáltico final	Do final	2.90

Resumen de resultados del diseño:

RESUMEN		
Etapa	Estructura	Espesor (pulg)
1° ETAPA (1er al 5to año)	TSB	x
	Base granular	8.00
	Sub base	14.25
2° ETAPA (6to al 20vo año)	Refuerzo asfáltico	2.90

4.4 Presentación de Cuadros, Gráficos e Interpretaciones

4.1.1. Resultados de la variable Estudio Geotécnico

Tabla 17: Respuesta de los Ingenieros encargados de la obra, sobre exploración de campo.

EXPLORACIÓN DE CAMPO		
NIVELES	Frecuencia	Porcentaje
NUNCA	41	68%
AVECES	19	32%
SIEMPRE	0	0%
Total	60	100.0%

Fuente: Elaboración propia

Figura 6: exploración de campo



Fuente: Elaboración propia

Se realizó una encuesta a **15** Profesionales de la obra. De los cuales el **0%** de los Ingenieros precisaron que siempre se da Exploración de Campo, el **32%** de los Ingenieros que a veces se da la Exploración de Campo y el **68%** de los Ingenieros que nunca se da la Exploración de Campo.

Tabla 188: Respuesta de los Ingenieros encargados de la obra, sobre la clasificación de suelos.

CLASIFICACIÓN DE SUELOS		
NIVELES	Frecuencia	Porcentaje
NUNCA	38	63%
AVECES	21	35%
SIEMPRE	1	1%
Total	60	100.0%

Fuente: Elaboración propia

Figura 7: Clasificación de Suelos



Fuente: Elaboración propia

Se realizó una encuesta a **15** Profesionales de la obra. De los cuales el **1%** de los Ingenieros precisaron que siempre se da Clasificación de Suelos, el **35%** de los Ingenieros que a veces se da la Clasificación de Suelos y el **63 %** de los Ingenieros que nunca se da la Clasificación de Suelos.

Tabla 19: Respuesta de los Ingenieros encargados de la obra, sobre la compactación de suelos.

COMPACTACIÓN DE SUELOS		
NIVELES	Frecuencia	Porcentaje
NUNCA	42	70%
AVECES	18	30%
SIEMPRE	0	0%
Total	60	100.0%

Fuente: Elaboración propia

Figura 8: Compactación de Suelos



Fuente: Elaboración propia

Se realizó una encuesta a **15** Profesionales de la obra. De los cuales el **0%** de los Ingenieros precisaron que siempre se da Compactación de Suelos, el **30%** de los

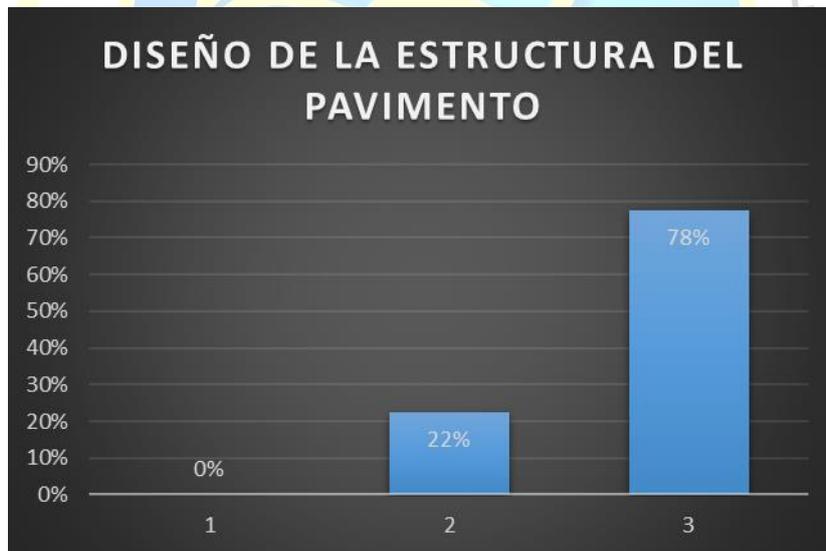
Ingenieros que a veces se da la Compactación de Suelos y el **70%** precisaron que nunca se realiza la Compactación de Suelos.

Tabla 20: Respuesta de los Ingenieros encargados de la obra, sobre el Diseño de la Estructura del Pavimento.

DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO		
NIVELES	Frecuencia	Porcentaje
NUNCA	0	0%
AVECES	37	22%
SIEMPRE	128	78%
Total	165	100.0%

Fuente: Elaboración propia

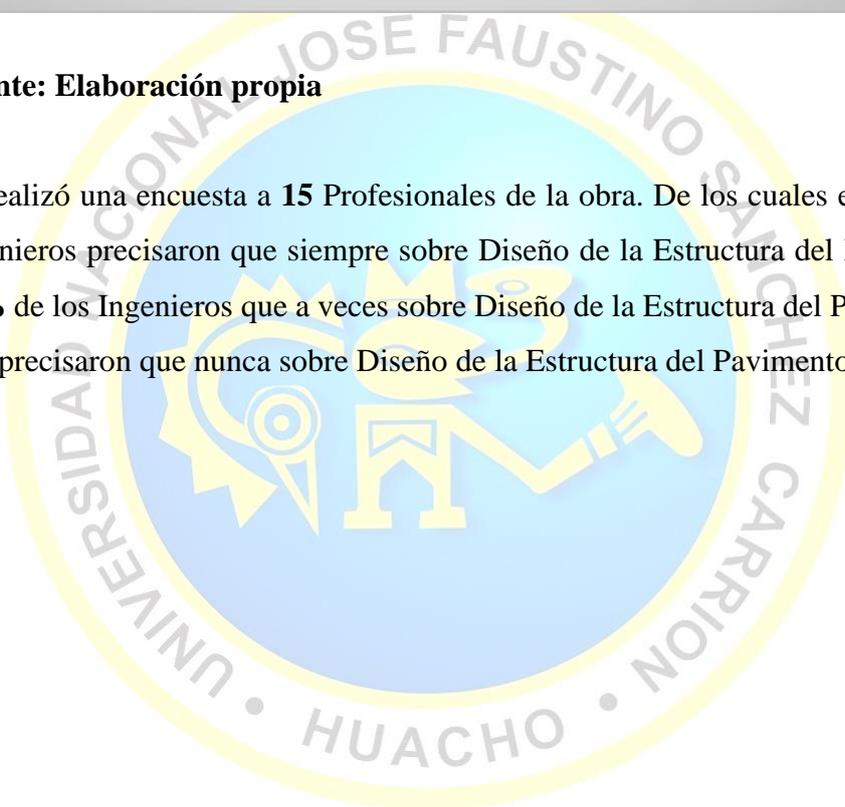
Figura 9: Diseño de la Estructura del Pavimento





Fuente: Elaboración propia

Se realizó una encuesta a **15** Profesionales de la obra. De los cuales el **78%** de los Ingenieros precisaron que siempre sobre Diseño de la Estructura del Pavimento, el **22%** de los Ingenieros que a veces sobre Diseño de la Estructura del Pavimento y el **0%** precisaron que nunca sobre Diseño de la Estructura del Pavimento.



4.5 Contratación de hipótesis

PLANTEAMIENTO DE HIPOTESIS GENERAL

H₀: No existe relación entre el Estudio Geotécnico y el Diseño de la Estructura del Pavimento, en la nueva carretera central, tramo tanta – canchayllo (km 160 - 170), jauja 2019.

H₁: Existe relación entre el Estudio Geotécnico y el Diseño de la Estructura del Pavimento, en la nueva carretera central, tramo tanta – canchayllo (km 160 - 170), jauja 2019.

DEMOSTRACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Utilizamos el siguiente criterio:

Si la significancia asintótica (**p**) > al nivel de significancia (**0.05**), se acepta la H₀.

Si el valor de **p**<**0.05** se acepta **H₁**.

Aplicamos SPSS v25:

Tabla 19: Correlación de Rho de Spearman

Correlaciones

		ESTUDIO GEOTECNIC O	DISEÑO DE LA ESTRUCTUR A DEL PAVIMENTO
ESTUDIO GEOTECNICO	Correlación de Pearson	1	,690**
	Sig. (bilateral)		,004
	N	15	15
DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO	Correlación de Pearson	,690**	1
	Sig. (bilateral)	,004	
	N	15	15

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente. Elaboración propia

INTERPRETACIÓN:

Como se observa en tabla 13 la significancia asintótica **0,004** es menor que el nivel de significación **0.01**, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna (hipótesis del investigador). Es decir, Existe relación entre el Estudio Geotécnico y el Diseño de la Estructura del Pavimento, en la nueva carretera central, tramo tanta – canchayllo (km 160 - 170), jauja 2019. Además, la correlación de Rho de Spearman es **0.690**, de acuerdo a la escala de Bisquerra dicha correlación es Buena.

PLANTEAMIENTO DE HIPOTESIS ESPECÍFICA 1

H₀: No existe relación entre la Exploración de Campo y el Diseño de la Estructura del Pavimento, en la nueva carretera central, tramo tanta – canchayllo (km 160 - 170), jauja 2019.

H₁: Existe relación entre la Exploración de Campo y el Diseño de la Estructura del Pavimento, en la nueva carretera central, tramo tanta – canchayllo (km 160 - 170), jauja 2019.

DEMOSTRACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Utilizamos el siguiente criterio:

Si la significancia asintótica (**p**) > al nivel de significancia (**0.05**), se acepta la H₀.

Si el valor de **p<0.05** se acepta **H₁**.

Aplicamos SPSS v25:

Tabla 20: Correlación entre Exploración de Campo y Diseño de la Estructura del Pavimento.

Correlaciones

		EXPLORACION DE CAMPO	DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO
EXPLORACION DE CAMPO	Correlación de Pearson	1	,683**
	Sig. (bilateral)		,005
	N	15	15
DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO	Correlación de Pearson	,683**	1
	Sig. (bilateral)	,005	
	N	15	15

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia

INTERPRETACIÓN:

Como se observa en tabla 14 la significancia asintótica **0,005** es menor al nivel de significación **0.01**, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna (hipótesis del investigador). Es decir, Existe relación entre la Exploración de Campo y el Diseño de la Estructura del Pavimento, en la nueva carretera central, tramo tanta – canchayllo (km 160 - 170), jauja 2019.

. Además, la correlación de Rho de Spearman es **0.683**, de acuerdo a la escala de Bisquerra dicha correlación es Buena.

PLANTEAMIENTO DE HIPOTESIS ESPECÍFICA 2

H₀: No existe relación entre la Clasificación de Suelos y el Diseño de la Estructura del Pavimento, en la nueva carretera central, tramo tanta – canchayllo (km 160 - 170), jauja 2019.

H₁: Existe relación entre la Clasificación de Suelos y el Diseño de la Estructura del Pavimento, en la nueva carretera central, tramo tanta – canchayllo (km 160 - 170), jauja 2019.

DEMOSTRACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Utilizamos el siguiente criterio:

Si la significancia asintótica (**p**) > al nivel de significancia (**0.05**), se acepta la H₀.

Si el valor de **p**<**0.05** se acepta **H₁**.

Aplicamos SPSS v25:

Tabla 21: Correlación entre Clasificación de Suelos y el Diseño de la Estructura del Pavimento.

Correlaciones

		CLASIFICACION DE SUELOS	DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO
CLASIFICACION DE SUELOS	Correlación de Pearson	1	,515 [*]
	Sig. (bilateral)		,049
	N	15	15
DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO	Correlación de Pearson	,515 [*]	1
	Sig. (bilateral)	,049	
	N	15	15

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia

INTERPRETACIÓN:

Como se observa en tabla 15 la significancia asintótica **0,049** es menor que el nivel de significación **0.05**, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna (hipótesis del investigador). Es decir, Existe relación entre la Clasificación de Suelos y el Diseño de la Estructura del Pavimento, en la nueva carretera central, tramo tanta – canchayllo (km 160 - 170), jauja 2019. Además, la correlación de Rho de Spearman es **0.515**, de acuerdo a la escala de Bisquerra dicha correlación es Moderada.

PLANTEAMIENTO DE HIPOTESIS ESPECÍFICA 3

H₀: No existe relación directa entre la Compactación de Suelos y el Diseño de la Estructura del Pavimento, en la nueva carretera central, tramo tanta – canchayllo (km 160 - 170), jauja 2019.

H₁: Existe relación directa entre la Compactación de Suelos y el Diseño de la Estructura del Pavimento, en la nueva carretera central, tramo tanta – canchayllo (km 160 - 170), jauja 2019.

DEMOSTRACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Utilizamos el siguiente criterio:

Si la significancia asintótica (**p**) > al nivel de significancia (**0.05**), se acepta la **H₀**.

Si el valor de **p<0.05** se acepta **H₁**.

Aplicamos SPSS v25:

Tabla 22: Correlación entre Compactación de Suelos y el Diseño de la Estructura del Pavimento.

Correlaciones

		COMPACTACION DE SUELOS	DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO
COMPACTACION DE SUELOS	Correlación de Pearson	1	,576*
	Sig. (bilateral)		,025
	N	15	15
DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO	Correlación de Pearson	,576*	1
	Sig. (bilateral)	,025	
	N	15	15

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia

INTERPRETACIÓN:

Como se observa en tabla 16 la significancia asintótica **0,025** es menor que el nivel de significación **0.05**, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna (hipótesis del investigador). Es decir, Existe relación directa entre la Compactación de Suelos y el Diseño de la Estructura del Pavimento, en la nueva carretera central, tramo tanta – canchayllo (km 160 - 170), jauja 2019.

Además, la correlación de Rho de Spearman es **0.576**, de acuerdo a la escala de Bisquerra dicha correlación es Moderada.

CAPITULO V

DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN, CONCLUSIONES RECOMENDACIONES.

5.1 DISCUSIÓN:

1. En la presente investigación, una adecuada exploración de campo, nos permitieron determinar las falencias del terreno y las posibles fallas a futuro en el diseño adecuado de la estructura del pavimento para el proyecto de la nueva carretera central, tramo tanta - canchayllo (km 160 - 170), jauja 2019. Asimismo, se hizo un recojo de muestras para poder determinar el procedimiento adecuado para el mejoramiento del suelo que soportara la estructura.

2. La clasificación de los suelos es una ventaja ya que nos proporciona distintas soluciones a posibles fallas que podría tener el diseño de la estructura de pavimento, como cimientos en terrenos con una capacidad portante muy baja lo cual no cumple con las características mecánicas necesarias y se generarían daños estructurales.

3. La compactación de suelos es un proceso necesario en muchos casos, ya que mejora la capacidad portante de dicho suelo, y evitar a futuro posibles fallas leves o graves. Los cortes y rellenos que se realizaran deberán ser debidamente compactados para aumentar la capacidad portante y que soporte las cargas aplicadas a la estructura de pavimento.

5.2 CONCLUSIONES

1. La exploración de campo, se relaciona con el diseño la estructura del pavimento en la nueva carretera central, tramo Tanta - Canchayllo (km 160 - 170), jauja 2019. Significancia asintótica 0,004 es menor que el nivel de significación 0.05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna (hipótesis del investigador). Es decir, así el valor de correlación directa y alta ($r = 0.691$).

2. La clasificación de los suelos, se relaciona con el diseño la estructura del pavimento en la nueva carretera central, tramo Tanta - Canchayllo (km 160 - 170), jauja 2019.

Así podemos decir que se encontró un valor de correlación ($r = 0.275$), y la asociación significativa bilateral es ($\text{sig.} = 0.321$).

3. La compactación de suelos, se relaciona con el diseño la estructura del pavimento en la nueva carretera central, tramo Tanta - Canchayllo (km 160 - 170), jauja 2019. El resultado que significancia asintótica **0,020** es menor que el nivel de significación **0.05**, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna (hipótesis del investigador). Así el valor de correlación directa y moderada ($r = 0.593$).

5.3 RECOMENDACIONES

1.- En base a los resultados obtenidos en el diseño de pavimento se recomienda construir en 2 etapas, de 0 a 5 años y de 5 a 20 años, donde la primera etapa consiste en tener una estructura TSB y la segunda reforzada con capa asfáltica, donde recomendablemente para una carretera nueva la primera etapa ayudaría a corregir y solucionar problemas en la estructura del pavimento, reacondicionando a menos costo a comparación de existir capa asfáltica desde el año 0.

2.- Al tratarse de una carretera de nivel de autopista de segunda clase, y cruzar topografías desde planas a escarpadas, donde se tienen terraplenes de hasta 20 metros, y en el caso de elegir la construcción en 2 etapas, específicamente la que cité en la primera recomendación, elaborar un nuevo estudio de suelos dentro de los primeros 5 años y recalcular la estructura del pavimento, en la que se tendrá más exactitud debido a que las prospecciones de campo se realizará a nivel de subrasante.

CAPITULO VI

FUENTES DE INFORMACIÓN

5.1 Fuentes Bibliográficas

- Alva, J. (1996). *Diseño de cimentaciones*. LIMA: Instituto de la Construcción y Gerencia.
- Badillo, J., & Rodriguez, R. (2005). *Mecánica de suelos - Tomo 1: Fundamentos de la mecánica de suelos*. Mexico D.F.: Limusa.
- Becerra, M. (2012). *Tópicos de pavimento de concreto*. Lima: Flujo Libre.
- Braja M., D. (1985). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. California: Cole Publishing Company.
- Cárdenas, J. (2013). *Diseño Geométrico de Carreteras*. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- Chávez, R. (2018). *Diseño del Pavimento Flexible para la AV. Morales Duárez, de la Vía Expresa Línea Amarilla en la Ciudad de Lima*. Lima: Universidad Nacional Federico Villarreal.
- Escobar, C., & Gonzalo, D. (2017). *Geotécnia para el tropico andino*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: McGraw-Hill Interamericana.
- Jimenez, J., & de Justo, J. (1975). *Geotecnia y Cimientos I (Propiedades de los Suelos y de las Rocas)*. España.
- López, J. (2016). *El Diseño de Pavimentos Flexibles, su Comportamiento Estructural, e Incidencia en el Deterioro Temprano de la Red Vial en la Provincia de Tungurahua*. Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.
- Menéndez, R. (2009). *Ingeniería de pavimentos materiales, diseño y conservación*. Lima: Instituto de la Construcción y Gerencia.

- Minaya, S., & Ordóñez, A. (2006). *Diseño Moderno de Pavimentos Asfálticos*. LIMA: Instituto de la Construcción y Gerencia.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). *Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*. Lima: ICG.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). *Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*. Lima: Instituto de la Construcción y Gerencia .
- Miranda, R. (2010). *Deterioros en Pavimentos Flexibles y Rígidos*. Chile: Universidad Austral de Chile.
- Montejo, A. (1997). *Ingeniería de pavimentos para carreteras*. Bogota: Agora Editores.
- Rengifo, K. (2014). *Diseño de los Pavimentos de la Nueva Carretera Panamericana Norte en el Tramo de Huacho a Pativilca (km 188 a 189)*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Rico, A., & Del Castillo, H. (1976). *La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres (Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas)*. México: Limusa.
- Rico, A., & Del Castillo, H. (1976). *La ingeniería de suelos en las vías terrestres Volumen I*. Mexico: Limusa.
- Rodríguez, C., & Rodríguez , J. (2004). *Evaluación y Rehabilitación de Pavimentos Flexibles por el Método del Reciclaje*. El Salvador: Universidad de el Salvador.
- Rodríguez, J., Serra, J., & Oteo, C. (1984). *Curso Aplicado de Cimentaciones*. Madrid: Colegio oficial de arquitectos de Madrid.
- Sarmiento , J., & Arias, T. (2015). *Análisis y Diseño Vial de la Avenida Martir Olaya ubicada en el distrito de Lurín del Departamento de Lima*. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Terzagui, K., & Peck, R. (1973). *Mecánica de suelos en la ingeniería práctica*. Barcelona: El Ateneo.
- Vargas, W. (2010). *Notas del curso geotécnia vial I*. San José, Costa Rica: LanammeUCR.

5.2 Fuentes electrónicas

- <https://tulosabias.com/wp-content/uploads/2017/12/Diseño-geométrico-de-carreteras-2da-Edición-James-Cárdenas-Grisales.pdf>
- https://www.slideshare.net/tuko004/diseo-de-cimentaciones-icg?qid=a771ce7d-cf1a-4dc8-a759-d8a02f81a9a6&v=&b=&from_search=1
- [https://www.academia.edu/34518015/Mecánica de suelos Tomo I - Juarez Badillo.pdf?auto=download](https://www.academia.edu/34518015/Mecánica_de_suelos_Tomo_I_-_Juarez_Badillo.pdf?auto=download)
- [https://www.academia.edu/9036949/Autor Tópicos de Pavimentos de Concreto](https://www.academia.edu/9036949/Autor_Tópicos_de_Pavimentos_de_Concreto)
- <https://es.slideshare.net/ralvmrz/fundamentos-de-ingeniera-geotcnica-braja-m-das>
- <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>
- <https://es.scribd.com/document/373776310/Geotecnia-y-Cimientos-Tomo-1-Jimenez-Salas>
- <https://es.scribd.com/doc/23504656/Curso-Aplicado-de-Cimentaciones-Colegio-Arquitectos-Madrid>



ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

	PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	METODOLOGÍA
PRINCIPAL	¿En qué medida el estudio geotécnico se relaciona con el diseño de la estructura del pavimento en la nueva carretera central, tramo Tanta – Canchayllo (Km 160 – 170), Jauja 2019?	Determinar en qué medida el estudio geotécnico se relaciona con el diseño de la estructura del pavimento en la nueva carretera central, tramo Tanta – Canchayllo, (Km 160 – 170), Jauja, 2019.	El estudio geotécnico se relaciona con el diseño de la estructura del pavimento en la nueva carretera central, tramo Tanta – Canchayllo, (Km 160 – 170), Jauja, 2019.	VARIABLE 1 ESTUDIO GEOTÉCNICO	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Exploración de campo ✓ Ensayo de clasificación de suelos ✓ Ensayo de compactación de suelos 	<p>1. Enfoque de la Investigación: Cuantitativo</p> <p>2. Tipo de Investigación: Transversal</p> <p>3. Diseño de Investigación No experimental</p> <p>4. Nivel de Investigación Correlacional</p> <p>5. Población.</p> <p>Muestra</p> <p>6. Técnicas de recolección de datos:</p> <p>7. Estadístico de Prueba y validación Programa estadístico SPSS</p>
ESPECÍFICOS	¿En qué medida la exploración de campo se relaciona con el diseño de la estructura del pavimento?	Determinar en qué medida la exploración de campo se relaciona con el diseño de la estructura del pavimento	La exploración de campo se relaciona con el diseño de la estructura del pavimento.	VARIABLE 2 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Tránsito ✓ Fuente de materiales ✓ Clima ✓ Componentes de la estructura 	
	¿En qué medida el ensayo de clasificación de suelos se relaciona con el diseño de la estructura del pavimento?	Determinar en qué medida el ensayo de clasificación de suelos se relaciona con el diseño de la estructura del pavimento	El ensayo de clasificación de suelos se relaciona con el diseño de la estructura del pavimento.			
	¿En qué medida el ensayo de compactación de suelos se relaciona con el diseño de la estructura del pavimento?	Determinar en qué medida el ensayo de compactación de suelos se relaciona con el diseño de la estructura del pavimento	El ensayo de compactación de suelos se relaciona con el diseño de la estructura del pavimento.			

ANEXO 2: ENCUESTA SOBRE ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA DISEÑAR LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO

Buenos días, la presente encuesta tiene por objetivo conocer su opinión respecto al ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA DISEÑAR LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO EN LA NUEVA CARRETERA CENTRAL, TRAMO TANTA - CANCHAYLLO (KM 160 - 170), JAUJA 2019, por lo que agradeceremos que responda a las preguntas formuladas con mucha sinceridad, sus respuestas serán confidenciales y anónimas.

De antemano: ¡muchas gracias por su colaboración!

I. INSTRUCCIONES

Todas las preguntas tienen cinco opciones de respuesta. Elija la que mejor describa lo que piensa usted, Solamente una opción, Marque con claridad la opción elegida con un aspa “X

1=Nunca; 2=A veces; 3=Siempre

Si no puede contestar una pregunta o si la pregunta no tiene sentido para usted, por favor pregúntele a la persona que le entregó este cuestionario y le explicó la importancia de su participación.

ESTUDIO GEOTÉCNICO			
I.- EXPLORACIÓN DE CAMPO	Calificación		
	1	2	3
1.- No es recomendable realizar la excavación de calicatas a cada 1000 metros, para un proyecto en etapa de perfil.			
2.- No es viable reemplazar la excavación de calicata por un estudio geológico en un proyecto vial.			
3.- No es mejor tener un laboratorio in situ para el procesamiento de las muestras extraídas.			
4.- Las muestras no deben ser sometidas a ensayo preferentemente después de ser extraídas.			
Calificación			
II.- CLASIFICACIÓN DE SUELOS	1	2	3
1.- Los laboratorios que realizarán los ensayos, tienen necesariamente estar certificados por INACAL.			

2.- Es importante la supervisión del consultor al laboratorio contratado en el proceso de realización de los ensayos.			
3.- Los resultados en los ensayos de clasificación de suelos tienen que tener una similitud al registro de excavación.			
4.- Es viable reemplazar un ensayo de clasificación de suelos por el simple criterio descriptivo de un profesional.			
	Calificación		
	1	2	3
III.- COMPACTACIÓN DE SUELOS			
1.- Los equipos mal calibrados y usados en un ensayo de compactación de suelos, no influyen en los resultados para el diseño de la estructura.			
2.- Una mala interpretación de los resultados de los ensayos de compactación de suelos, no influye en el diseño de la estructura del pavimento.			
3.- El ensayo Proctor Estándar no es indispensable para el diseño de la estructura del pavimento.			
4.- La cantidad de humedad en un suelo no es determinante para la obtención de la densidad seca óptima de la misma.			
	Calificación		
	1	2	3
IV.- DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO			
1.- Para un proyecto de trazo nuevo, el estudio de tráfico que sería referencial, sería un problema en el diseño de la estructura del pavimento.			
2.- Es importante saber el tráfico previsto para tener óptimos resultados en la estructura final del pavimento.			
3.- La calidad de los materiales influye a futuro en la vida útil de la estructura del pavimento.			
4.- La expansión, contracción y el envejecimiento de la estructura del pavimento se debe a las altas temperaturas.			
5.- La capa subbase debe de estar constituido por un material de capacidad de soporte superior a la del suelo compactado.			
6.- La capa asfáltica tiene como función principal la de impermeabilizar el pavimento con la finalidad que las capas inferiores mantengan su capacidad de soporte.			
7.- Los ensayos de CBR es fundamental para la sectorización de la vía y así realizar el diseño del pavimento de acuerdo a sus propiedades físicas y mecánicas.			

8.- El estudio geotécnico es fundamental para definir los tramos en donde se reemplazará todo el material existente, y tener una base optima del pavimento.			
9.- La capacidad de soporte del suelo es una variable fundamental para el diseño del pavimento.			
10.- El estudio de geotécnico para el mantenimiento pavimento es importante ya que estudia la estabilización de taludes que puedan afectar post construcción.			
11.- La vida optima del pavimento depende del buen estudio geotécnico previo, paralelo a otros estudios.			

Muchas gracias por su participación 😊😊





ANEXO 3: REGISTRO DE EXCAVACIÓN



ANEXO 4: ENSAYOS DE LABORATORIO



Elaboración del estudio de la especialidad de suelos, pavimentos, fuentes de agua, canteras y botaderos, del estudio de pre inversión a nivel de perfil reforzado de la nueva carretera central.

CONSORCIO
TRAZA

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

PROYECTO :	Estudio de Pre - Inversión a Nivel de Perfil Reforzado del Proyecto "Construcción de la Nueva Carretera Central con características de Autopista"	COORDENADAS :	E: 390045.00	N: 8661332.00
KILÓMETRO :	160+000	FECHA DE EXCAVACIÓN :	19/02/2019	
LADO :	IZQUIERDO	PROFUNDIDAD TOTAL (m) :	1.50	
		PROF. NIVEL FREÁTICO (m) :	N.S.E.	

PROF. (m)	GRAFICO	DESCRIPCION DEL SUELO Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compacidad / consistencia; Otros: presencia de oxidaciones y material orgánico; porcentaje estimado de boleas / cantos, etc.	FOTO	CLASIF. SUCCS /ASSHTO	Nº DE MUESTRA
0.00 m		0.00 - 0.20			
0.20 m		Suelo orgánico con raíces color negruzco.			
0.40 m		0.20 - 0.40 Limo arcilloso con presencia de gravas TM 3" hasta 6" angulosas			
1.50 m		0.40 - 1.50 Limo arcilloso con gravas TM 3" color beis.		SW-SM A-1b(0)	M1
2.00 m					
3.00 m					

OBSERVACIONES:

Excavación con herramientas manuales.

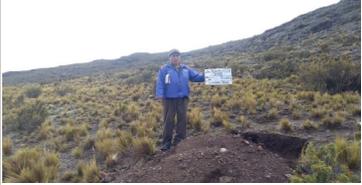


Elaboración del estudio de la especialidad de suelos, pavimentos, fuentes de agua, canteras y botaderos, del estudio de pre inversión a nivel de perfil reforzado de la nueva carretera central.

CONSORCIO
TRAZA

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

PROYECTO :	Estudio de Pre - Inversión a Nivel de Perfil Reforzado del Proyecto "Construcción de la Nueva Carretera Central con características de Autopista"	COORDENADAS :	E: 390504.00	N: 8662221.00
KILÓMETRO :	161+000	FECHA DE EXCAVACIÓN :	19/02/2019	
LADO :	IZQUIERDO	PROFUNDIDAD TOTAL (m) :	1.50	
		PROF. NIVEL FREÁTICO (m) :	N.S.E.	

PRO F. (m)	GR A F I C O	DESCRIPCION DEL SUELO Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compacidad / consistencia; Otros: presencia de oxidaciones y material orgánico; porcentaje estimado de boleos / cantos, etc.	FOTO	CLASIF. SUCCS / ASSHTO	Nº DE MUESTRA
0.00 m		0.00 - 0.30 Suelo orgánico color negruzco.			
0.30 m		0.30 - 1.50 Arcilla de plasticidad media con presencia de gravas medianamente compacta color marrón con gravas aisladas TM 4"		SC A-2-4(0)	M1
1.50 m					
2.00 m					
3.00 m					

OBSERVACIONES:

Excavación con herramientas manuales.



Elaboración del estudio de la especialidad de suelos, pavimentos, fuentes de agua, canteras y botaderos, del estudio de pre inversión a nivel de perfil reforzado de la nueva carretera central.

CONSORCIO
TRAZA

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

PROYECTO :	Estudio de Pre - Inversión a Nivel de Perfil Reforzado del Proyecto "Construcción de la Nueva Carretera Central con características de Autopista"	COORDENADAS :	E: 390926.00	N: 8663127.00
KILÓMETRO :	162+000	FECHA DE EXCAVACIÓN :	19/02/2019	
LADO :	IZQUIERDO	PROFUNDIDAD TOTAL (m) :	0.20	
		PROF. NIVEL FREÁTICO (m) :	N.S.E.	

PROF. (m)	G R A F I C O	DESCRIPCION DEL SUELO Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compacidad / consistencia; Otros: presencia de oxidaciones y material orgánico; porcentaje estimado de boleas / cantos, etc.	FOTO	CLASIF. SUCCS /ASSHTO	Nº DE MUESTRA
0.00 m 0.20 m		0.00 - 0.20 Suelo orgánico con presencia de raíces color negruzco. Boloneria TM 20"	 	GP-GM A-1-a(0)	M1
1.50 m					
2.00 m					
3.00 m					

OBSERVACIONES:
Excavación con herramientas manuales.
No deja excavar la calicata



Elaboración del estudio de la especialidad de suelos, pavimentos, fuentes de agua, canteras y botaderos, del estudio de pre inversión a nivel de perfil reforzado de la nueva carretera central.

CONSORCIO
TRAZA

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

PROYECTO :	Estudio de Pre - Inversión a Nivel de Perfil Reforzado del Proyecto "Construcción de la Nueva Carretera Central con características de Autopista"	COORDENADAS :	E: 391536.00	N: 8663900.00
KILÓMETRO :	163+000	FECHA DE EXCAVACIÓN :	19/02/2019	
LADO :	IZQUIERDO	PROFUNDIDAD TOTAL (m) :	1.00	
		PROF. NIVEL FREÁTICO (m) :	N.S.E.	

PRO F. (m)	DESCRIPCION DEL SUELO	FOTO	CLASIF. SUCCS /ASSHTO	Nº DE MUESTRA
0.00 m	0.00 - 0.30 Suelo orgánico con gravas y raíces color negruzco.			
0.30 m				
1.00 m	0.30 - 1.00 Arena gravosa limosa arcillosa con cantos 6" y 9" húmedo			
1.50 m	Limo Arenoso Consolidado con bolonería			
2.00 m				
3.00 m				

OBSERVACIONES:

Excavación con herramientas manuales.

No deja excavar la calicata



Elaboración del estudio de la especialidad de suelos, pavimentos, fuentes de agua, canteras y botaderos, del estudio de pre inversión a nivel de perfil reforzado de la nueva carretera central.

CONSORCIO
TRAZA

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

PROYECTO :	Estudio de Pre - Inversión a Nivel de Perfil Reforzado del Proyecto "Construcción de la Nueva Carretera Central con características de Autopista"	COORDENADAS :	E: 392493.00	N: 8664106.00
KILÓMETRO :	164+000	FECHA DE EXCAVACIÓN :	19/02/2019	
LADO :	IZQUIERDO	PROFUNDIDAD TOTAL (m) :	1.50	
		PROF. NIVEL FREÁTICO (m) :	N.S.E.	

PRO F. (m)	GRA F I C O	DESCRIPCION DEL SUELO Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compacidad / consistencia; Otros: presencia de oxidaciones y material orgánico; porcentaje estimado de boleas / cantos, etc.	FOTO	CLASIF. SUCCS /ASSHTO	Nº DE MUESTRA
0.00 m		0.00 - 0.70 Suelo orgánico con presencia de gravas y raíces.			
0.70 m		0.70 - 1.50 Limo arcilloso con presencia de gravas aisladas TM 6" y 8" angulosas color marrón húmedo.		SC A-2-6(0)	M1
1.50 m					
2.00 m					
3.00 m					

OBSERVACIONES:

Excavación con herramientas manuales.



Elaboración del estudio de la especialidad de suelos, pavimentos, fuentes de agua, canteras y botaderos, del estudio de pre inversión a nivel de perfil reforzado de la nueva carretera central.

CONSORCIO
TRAZA

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

PROYECTO :	Estudio de Pre - Inversión a Nivel de Perfil Reforzado del Proyecto "Construcción de la Nueva Carretera Central con características de Autopista"	COORDENADAS :	E: 393467.00	N: 8663993.00
KILÓMETRO :	165+000	FECHA DE EXCAVACIÓN :	19/02/2019	
LADO :	IZQUIERDO	PROFUNDIDAD TOTAL (m) :	1.50	
		PROF. NIVEL FREÁTICO (m) :	N.S.E.	

PROF. (m)	G R A F I C O	DESCRIPCION DEL SUELO Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compactación / consistencia; Otros: presencia de oxidaciones y material orgánico; porcentaje estimado de boleas / cantos, etc.	FOTO	CLASIF. SUCCS / ASSHTO	Nº DE MUESTRA
0.00 m		0.00 - 0.20			
0.20 m		Suelo orgánico con presencia de raíces, húmedo color negruzco.			
1.50 m		0.20 - 1.50 Limo arcilloso de plasticidad media medianamente compacta color marrón claro, húmedo, con presencia de raíces.		SM A-1-b(0)	M1
2.00 m					
3.00 m					

OBSERVACIONES:

Excavación con herramientas manuales.



Elaboración del estudio de la especialidad de suelos, pavimentos, fuentes de agua, canteras y botaderos, del estudio de pre inversión a nivel de perfil reforzado de la nueva carretera central.

CONSORCIO
TRAZA

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

PROYECTO :	Estudio de Pre - Inversión a Nivel de Perfil Reforzado del Proyecto "Construcción de la Nueva Carretera Central con características de Autopista"	COORDENADAS :	E: 394430.00	N: 8663947.00
KILÓMETRO :	166+000	FECHA DE EXCAVACIÓN :	19/02/2019	
LADO :	IZQUIERDO	PROFUNDIDAD TOTAL (m) :	1.50	
		PROF. NIVEL FREÁTICO (m) :	N.S.E.	

PROF. (m)	G R A F I C O	DESCRIPCION DEL SUELO Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compacidad / consistencia; Otros: presencia de oxidaciones y material orgánico; porcentaje estimado de boleos / cantos, etc.	FOTO	CLASIF. SUCCS / ASSHTO	Nº DE MUESTRA
0.00 m		0.00 - 0.20			
0.20 m		Suelo orgánico con presencia de raíces, húmedo color negruzco.			
1.00 m		0.20 - 1.00 Grava arenosa limosa, gravas desde 4" a 8" y cantos rodados 9" redondeadas angulosas.		SP-SM A-1-b(0)	M1
1.50 m		Bolones 20"			
2.00 m					
3.00 m					

OBSERVACIONES:

Excavación con herramientas manuales.

Apartir de 1m se encontraron Bolones de 20" que no dejaron excavar.



Elaboración del estudio de la especialidad de suelos, pavimentos, fuentes de agua, canteras y botaderos, del estudio de pre inversión a nivel de perfil reforzado de la nueva carretera central.

CONSORCIO
TRAZA

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

PROYECTO :	Estudio de Pre - Inversión a Nivel de Perfil Reforzado del Proyecto "Construcción de la Nueva Carretera Central con características de Autopista"	COORDENADAS :	E: 394897	N: 8663809
KILÓMETRO :	167+000	FECHA DE EXCAVACIÓN :	19/02/2019	
LADO :	IZQUIERDO	PROFUNDIDAD TOTAL (m) :	1.50	
		PROF. NIVEL FREÁTICO (m) :	N.S.E.	

PRO F. (m)	DESCRIPCION DEL SUELO	FOTO	CLASIF. SUCCS /ASSHTO	Nº DE MUESTRA
0.00 m	0.00 - 0.30			
0.30 m	Suelo orgánico con raíces color negruzco.			
0.60 m	0.30 - 0.60			
	Arena con gravas y cantos rodados.			
1.50 m	0.60 - 1.50		SW A-1-b(0)	M1
2.00 m				
3.00 m				

OBSERVACIONES:

Excavación con herramientas manuales.



Elaboración del estudio de la especialidad de suelos, pavimentos, fuentes de agua, canteras y botaderos, del estudio de pre inversión a nivel de perfil reforzado de la nueva carretera central.

CONSORCIO
TRAZA

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

PROYECTO :	Estudio de Pre - Inversión a Nivel de Perfil Reforzado del Proyecto "Construcción de la Nueva Carretera Central con características de Autopista"	COORDENADAS :	E: 395734.00	N: 8664477.00
KILÓMETRO :	168+000	FECHA DE EXCAVACIÓN :	19/02/2019	
LADO :	IZQUIERDO	PROFUNDIDAD TOTAL (m) :	1.00	
		PROF. NIVEL FREÁTICO (m) :	1.00	

PRO F. (m)	GRA F I C O	DESCRIPCION DEL SUELO Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compacidad / consistencia; Otros: presencia de oxidaciones y material orgánico; porcentaje estimado de boleas / cantos, etc.	FOTO	CLASIF. SUCCS /ASSHTO	Nº DE MUESTRA
0.00 m		0.00 - 0.20			
0.20 m		Suelo orgánico con presencia de raíces color negruzco.			
0.40 m		0.20 - 0.40 Arena limosa color gris verduzco húmedo medianamente compacto.			
1.00 m		0.40 - 1.00 Arena limosa color verduzco.			SW A-1-b(0)
2.00 m		NIVEL FREATICO			
3.00 m					

OBSERVACIONES:

Excavación con herramientas manuales.



Elaboración del estudio de la especialidad de suelos, pavimentos, fuentes de agua, canteras y botaderos, del estudio de pre inversión a nivel de perfil reforzado de la nueva carretera central.

CONSORCIO
TRAZA

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

PROYECTO :	Estudio de Pre - Inversión a Nivel de Perfil Reforzado del Proyecto "Construcción de la Nueva Carretera Central con características de Autopista"	COORDENADAS :	E: 395518.00	N: 8665453.00
KILÓMETRO :	169+000	FECHA DE EXCAVACIÓN :	19/02/2019	
LADO :	IZQUIERDO	PROFUNDIDAD TOTAL (m) :	1.50	
		PROF. NIVEL FREÁTICO (m) :	N.S.E.	

PRO F. (m)	GR A F I C O	DESCRIPCION DEL SUELO Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compacidad / consistencia; Otros: presencia de oxidaciones y material orgánico; porcentaje estimado de boleas / cantos, etc.	FOTO	CLASIF. SUCCS /ASSHTO	Nº DE MUESTRA
0.00 m		0.00 - 0.30			
0.30 m		Suelo orgánico con presencia de raíces color negruzco.			
1.50 m		0.30 - 1.50 Limo arcilloso con presencia de gravas aisladas humedo color gris verduzco.		SW-SC A-2-4(0)	M1
2.00 m					
3.00 m					

OBSERVACIONES:

Excavación con herramientas manuales.



Elaboración del estudio de la especialidad de suelos, pavimentos, fuentes de agua, canteras y botaderos, del estudio de pre inversión a nivel de perfil reforzado de la nueva carretera central.

CONSORCIO
TRAZA

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

PROYECTO :	Estudio de Pre - Inversión a Nivel de Perfil Reforzado del Proyecto "Construcción de la Nueva Carretera Central con características de Autopista"	COORDENADAS :	E: 395814.00	N: 8666254.00
KILÓMETRO :	170+000	FECHA DE EXCAVACIÓN :	19/02/2019	
LADO :	IZQUIERDO	PROFUNDIDAD TOTAL (m) :	0.40	
		PROF. NIVEL FREÁTICO (m) :	N.S.E.	

PRO F. (m)	G R A F I C O	DESCRIPCION DEL SUELO Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compacidad / consistencia; Otros: presencia de oxidaciones y material orgánico; porcentaje estimado de boleas / cantos, etc.	FOTO	Nº DE MUESTRA
0.00 m		0.00 - 0.40		M1
0.40 m		Arcilla limosa color marrón. 0.40 - a más. roca		
2.00 m				
3.00 m				

OBSERVACIONES:

Excavación con herramientas manuales.



Elaboración del estudio de la especialidad de suelos, pavimentos, fuentes de agua, canteras y botaderos, del estudio de pre inversión a nivel de perfil reforzado de la nueva carretera central.

CONSORCIO
TRAZA

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

PROYECTO :	Estudio de Pre - Inversión a Nivel de Perfil Reforzado del Proyecto "Construcción de la Nueva Carretera Central con características de Autopista"	COORDENADAS :	E: 390051.00	N: 8661320.00
KILÓMETRO :	KM 160+000	FECHA DE EXCAVACIÓN :	19/02/2019	
LADO :	DERECHO	PROFUNDIDAD TOTAL (m) :	1.50	
		PROF. NIVEL FREÁTICO (m) :	N.S.E.	

PRO F. (m)	DESCRIPCION DEL SUELO	FOTO	CLASIF. SUCCS /ASSHT O	Nº DE MUESTRA
0.00 m	0.00 - 0.20			
0.20 m	Suelo orgánico con raíces color negruzco.			
0.40 m	0.20 - 0.40 Limo arcilloso con presencia de gravas TM 3" hasta 6" angulosas		SW-SM A-1b(0)	M1
1.50 m	0.40 - 1.50 Limo arcilloso con gravas TM 3" color beis.			
2.00 m				
3.00 m				

OBSERVACIONES:

Excavación con herramientas manuales.



Elaboración del estudio de la especialidad de suelos, pavimentos, fuentes de agua, canteras y botaderos, del estudio de pre inversión a nivel de perfil reforzado de la nueva carretera central.

CONSORCIO
TRAZA

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

PROYECTO :	Estudio de Pre - Inversión a Nivel de Perfil Reforzado del Proyecto "Construcción de la Nueva Carretera Central con características de Autopista"	COORDENADAS :	E: 390511.00	N: 8662208.00
KILÓMETRO :	161+000	FECHA DE EXCAVACIÓN :	19/02/2019	
LADO :	DERECHO	PROFUNDIDAD TOTAL (m) :	0.20	
		PROF. NIVEL FREÁTICO (m) :	N.S.E.	

PRO F. (m)	GRA F I C O	DESCRIPCION DEL SUELO Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compacidad / consistencia; Otros: presencia de oxidaciones y material orgánico; porcentaje estimado de boleas / cantos, etc.	FOTO	CLASIF. SUCCS / ASSHTO	Nº DE MUESTRA
0.00 m		0.00 - 0.20 Suelo orgánico color negruzco.		SC A-2-4(0)	M1
0.20 m		0.20 - 1.50 ROCA			
1.50 m					
2.00 m					
3.00 m					

OBSERVACIONES:

Excavación con herramientas manuales.



Elaboración del estudio de la especialidad de suelos, pavimentos, fuentes de agua, canteras y botaderos, del estudio de pre inversión a nivel de perfil reforzado de la nueva carretera central.

CONSORCIO
TRAZA

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

PROYECTO :	Estudio de Pre - Inversión a Nivel de Perfil Reforzado del Proyecto "Construcción de la Nueva Carretera Central con características de Autopista"	COORDENADAS :	E: 390933.00	N: 8663114.00
KILÓMETRO :	162+000	FECHA DE EXCAVACIÓN :	19/02/2019	
LADO :	DERECHO	PROFUNDIDAD TOTAL (m) :	0.20	
		PROF. NIVEL FREÁTICO (m) :	N.S.E.	

PRO F. (m)	DESCRIPCION DEL SUELO	FOTO	CLASIF. SUCCS /ASSHTO	Nº DE MUESTRA
0.00 m	0.00 - 0.20		GP-GM	M1
0.20 m	Suelo orgánico con presencia de raíces color negruzco.		A-1-a(0)	
1.50 m	0.20 - 1.50 ROCA			
2.00 m				
3.00 m				

OBSERVACIONES:

Excavación con herramientas manuales.

Piedrones, no deja excavar la calicata.



Elaboración del estudio de la especialidad de suelos, pavimentos, fuentes de agua, canteras y botaderos, del estudio de pre inversión a nivel de perfil reforzado de la nueva carretera central.

CONSORCIO
TRAZA

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

PROYECTO :	Estudio de Pre - Inversión a Nivel de Perfil Reforzado del Proyecto "Construcción de la Nueva Carretera Central con características de Autopista"	COORDENADAS :	E: 391540.00	N: 8663889.00
KILÓMETRO :	163+000	FECHA DE EXCAVACIÓN :	19/02/2019	
LADO :	DERECHO	PROFUNDIDAD TOTAL (m) :	1.00	
		PROF. NIVEL FREÁTICO (m) :	N.S.E.	

PROF. (m)	G R A F I C O	DESCRIPCION DEL SUELO Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compacidad / consistencia; Otros: presencia de oxidaciones y material orgánico; porcentaje estimado de boleas / cantos, etc.	FOTO	CLASIF. SUCCS /ASSHTO	Nº DE MUESTRA
0.00 m		0.00 - 0.30 Suelo orgánico con raíces y gravas color negruzco.	 		
0.30 m					
1.00 m		0.30 - 1.00 Arena gravosa limosa arcillosa con cantos 6" y 9" húmedo			
1.50 m		1.00 - 1.10 Limo arenoso consolidado		SP-SM A-1-b(0)	M1
2.00 m					
3.00 m					

OBSERVACIONES:
Excavación con herramientas manuales.
Piedrones, no deja excavar la calicata.



Elaboración del estudio de la especialidad de suelos, pavimentos, fuentes de agua, canteras y botaderos, del estudio de pre inversión a nivel de perfil reforzado de la nueva carretera central.

CONSORCIO
TRAZA

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

PROYECTO :	Estudio de Pre - Inversión a Nivel de Perfil Reforzado del Proyecto "Construcción de la Nueva Carretera Central con características de Autopista"	COORDENADAS :	E: 392497.00	N: 8664094.00
KILÓMETRO :	164+000	FECHA DE EXCAVACIÓN :	19/02/2019	
LADO :	DERECHO	PROFUNDIDAD TOTAL (m) :	1.50	
		PROF. NIVEL FREÁTICO (m) :	N.S.E.	

PRO F. (m)	GRA F I C O	DESCRIPCION DEL SUELO Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compacidad / consistencia; Otros: presencia de oxidaciones y material orgánico; porcentaje estimado de boleos / cantos, etc.	FOTO	CLASIF. SUCCS /ASSHTO	Nº DE MUESTRA
0.00 m		0.00 - 0.70 Suelo orgánico con presencia de gravas y raices.			
0.70 m		0.70 - 1.50 Limo arcilloso con presencia de gravas aisladas TM 6" y 8" angulosas color marrón húmedo.		SC A-2-6(0)	M1
1.50 m					
2.00 m					
3.00 m					

OBSERVACIONES:

Excavación con herramientas manuales.



Elaboración del estudio de la especialidad de suelos, pavimentos, fuentes de agua, canteras y botaderos, del estudio de pre inversión a nivel de perfil reforzado de la nueva carretera central.

CONSORCIO
TRAZA

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

PROYECTO :	Estudio de Pre - Inversión a Nivel de Perfil Reforzado del Proyecto "Construcción de la Nueva Carretera Central con características de Autopista"	COORDENADAS :	E: 393472.00	N: 8663982.00
KILÓMETRO :	165+000	FECHA DE EXCAVACIÓN :	19/02/2019	
LADO :	DERECHO	PROFUNDIDAD TOTAL (m) :	1.50	
		PROF. NIVEL FREÁTICO (m) :	N.S.E.	

PRO F. (m)	GRA F I C O	DESCRIPCION DEL SUELO	FOTO	CLASIF. SUCCS /ASSHTO	Nº DE MUESTRA
0.00 m		Suelo orgánico con presencia de raíces, húmedo color negruzco.		<div style="background-color: green; color: white; padding: 2px;">SM</div> <div style="background-color: yellow; color: black; padding: 2px;">A-1-b(0)</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; font-weight: bold; font-size: 24px;">M1</div>
0.20 m					
1.50 m		0.20 - 1.50 Limo arcilloso de plasticidad media medianamente compacta color marrón claro, húmedo, con presencia de raíces.			
2.00 m					
3.00 m					

OBSERVACIONES:

Excavación con herramientas manuales.



Elaboración del estudio de la especialidad de suelos, pavimentos, fuentes de agua, canteras y botaderos, del estudio de pre inversión a nivel de perfil reforzado de la nueva carretera central.

CONSORCIO
TRAZA

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

PROYECTO :	Estudio de Pre - Inversión a Nivel de Perfil Reforzado del Proyecto "Construcción de la Nueva Carretera Central con características de Autopista"	COORDENADAS :	E: 394434.00	N: 8663933.00
KILÓMETRO :	166+000	FECHA DE EXCAVACIÓN :	19/02/2019	
LADO :	DERECHO	PROFUNDIDAD TOTAL (m) :	1.50	
		PROF. NIVEL FREÁTICO (m) :	N.S.E.	

PRO F. (m)	DESCRIPCION DEL SUELO	FOTO	CLASIF. SUCCS /ASSHTO	Nº DE MUESTRA
0.00 m	Suelo orgánico con presencia de raíces, húmedo color negruzco.		<div style="background-color: green; color: white; padding: 2px;">SP-SM</div> <div style="background-color: yellow; color: black; padding: 2px;">A-1-b(0)</div>	<div style="border: 1px solid blue; padding: 2px; color: blue; font-weight: bold;">M1</div>
0.20 m	0.20 - 1.00 Grava arenosa limosa, gravas desde 4" a 8" y cantos rodados 9" redondeadas angulosas.			
1.00 m	1.00 - 1.10 Bolonería TM 20"			
1.50 m				
2.00 m				
3.00 m				

OBSERVACIONES:

Excavación con herramientas manuales.



Elaboración del estudio de la especialidad de suelos, pavimentos, fuentes de agua, canteras y botaderos, del estudio de pre inversión a nivel de perfil reforzado de la nueva carretera central.

CONSORCIO
TRAZA

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

PROYECTO :	Estudio de Pre - Inversión a Nivel de Perfil Reforzado del Proyecto "Construcción de la Nueva Carretera Central con características de Autopista"	COORDENADAS :	E: 394891	N: 8663787
KILÓMETRO :	167+000	FECHA DE EXCAVACIÓN :	19/02/2019	
LADO :	DERECHO	PROFUNDIDAD TOTAL (m) :	1.50	
		PROF. NIVEL FREÁTICO (m) :	N.S.E.	

PRO F. (m)	GRAFICO	DESCRIPCION DEL SUELO Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compacidad / consistencia; Otros: presencia de oxidaciones y material orgánico; porcentaje estimado de boleas / cantos, etc.	FOTO	CLASIF. SUCCS /ASSHTO	Nº DE MUESTRA
0.00 m		0.00 - 0.20			
0.20 m		Suelo orgánico con raíces color negruzco. 0.20 - 0.60			
0.60 m		Arena con gravas y cantos rodados.		SW	M1
1.50 m		0.60 - 1.50 Gravas arenosas color gris con cantos rodados.		A-1-b(0)	
2.00 m					
3.00 m					

OBSERVACIONES:

Excavación con herramientas manuales.



Elaboración del estudio de la especialidad de suelos, pavimentos, fuentes de agua, canteras y botaderos, del estudio de pre inversión a nivel de perfil reforzado de la nueva carretera central.

CONSORCIO
TRAZA

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

PROYECTO :	Estudio de Pre - Inversión a Nivel de Perfil Reforzado del Proyecto "Construcción de la Nueva Carretera Central con características de Autopista"	COORDENADAS :	E: 395749.00	N: 8664464.00
KILÓMETRO :	168+000	FECHA DE EXCAVACIÓN :	19/02/2019	
LADO :	DERECHO	PROFUNDIDAD TOTAL (m) :	1.00	
		PROF. NIVEL FREÁTICO (m) :	1.00	

PRO F. (m)	DESCRIPCION DEL SUELO Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compactación / consistencia; Otros: presencia de oxidaciones y material orgánico; porcentaje estimado de boleos / cantos, etc.	FOTO	CLASIF. SUCCS /ASSHTO	Nº DE MUESTRA
0.00 m	0.00 - 0.20		SW	M1
0.20 m	Suelo orgánico con presencia de raíces color negruzco.			
0.40 m	0.20 - 0.40 Arena limosa color gris verduzco húmedo medianamente compacto. 0.40 - 1.00 Arena limosa color verduzco.			
1.00 m	NIVEL FREATICO			
2.00 m				
3.00 m				

OBSERVACIONES:

Excavación con herramientas manuales.



Elaboración del estudio de la especialidad de suelos, pavimentos, fuentes de agua, canteras y botaderos, del estudio de pre inversión a nivel de perfil reforzado de la nueva carretera central.

CONSORCIO
TRAZA

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

PROYECTO :	Estudio de Pre - Inversión a Nivel de Perfil Reforzado del Proyecto "Construcción de la Nueva Carretera Central con características de Autopista"	COORDENADAS :	E: 395533.00	N: 8665440.00
KILÓMETRO :	169+000	FECHA DE EXCAVACIÓN :	19/02/2019	
LADO :	DERECHO	PROFUNDIDAD TOTAL (m) :	1.50	
		PROF. NIVEL FREÁTICO (m) :	N.S.E.	

PRO F. (m)	GR A F I C O	DESCRIPCION DEL SUELO Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compacidad / consistencia; Otros: presencia de oxidaciones y material orgánico; porcentaje estimado de boleas / cantos, etc.	FOTO	CLASIF. SUCCS / ASSHTO	Nº DE MUESTRA
0.00 m		0.00 - 0.20			
0.20 m		Suelo orgánico con presencia de raíces color negruzco.			
1.50 m		0.20 - 1.50 Limo arcilloso con presencia de gravas aisladas humedo color gris verdusco.		SW-SC A-2-4(0)	M1
2.00 m					
3.00 m					

OBSERVACIONES:

Excavación con herramientas manuales.

Codigo : S19-051
SOLICITANTE : CONSORCIO TRAZA (INTEGRADO POR TRAZA INGENIERIA CONSTRUCCION SAC. Y CORPORACION ETZA SAC.)
PROYECTO : "ESTUDIO DE PRE INVERSION A NIVEL DE PERFIL REFORZADO DEL PROYECTO NUEVA CARRETERA CENTRAL, CON CARACTERISTICAS DE AUTOPISTA, SEGÚN CONVENIO N° 430-2017-MTC/21 Y DECRETO SUPREMO N° 008-2017-MTC"
UBICACIÓN : TANTA - CANCHAYLLO - PACHACAYO
FECHA : 01 DE MARZO DEL 2019

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) MTC E 132 (A)

Calicata : KM 160+000
 Muestra : M-1
 Prof. (m.) : 1.50
 Ubicación : Lado Derecho
 Referencia : Eje de via

Ensayo Proctor Modificado MTC E 115 (A)

Máxima Densidad Seca (g/cm³) : 1.920
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 11.3

b).- Compactación de moldes

MOLDE N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Numero de golpes/capa	56	25	10
Densidad Seca (g/cm ³)	1.920	1.858	1.752
Contenido de Humedad	11.3	11.3	11.6

c).- Cuadro C.B.R. Para 0.1 pulg de Penetración

MOLDE N°	Penetración (pulg)	Presión Aplicada (Lb/pulg ²)	Presión Patrón (Lb/pulg ²)	C.B.R. (%)
I	0.1	355	1000	35.5
II	0.1	241	1000	24.1
III	0.1	150	1000	15.0

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 35.5 %

C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 20.6 %

d).- Expansión(%) : NP

Nota: La muestra fue remitida e identificada por el solicitante.

Ejecutado por : Tec. R. Osorio M.

Revisado por : Ing. J. Ventura Roque

Codigo : S19-051
SOLICITANTE : CONSORCIO TRAZA (INTEGRADO POR TRAZA INGENIERIA CONSTRUCCION SAC. Y CORPORACION ETZA SAC.)
PROYECTO : "ESTUDIO DE PRE INVERSION A NIVEL DE PERFIL REFORZADO DEL PROYECTO NUEVA CARRETERA CENTRAL, CON CARACTERISTICAS DE AUTOPISTA, SEGÚN CONVENIO N° 430-2017-MTC/21 Y DECRETO SUPREMO N° 008-2017-MTC"
UBICACIÓN : TANTA - CANCHAYLLO - PACHACAYO
FECHA : 01 DE MARZO DEL 2019

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) MTC E 132 (C)

Calicata : KM 161+000
 Muestra : M-1
 Prof. (m.) : 1.50
 Ubicación : Lado Izquierdo
 Referencia : Eje de via

Ensayo Proctor Modificado MTC E 115 (C)

Máxima Densidad Seca (g/cm³) : 1.810
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 14.2

b).- Compactación de moldes

MOLDE N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Numero de golpes/capa	56	25	10
Densidad Seca (g/cm ³)	1.810	1.741	1.667
Contenido de Humedad	14.2	14.1	14.1

c).- Cuadro C.B.R. Para 0.1 pulg de Penetración

MOLDE N°	Penetración (pulg)	Presión Aplicada (Lb/pulg ²)	Presión Patrón (Lb/pulg ²)	C.B.R. (%)
I	0.1	625	1000	62.5
II	0.1	392	1000	39.2
III	0.1	198	1000	19.8

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 62.5 %

C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 33.5 %

d).- Expansión(%) : 0.02

Nota: La muestra fue remitida e identificada por el solicitante.

Ejecutado por : Tec. R. Osorio M.

Revisado por : Ing. J. Ventura Roque

Codigo : S19-051
SOLICITANTE : CONSORCIO TRAZA (INTEGRADO POR TRAZA INGENIERIA CONSTRUCCION SAC. Y CORPORACION ETZA SAC.)
PROYECTO : "ESTUDIO DE PRE INVERSION A NIVEL DE PERFIL REFORZADO DEL PROYECTO NUEVA CARRETERA CENTRAL, CON CARACTERISTICAS DE AUTOPISTA, SEGÚN CONVENIO N° 430-2017-MTC/21 Y DECRETO SUPREMO N° 008-2017-MTC"
UBICACIÓN : TANTA - CANCHAYLLO - PACHACAYO
FECHA : 01 DE MARZO DEL 2019

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) MTC E 132 (C)

Calicata : KM 162+000
 Muestra : M-1
 Prof. (m.) : 1.50
 Ubicación : Lado Derecho
 Referencia : Eje de via

Ensayo Proctor Modificado MTC E 115 (C)

Máxima Densidad Seca (g/cm³) : 2.145
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 9.3

b).- Compactación de moldes

MOLDE N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Numero de golpes/capa	56	25	10
Densidad Seca (g/cm ³)	2.145	2.085	1.992
Contenido de Humedad	9.3	9.4	9.3

c).- Cuadro C.B.R. Para 0.1 pulg de Penetración

MOLDE N°	Penetración (pulg)	Presión Aplicada (Lb/pulg ²)	Presión Patrón (Lb/pulg ²)	C.B.R. (%)
I	0.1	832	1000	83.2
II	0.1	518	1000	51.8
III	0.1	262	1000	26.2

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 83.2 %

C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 38.0 %

d).- Expansión(%) : NP

Nota: La muestra fue remitida e identificada por el solicitante.

Ejecutado por : Tec. R. Osorio M.

Revisado por : Ing. J. Ventura Roque

Codigo : S19-051
SOLICITANTE : CONSORCIO TRAZA (INTEGRADO POR TRAZA INGENIERIA CONSTRUCCION SAC. Y CORPORACION ETZA SAC.)
PROYECTO : "ESTUDIO DE PRE INVERSION A NIVEL DE PERFIL REFORZADO DEL PROYECTO NUEVA CARRETERA CENTRAL, CON CARACTERISTICAS DE AUTOPISTA, SEGÚN CONVENIO N° 430-2017-MTC/21 Y DECRETO SUPREMO N° 008-2017-MTC"
UBICACIÓN : TANTA - CANCHAYLLO - PACHACAYO
FECHA : 02 DE MARZO DEL 2019

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) MTC E 132 (C)

Calicata : KM 163+000
 Muestra : M-1
 Prof. (m.) : 1.50
 Ubicación : Lado Izquierdo
 Referencia : Eje de via

Ensayo Proctor Modificado MTC E 115 (C)

Máxima Densidad Seca (g/cm³) : 2.061
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 8.2

b).- Compactación de moldes

MOLDE N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Numero de golpes/capa	56	25	10
Densidad Seca (g/cm ³)	2.061	1.998	1.927
Contenido de Humedad	8.2	8.1	8.1

c).- Cuadro C.B.R. Para 0.1 pulg de Penetración

MOLDE N°	Penetración (pulg)	Presión Aplicada (Lb/pulg ²)	Presión Patrón (Lb/pulg ²)	C.B.R. (%)
I	0.1	719	1000	71.9
II	0.1	490	1000	49.0
III	0.1	277	1000	27.7

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 71.9 %

C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 36.6 %

d).- Expansión(%) : NP

Nota: La muestra fue remitida e identificada por el solicitante.

Ejecutado por : Tec. R. Osorio M.

Revisado por : Ing. J. Ventura Roque

Codigo : S19-051
SOLICITANTE : CONSORCIO TRAZA (INTEGRADO POR TRAZA INGENIERIA CONSTRUCCION SAC. Y CORPORACION ETZA SAC.)
PROYECTO : "ESTUDIO DE PRE INVERSION A NIVEL DE PERFIL REFORZADO DEL PROYECTO NUEVA CARRETERA CENTRAL, CON CARACTERISTICAS DE AUTOPISTA, SEGÚN CONVENIO N° 430-2017-MTC/21 Y DECRETO SUPREMO N° 008-2017-MTC"
UBICACIÓN : TANTA - CANCHAYLLO - PACHACAYO
FECHA : 02 DE MARZO DEL 2019

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) MTC E 132 (B)

Calicata : KM 164+000
 Muestra : M-1
 Prof. (m.) : 1.50
 Ubicación : Lado Derecho
 Referencia : Eje de via

Ensayo Proctor Modificado MTC E 115 (B)

Máxima Densidad Seca (g/cm³) : 1.680
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 16.4

b).- Compactación de moldes

MOLDE N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Numero de golpes/capa	56	25	10
Densidad Seca (g/cm ³)	1.680	1.620	1.564
Contenido de Humedad	16.4	16.6	16.2

c).- Cuadro C.B.R. Para 0.1 pulg de Penetración

MOLDE N°	Penetración (pulg)	Presión Aplicada (Lb/pulg ²)	Presión Patrón (Lb/pulg ²)	C.B.R. (%)
I	0.1	363	1000	36.3
II	0.1	237	1000	23.7
III	0.1	132	1000	13.2

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 36.3 %
 C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 19.3 %

d).- Expansión(%) : 0.04

Nota: La muestra fue remitida e identificada por el solicitante.

Ejecutado por : Tec. R. Osorio M.

Revisado por : Ing. J. Ventura Roque

Codigo : S19-051
SOLICITANTE : CONSORCIO TRAZA (INTEGRADO POR TRAZA INGENIERIA CONSTRUCCION SAC. Y CORPORACION ETZA SAC.)
PROYECTO : "ESTUDIO DE PRE INVERSION A NIVEL DE PERFIL REFORZADO DEL PROYECTO NUEVA CARRETERA CENTRAL, CON CARACTERISTICAS DE AUTOPISTA, SEGÚN CONVENIO N° 430-2017-MTC/21 Y DECRETO SUPREMO N° 008-2017-MTC"
UBICACIÓN : TANTA - CANCHAYLLO - PACHACAYO
FECHA : 02 DE MARZO DEL 2019

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) MTC E 132 (A)

Calicata : KM 165+000
 Muestra : M-1
 Prof. (m.) : 1.50
 Ubicación : Lado Izquierdo
 Referencia : Eje de via

Ensayo Proctor Modificado MTC E 115 (A)

Máxima Densidad Seca (g/cm³) : 1.655
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 10.2

b).- Compactación de moldes

MOLDE N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Numero de golpes/capa	56	25	10
Densidad Seca (g/cm ³)	1.655	1.595	1.521
Contenido de Humedad	10.2	10.1	10.2

c).- Cuadro C.B.R. Para 0.1 pulg de Penetración

MOLDE N°	Penetración (pulg)	Presión Aplicada (Lb/pulg ²)	Presión Patrón (Lb/pulg ²)	C.B.R. (%)
I	0.1	374	1000	37.4
II	0.1	254	1000	25.4
III	0.1	125	1000	12.5

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 37.4 %
 C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 21.4 %

d).- Expansión(%) : NP

Nota: La muestra fue remitida e identificada por el solicitante.

Ejecutado por : Tec. R. Osorio M.

Revisado por : Ing. J. Ventura Roque

Codigo : S19-051
SOLICITANTE : CONSORCIO TRAZA (INTEGRADO POR TRAZA INGENIERIA CONSTRUCCION SAC. Y CORPORACION ETZA SAC.)
PROYECTO : "ESTUDIO DE PRE INVERSION A NIVEL DE PERFIL REFORZADO DEL PROYECTO NUEVA CARRETERA CENTRAL, CON CARACTERISTICAS DE AUTOPISTA, SEGÚN CONVENIO N° 430-2017-MTC/21 Y DECRETO SUPREMO N° 008-2017-MTC"
UBICACIÓN : TANTA - CANCHAYLLO - PACHACAYO
FECHA : 02 DE MARZO DEL 2019

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) MTC E 132 (C)

Calicata : KM 166+000
 Muestra : M-1
 Prof. (m.) : ##
 Ubicación : Lado Derecho
 Referencia : Eje de via

Ensayo Proctor Modificado MTC E 115 (C)

Máxima Densidad Seca (g/cm³) : 1.668
 Óptimo Contenido de Humedad (%) : 9.6

b).- Compactación de moldes

MOLDE N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Numero de golpes/capa	56	25	10
Densidad Seca (g/cm ³)	1.668	1.612	1.565
Contenido de Humedad	9.6	9.2	9.9

c).- Cuadro C.B.R. Para 0.1 pulg de Penetración

MOLDE N°	Penetración (pulg)	Presión Aplicada (Lb/pulg ²)	Presión Patrón (Lb/pulg ²)	C.B.R. (%)
I	0.1	597	1000	59.7
II	0.1	364	1000	36.4
III	0.1	223	1000	22.3

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 59.7 %
 C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 27.7 %

d).- Expansión(%) : NP

Nota: La muestra fue remitida e identificada por el solicitante.

Ejecutado por : Tec. R. Osorio M.

Revisado por : Ing. J. Ventura Roque

Codigo : S19-051
SOLICITANTE : CONSORCIO TRAZA (INTEGRADO POR TRAZA INGENIERIA CONSTRUCCION SAC. Y CORPORACION ETZA SAC.)
PROYECTO : "ESTUDIO DE PRE INVERSION A NIVEL DE PERFIL REFORZADO DEL PROYECTO NUEVA CARRETERA CENTRAL, CON CARACTERISTICAS DE AUTOPISTA, SEGÚN CONVENIO N° 430-2017-MTC/21 Y DECRETO SUPREMO N° 008-2017-MTC"
UBICACIÓN : TANTA - CANCHAYLLO - PACHACAYO
FECHA : 01 DE MARZO DEL 2019

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) MTC E 132 (A)

Calicata : KM 167+000
 Muestra : M-1
 Prof. (m.) : 1.50
 Ubicación : Lado Izquierdo
 Referencia : Eje de via

Ensayo Proctor Modificado MTC E 115 (A)

Máxima Densidad Seca (g/cm³) : 1.750
 Óptimo Contenido de Humedad (%) : 8.2

b).- Compactación de moldes

MOLDE N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Numero de golpes/capa	56	25	10
Densidad Seca (g/cm ³)	1.750	1.701	1.645
Contenido de Humedad	8.2	8.1	8.0

c).- Cuadro C.B.R. Para 0.1 pulg de Penetración

MOLDE N°	Penetración (pulg)	Presión Aplicada (Lb/pulg ²)	Presión Patrón (Lb/pulg ²)	C.B.R. (%)
I	0.1	388	1000	38.8
II	0.1	260	1000	26.0
III	0.1	144	1000	14.4

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 38.8 %
 C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 18.0 %

d).- Expansión(%) : NP

Nota: La muestra fue remitida e identificada por el solicitante.

Ejecutado por : Tec. R. Osorio M.

Revisado por : Ing. J. Ventura Roque

Codigo : S19-051
SOLICITANTE : CONSORCIO TRAZA (INTEGRADO POR TRAZA INGENIERIA CONSTRUCCION SAC. Y CORPORACION ETZA SAC.)
PROYECTO : "ESTUDIO DE PRE INVERSION A NIVEL DE PERFIL REFORZADO DEL PROYECTO NUEVA CARRETERA CENTRAL, CON CARACTERISTICAS DE AUTOPISTA, SEGÚN CONVENI N° 430-2017-MTC/21 Y DECRETO SUPREMO N° 008-2017-MTC"
UBICACIÓN : TANTA - CANCHAYLLO - PACHACAYO
FECHA : 03 DE MARZO DEL 2019

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) MTC E 132 (B)

Calicata : KM 168+000
 Muestra : M-1
 Prof. (m.) : 1.5
 Ubicación : Lado Derecho
 Referencia : Eje de vía

Ensayo Proctor Modificado MTC E 115 (B)

Máxima Densidad Seca (g/cm³) : 1.790
 Óptimo Contenido de Humedad (%) : 7.9

b).- Compactación de moldes

MOLDE N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Numero de golpes/capa	56	25	10
Densidad Seca (g/cm ³)	1.790	1.718	1.649
Contenido de Humedad	7.9	9.0	9.4

c).- Cuadro C.B.R. Para 0.1 pulg de Penetración

MOLDE N°	Penetración (pulg)	Presión Aplicada (Lb/pulg ²)	Presión Patrón (Lb/pulg ²)	C.B.R. (%)
I	0.1	397	1000	39.7
II	0.1	256	1000	25.6
III	0.1	140	1000	14.0

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 39.7 %
 C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 22.3 %

d).- Expansión(%) : NP

Nota: La muestra fue remitida e identificada por el solicitante.

Ejecutado por : Tec. R. Osorio M.

Revisado por : Ing. J. Ventura Roque

Codigo : S19-051
SOLICITANTE : CONSORCIO TRAZA (INTEGRADO POR TRAZA INGENIERIA CONSTRUCCION SAC. Y CORPORACION ETZA SAC.)
PROYECTO : "ESTUDIO DE PRE INVERSION A NIVEL DE PERFIL REFORZADO DEL PROYECTO NUEVA CARRETERA CENTRAL, CON CARACTERISTICAS DE AUTOPISTA, SEGÚN CONVENI N° 430-2017-MTC/21 Y DECRETO SUPREMO N° 008-2017-MTC"
UBICACIÓN : TANTA - CANCHAYLLO - PACHACAYO
FECHA : 03 DE MARZO DEL 2019

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) MTC E 132 (A)

Calicata : KM 169+000
 Muestra : M-1
 Prof. (m.) : 1.5
 Ubicación : Lado Izquierdo
 Referencia : Eje de via

Ensayo Proctor Modificado MTC E 115 (A)

Máxima Densidad Seca (g/cm³) : 1.678
 Óptimo Contenido de Humedad (%) : 13.9

b).- Compactación de moldes

MOLDE N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Numero de golpes/capa	56	25	10
Densidad Seca (g/cm ³)	1.678	1.623	1.579
Contenido de Humedad	13.9	13.4	13.8

c).- Cuadro C.B.R. Para 0.1 pulg de Penetración

MOLDE N°	Penetración (pulg)	Presión Aplicada (Lb/pulg ²)	Presión Patrón (Lb/pulg ²)	C.B.R. (%)
I	0.1	472	1000	47.2
II	0.1	293	1000	29.3
III	0.1	147	1000	14.7

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 47.2 %
 C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 19.8 %

d).- Expansión(%) : 0.04

Nota: La muestra fue remitida e identificada por el solicitante.

Ejecutado por : Tec. R. Osorio M.

Revisado por : Ing. J. Ventura Roque

Codigo : S19-051
SOLICITANTE : CONSORCIO TRAZA (INTEGRADO POR TRAZA INGENIERIA CONSTRUCCION SAC. Y CORPORACION ETZA SAC.)
PROYECTO : "ESTUDIO DE PRE INVERSION A NIVEL DE PERFIL REFORZADO DEL PROYECTO NUEVA CARRETERA CENTRAL, CON CARACTERISTICAS DE AUTOPISTA, SEGÚN CONVENIO N° 430-2017-MTC/21 Y DECRETO SUPREMO N° 008-2017-MTC"
UBICACIÓN : TANTA - CANCHAYLLO - PACHACAYO
FECHA : 02 DE MARZO DEL 2019

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) MTC E 132 (C)

Calicata : KM 170+000
 Muestra : M-1
 Prof. (m.) : 1.5
 Ubicación : Lado Derecho
 Referencia : Eje de via (fin de tunel)

Ensayo Proctor Modificado MTC E 115 (C)

Máxima Densidad Seca (g/cm^3) : 1.890
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 8.6

b).- Compactación de moldes

MOLDE N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Numero de golpes/capa	56	25	10
Densidad Seca (g/cm^3)	1.890	1.836	1.748
Contenido de Humedad	8.6	8.2	8.4

c).- Cuadro C.B.R. Para 0.1 pulg de Penetración

MOLDE N°	Penetración (pulg)	Presión Aplicada ($Lb/pulg^2$)	Presión Patrón ($Lb/pulg^2$)	C.B.R. (%)
I	0.1	615	1000	61.5
II	0.1	370	1000	37.0
III	0.1	236	1000	23.6

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 61.5 %
 C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 29.8 %

d).- Expansión(%) : NP

Nota: La muestra fue remitida e identificada por el solicitante.

Ejecutado por : Tec. R. Osorio M.

Revisado por : Ing. J. Ventura Roque