

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



Una Institución Adventista

**Análisis de estabilización de suelos con cemento, en
componentes estructurales para diseño equivalente de
pavimentos rígidos, segmentados y flexibles en vías
de bajo volumen de tránsito**

Por:

Wilson Mamani Miramira

Asesor:

Ing. Percy Armando Cota Mayorga

Juliaca, diciembre de 2018

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORIA DEL INFORME DE TESIS

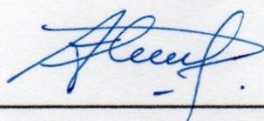
Ing. Percy Armando Cota Mayorga, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: "ANÁLISIS DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CEMENTO, EN COMPONENTES ESTRUCTURALES PARA DISEÑO EQUIVALENTE DE PAVIMENTOS RÍGIDOS, SEGMENTADOS Y FLEXIBLES EN VÍAS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO", constituye la memoria que presenta el Bachiller Wilson Mamani Miramira para aspirar al título Profesional de Ingeniero Civil ha sido realizado en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente constancia en Juliaca, a los catorce días del mes de diciembre del año dos mil dieciocho.



Ing. Percy Armando Cota Mayorga

Análisis de estabilización de suelos con cemento, en componentes estructurales para diseño equivalente de pavimentos rígidos, segmentados y flexibles en vías de bajo volumen de tránsito

TESIS

Presentada para optar el título profesional de Ingeniero Civil

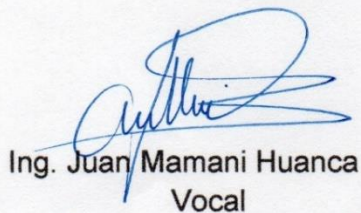
JURADO CALIFICADOR



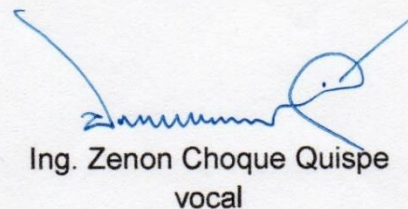
Ing. Rubén Fitzgerald Sosa Aquise
Presidente



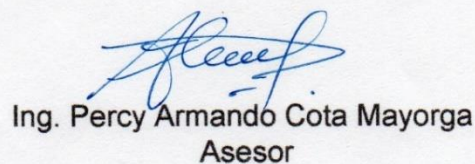
Ing. Rina Luzmeri Yampara Ticona
Secretario



Ing. Juan Mamani Huanca
Vocal



Ing. Zenon Choque Quispe
vocal



Ing. Percy Armando Cota Mayorga
Asesor

Juliaca, 14 de Diciembre del 2018

Dedicatoria

A Dios por darnos la vida

A mis padres y hermanas por su total

ayuda en este trabajo.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios por la vida que nos brinda, Agradecer a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de nuestra querida Universidad Peruana Unión, a los docentes que fueron los que nos motivaron día a día, a seguir aprendiendo, mientras estuvimos en sus aulas.

Sería muy difícil agradecer a todas las personas que estuvieron apoyándonos, en este largo proceso, tengo un agradecimiento especial a mi asesor, Ing. Percy Cota Mayorga, por el apoyo brindado, al Ing. Edwin Callacondo Limachi, que me incentivó el gusto por la Ingeniería de Pavimentos, y a todos mis compañeros y amigos.

También un agradecimiento al Lic. Joel Chavarri, por la gran motivación que siempre brindaba en sus cursos de matemática y cálculo.

En especial a mi Papá Alejandro, a mi mamá Roberta, a mis hermanas Janeth y Verónica que siempre están ahí, cuando uno más los necesita, apoyándome en cada decisión que tomé a lo largo de mi carrera.

ÍNDICE

RESUMEN	xiv
ABSTRACT.....	xv
CAPÍTULO I.....	16
EL PROBLEMA.....	16
1.1 Situación Problemática	16
1.2 Formulación Del Problema.....	17
1.2.1 Problema General	17
1.2.2 Problemas Específicos	17
1.3 Justificación De La Investigación.....	18
1.3.1 Justificación Social	18
1.3.2 Justificación Económica	18
1.3.3 Justificación Técnica.....	19
1.3.4 Justificación Ambiental	19
1.4 Objetivos De La Investigación	20
1.4.1 Objetivo General.....	20
1.4.2 Objetivos Específicos	20
CAPÍTULO II.....	21
MARCO TEÓRICO	21
2.1 Introducción	21
2.2 Antecedentes De Investigación.....	22
2.2.1. Antecedentes Internacionales	22

2.2.2. Antecedentes Nacionales	22
2.2.3. Antecedentes Locales	23
2.3 Diseño Equivalente De Pavimentos.....	24
2.4 Diseño De Pavimentos Flexibles	25
2.4.1 Método AASHTO 1993.....	26
2.4.2 Procedimiento De Diseño Método AASHTO 1993	26
2.5 Diseño De Pavimentos Rígidos	34
2.5.1 Metodología De Diseño AASHTO 93.....	35
2.5.2 Procedimiento De Diseño	37
2.6 Diseño De Pavimentos Segmentados	41
2.7 Estabilización De Suelos Con Cemento	43
2.7.1 Generalidades.....	43
2.7.2 Mezcla.....	45
2.7.3 Propiedades	46
2.8 Procedimiento De Diseño De Pavimentos.....	47
2.9. Estudios Requeridos	48
2.9.1 Estudio De Suelo De Fundación.....	48
2.9.2 Estudio De Canteras.....	51
2.9.3 Estudio De Tráfico.....	55
2.9.4 Mezclas Asfálticas	58
2.9.5 Concreto Hidráulico.....	60
CAPÍTULO III.....	61

MATERIALES Y MÉTODOS	61
3.1 Metodología Y Tipo De Investigación	61
3.1.1 Metodología De Investigación.....	61
3.1.2 Tipo De Investigación.....	61
3.2 Diseño De Investigación.....	61
3.3 Formulación De Hipótesis	62
3.3.1 Hipótesis General.....	62
3.4 Operacionalización de Variables	63
3.5 Matriz de Consistencia.....	64
3.5 Procedimiento de ejecución de tesis.	65
3.5.1 Ubicación del lugar.....	65
3.5.2 Ubicación de Canteras	65
3.5.3 Estudio de Canteras	65
3.5.4 Estudio de Tráfico.....	66
3.5.5 Caracterización de Subrasante	66
3.5.6 Diseño de Pavimentos.....	66
3.5.7 Presupuesto de Obra	66
CAPÍTULO IV	68
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	68
4.1 Resultados.....	68
4.1.1 Características De La Subrasante:	68
4.1.2 Estudio De Tráfico:.....	68

4.1.3 Estudio De Canteras:	68
4.1.4 Diseño De Sub Base Granular	72
4.1.5 Diseño De Base Granular	73
4.1.6 Diseño De Sub Base Granular Tratada Con Cemento	76
4.1.7 Diseño De Base Granular Tratada Con Cemento	76
4.1.8 Característica De Mezcla Asfáltica.....	78
4.1.9 Característica De Adoquín De Concreto	79
4.1.10 Característica De Concreto Hidráulico	79
4.1.11 Diseño De Pavimento Flexible	79
4.1.12 Diseño De Pavimento Flexible Base Tratada Con Cemento	80
4.1.13 Diseño De Pavimento Segmentado.....	80
4.1.14 Diseño De Pavimento Segmentado Base Tratada Con Cemento	80
4.1.15 Diseño De Pavimento Rígido	81
4.1.16 Diseño De Pavimento Rígido Sub Base Tratada Con Cemento	81
4.1.17 Presupuesto De Obra	82
4.2 Análisis Comparativo De Las Diferentes Alternativas De Pavimentación	88
<i>Análisis comparativo por porcentaje</i>	89
4.3 Validación de Hipótesis	89
CAPÍTULO V.....	90
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	90
REFERENCIAS.....	93
ANEXOS	95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Número de repeticiones de ejes equivalentes.....	27
Tabla 2. Número de ejes equivalente 2da parte.....	27
Tabla 3. Numero de ejes equivalentes 3ra parte.....	28
Tabla 4. Categoría de Sub rasante	29
Tabla 5. Nivel de Confiabilidad Recomendado.....	30
Tabla 6. Desviación Estándar Normal recomendado	30
Tabla 7. Índice de Serviciabilidad inicial recomendado.....	31
Tabla 8. Índice de serviciabilidad final recomendado.....	32
Tabla 9. Diferencia de serviciabilidad recomendado	32
Tabla 10. Valores recomendados del coeficiente de drenaje	34
Tabla 11. Calidad de drenaje	34
Tabla 12. Índice serviciabilidad, recomendado por MTC.....	38
Tabla 13. Confiabilidad y desviación estándar recomendado MTC	38
Tabla 14. Valores recomendados de resistencia del concreto	39
Tabla 15. Coeficiente de transferencia de cargas	40
Tabla 16. Espaciamiento de juntas	41
Tabla 17. Espesores mínimos pavimentos segmentados.....	43
Tabla 18. Porcentaje de cemento por tipo de suelo	46
Tabla 19. Propiedades comúnmente exigidas a las mezclas de suelo - cemento	47
Tabla 20. Número mínimo de puntos de investigación.....	48
Tabla 21. Técnicas de investigación en campo	49
Tabla 22. Ensayos de laboratorio aplicables	50
Tabla 23. Ensayos de mecánica de suelos en canteras	52

Tabla 24. Gradación en Sub bases granulares	53
Tabla 25. Requisitos de Materiales para sub base	54
Tabla 26. Gradación de base granular	54
Tabla 27. Valor relativo de soporte de base granular	55
Tabla 28. Requisito de materiales de agregado grueso en base granular	55
Tabla 29. Requisito de materiales de agregado fino en base granular	55
Tabla 30. Relación de cargas por ejes para determinar Ejes equivalentes EE, para pavimentos rígidos	58
Tabla 31. Relación de cargas por ejes para determinar ejes equivalentes EE, para pavimentos flexibles y semirrígidos	58
Tabla 32. Selección del tipo de cemento asfáltico.....	59
Tabla 33. Operacionalización de Variables.....	63
Tabla 34. Matriz de Consistencia	64
Tabla 35. Ubicación de canteras.....	68
Tabla 36. Características físicas de canteras	71
Tabla 37. Clasificación de suelo, de canteras	71
Tabla 38. Características de sub base granular.....	73
Tabla 39. Característica de Base granular	75
Tabla 40. Presupuesto de pavimento flexible.....	82
Tabla 41. Presupuesto de pavimento flexible con base tratada	83
Tabla 42. Presupuesto de pavimento segmentado	84
Tabla 43. Presupuesto de pavimento segmentado con base tratada	85
Tabla 44. Presupuesto Pavimento Rígido.....	86
Tabla 45. Presupuesto de pavimento rígido con sub base tratada	87
Tabla 46. Validación de Hipótesis.....	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Secciones Típicas de diferentes pavimentos	25
Figura 2. Sección Típica de pavimento flexible	25
Figura 3. Característica de un pavimento de concreto con juntas	35
Figura 4. Elementos estructurales de un pavimento de adoquín de concreto	42
Figura 5. Extracción de muestras, en cantera Vallecito.....	69
Figura 6. Extracción de material Cantera Isla.....	70
Figura 7. Suministro de Piedra Chancada (Surupana).....	70
Figura 8. Muestras de las tres canteras en estudio	71
Figura 9. Variación del coeficiente de capa de sub base granular (a3)	72
Figura 10. Análisis Granulométrico, <#4	73
Figura 11. Análisis Granulométrico > #4	74
Figura 12. Muestra de Piedra Chancada de 1/2" y 3/4"	74
Figura 13. Saturación para ensayo CBR.....	75
Figura 14. Variación del coeficiente de capa estructural (a2)	75
Figura 15. Proporciones, Para la muestra de suelo cemento en sub base	76
Figura 16. Muestras Suelo- Cemento	77
Figura 17. Medida de diámetro de espécimen suelo- cemento.....	77
Figura 18. Ensayo de Resistencia a la Compresión de muestras suelo cemento	78
Figura 19. Resultados del ensayo de resistencia a la compresión	78
Figura 20. Carta para calcular el coeficiente estructural del concreto asfaltico	79
Figura 21. Analisis comparativo a nivel de costo directo.....	88
Figura 22. Análisis comparativo por porcentaje	88

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Estudio de Tráfico	95
Anexo B. Estudio de Canteras	104
Anexo C. Diseño de Pavimentos	120
Anexo D. Análisis de Costos Unitarios Empleados	129
Anexo E. Calculo de Rendimientos	138
Anexo F. Planos	142

RESUMEN

Realizar una adecuada elección del tipo de estructura a utilizar en una determinada vía requiere un análisis técnico – económico, y un estudio detallado de fuentes de materiales, que se utilizarán en los componentes estructurales del pavimento, además de la inclusión de estabilización que se requiera realizar para mejoramiento de las características físicas y mecánicas de la base y sub-base granular, teniendo como objetivo general: Determinar la influencia que tiene la estabilización de suelos con cemento en componentes estructurales (base y sub-base granular) en el diseño equivalente de pavimento rígido, segmentado y flexible, en vías de bajo volumen de tránsito, se inicia con la elección de canteras que se utilizaran, estas canteras deberán de cumplir con las especificaciones técnicas generales del ministerio de transportes y comunicaciones (EG-2013), en caso de incumplir, se deberá “mezclar” diferentes canteras para poder obtener una dosificación adecuada. Se utilizaron dos canteras para la sub base, que son: Vallecito e Isla, para la base, se adicionó una cantera de piedra chancada “Surupana”, dándonos los siguientes resultados, CBR para Sub base: 41.85 %, y el CBR para Base: 81%, con estos resultados, se obtienen los respectivos coeficientes de capa, para el diseño de pavimento, luego se adicionó un 5% de cemento en base y sub base granular, cumpliendo con lo estipulado en la EG-2013, se diseñó los pavimentos respectivos, y se realizó el presupuesto correspondiente, siendo el más económico el pavimento flexible, el más costoso, el pavimento rígido con sub base granular estabilizada con cemento y el recomendado técnica y económicamente, el pavimento flexible con base granular estabilizado en vías de bajo volumen de tránsito.

Palabras Clave: Componentes estructurales, diseño equivalente, piedra chancada, coeficientes de capa.

ABSTRACT

To make a suitable choice, of the type of structure to be used in a certain way, requires a technical-economic analysis, and a detailed study of sources of materials, which will be used in the structural components of the pavement, in addition to the inclusion of stabilization that is require to perform, for improvement of the physical and mechanical characteristics of the base and granular subbase, having as a general objective, Determine the influence of soil stabilization with cement on structural components (base and granular subbase) in the equivalent design of Rigid, segmented and flexible pavements in low traffic volume routes, begins with the selection of quarries that will be used, these quarries must comply with the general technical specifications of the Ministry of Transport and Communications (EG-2013), in case If you fail to comply, you must "mix" different quarries to obtain a dosage adequate Two quarries were used for the sub base, which are: Vallecito and Isla, for the base, a crushed stone quarry "Surupana" was added, giving us the following results, CBR for Sub base: 41.85%, and the CBR for Base: 81%, with these results, the respective layer coefficients are obtained for the pavement design, then 5% cement was added in the base and granular subbase, complying with the stipulations of EG-2013, the pavements were designed respective, and the respective budget was made, the most economical being the flexible pavement, the most expensive, the rigid pavement with granular subbase stabilized with cement and the technically and economically recommended, the flexible pavement with granular base stabilized in low volume roads traffic.

Key word: structural components, equivalent design, crushed stone, layer coefficients.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Situación Problemática

En el proceso de selección de tipo de estructura de pavimentos (rígidos, flexibles, adoquinados, afirmados, etc.), a utilizar, en una determinada vía depende de diversos factores, como son: el clima, el tráfico, las características del suelo de fundación, la calidad de los materiales y los costos de construcción, mantenimiento y rehabilitación, otros factores, podrían ser la continuidad de una vía, y el desempeño de pavimentos similares en el área (Chang, 2012).

De todos los factores mencionados, “El tráfico es uno de los factores más relevantes en el diseño de pavimento. Su correcta determinación depende de muchos factores que pueden conducir a una estimación inadecuada del mismo” (Menéndez, 2013, p. 252).

Otro factor vendría a ser la calidad de los materiales que componen la estructura del pavimento (componentes estructurales) Según el manual de Carreteras, Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos, sección Suelos y Pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (MTC, 2014).

Todos los materiales deberán cumplir los requerimientos del manual de carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, vigente; no obstante cuando en un determinado proyecto de pavimentación se requiera especificaciones nuevas concordantes en el estudio o que amplíen complementen o reemplacen a las especificaciones generales, el autor del proyecto o el ingeniero responsable de suelos y pavimentos deberá emitir las especificaciones especiales para ese proyecto y solo será aplicable para su ejecución. (p.76)

Una forma de realizar una elección adecuada de pavimentos, es utilizando el diseño equivalente de pavimentos, entendiéndose que los diseños equivalentes corresponden un diseño bajo las mismas condiciones de servicio a lo largo de su vida útil (Chang, 2013).

Como se sabe existen diversas formas de mejorar las propiedades de materiales de los componentes estructurales de pavimentos, entre ellas la incorporación de cemento en bases y sub bases, lo que se denomina materiales tratados, según el MTC (2014) “La resistencia del suelo-cemento aumenta con el contenido de cemento y la edad de la mezcla” (p. 71).

Con lo cual se busca conocer, que efecto tendría la incorporación de suelo cemento en componentes estructurales, para realizar un diseño equivalente de pavimentos rígidos, segmentados y flexibles, en vías de bajo volumen de tránsito, y analizarlos económicamente, según. Chang (2013) “los proyectos viales se desarrollan para condiciones locales muy particulares y se requiere de una evaluación técnico-económica para identificar el tipo de pavimento más conveniente” (p. 63).

1.2 Formulación Del Problema

1.2.1 Problema General

¿Cómo influye la estabilización de suelos con cemento en componentes estructurales, en el diseño equivalente de Pavimentos Rígidos, segmentados y Flexibles, para vías de Bajo Volumen de Transito?

1.2.2 Problemas Específicos

¿Cómo influye la estabilización de suelo con cemento en base granular en el diseño del pavimento flexible para vías de bajo volumen de transito?

¿Cómo influye la estabilización de suelo con cemento en base granular en el diseño de pavimento segmentados para vías de bajo volumen de transito?

¿Cómo influye la estabilización de suelo con cemento en sub base granular en el diseño de pavimentos rígidos para vías de bajo volumen de transito?

¿Cómo influye realizar un diseño equivalente de pavimentos, rígidos, segmentados y flexibles, considerando la estabilización de suelo – cemento a nivel de base y sub base granular?

1.3 Justificación De La Investigación

Al momento de construir una vía, desde su etapa de estudio, la pregunta frecuente es: ¿Qué tipo de estructura tenemos que realizar?, muchas veces la elección del tipo de estructura, puede ser de modo arquitectónico, “En lugares donde se quiera mejorar la apariencia, destacar determinados elementos o dar aviso al peatón a través del color o textura” (Menéndez, 2013, p.29). Y en otras netamente estructural.

Existen diversas formas de clasificar un pavimento, como pueden ser pavimentos flexibles, pavimentos semirrígidos o semiflexibles, pavimentos rígidos y pavimentos articulados (Montejo, 2002), siendo la diferencia entre estos, la respuesta estructural que depende de los materiales que las conforman (Chang, 2013).

1.3.1 Justificación Social

Con el estudio de la estabilización de suelos con cemento en los componentes estructurales de pavimentos, rígidos, segmentados y flexibles, nos ayuda a reducir los espesores de estas capas, y por ende se reduce de forma significativa la explotación de canteras, muchas de ellas apropiados ilegalmente.

1.3.2 Justificación Económica

Como justificación económica, realizar diseños equivalentes de pavimento, considerando la estabilización de suelo con cemento a nivel de base y sub base granular, nos ayuda a seleccionar de manera adecuada, tanto técnica como económica, ayudándonos a reducir los costos a nivel de inversión, aún más si se tratase de vías de bajo volumen de tránsito que, al no soportar cargas importantes, puede llevarnos a sobre dimensionar nuestra estructura.

Según Chang, Carlos (2013), “Una adecuada selección del tipo de pavimento se traduce en mejor servicio a los usuarios y ahorros sustanciales en los costos de construcción y mantenimiento” (p. 50).

1.3.3 Justificación Técnica

El diseño equivalente de pavimentos, consiste en diseñar diferentes estructuras de pavimentos, bajo las mismas condiciones de servicio, lo cual nos ayuda a una elección adecuada de una estructura de pavimento, adicionalmente existen métodos que mejoran las características tanto físicas como mecánicas de suelos como podría ser la estabilización que se define:

“Como el mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos” (MTC, 2014, p.65).

Definitivamente realizar un diseño equivalente de pavimento, nos ayuda a la elección adecuada de la estructura, tanto económicamente como estructuralmente, aun mas si le incorporamos una variable como la estabilización de suelo cemento en componentes estructurales.

1.3.4 Justificación Ambiental

El crecimiento del género humano y su expansión geográfica ha permitido el control de un alto porcentaje de los recursos, tanto renovables como no renovables del planeta y ponerlos a su disposición en función de sus necesidades y demandas.

Como se mencionó en la justificación social, realizar la estabilización suelo cemento, ayuda significativamente a la reducción de la explotación de canteras, esto ayuda en el marco legal, ya que, en nuestro país, en las últimas décadas se ha logrado un significativo avance en la legislación ambiental.

1.4 Objetivos De La Investigación

1.4.1 Objetivo General

Determinar la influencia que tiene la estabilización de suelos con cemento en componentes estructurales (base y sub base granular) en el diseño equivalente de pavimentos rígidos, segmentados y flexible, en vías de bajo volumen de tránsito.

1.4.2 Objetivos Específicos

Determinar la influencia que tiene la estabilización en base granular con cemento en el diseño de pavimento flexibles para vías de bajo volumen de tránsito.

Determinar la influencia que tiene la estabilización en base granular con cemento en el diseño de pavimento segmentados para vías de bajo volumen de tránsito.

Determinar la influencia que tiene la estabilización en sub base granular con cemento en el diseño de pavimento rígido para vías de bajo volumen de tránsito.

Determinar la influencia de realizar un diseño equivalente de pavimentos, rígidos, adoquinos y flexibles, considerando la estabilización de suelo – cemento a nivel de base y sub base granular.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Introducción

Realizar un adecuado marco teórico, nos ayuda a comprender mejor el tema de investigación, uno de los propósitos de la revisión de la literatura es analizar y discernir si la teoría y la investigación anterior sugieren una respuesta (aunque sea parcial) a la pregunta o las preguntas de investigación o bien provee una dirección a seguir dentro del planteamiento de nuestro estudio. Hernández (como se citó en Lawrence, Machi y McEvoy, 2012; Race, 2008)

El marco teórico es el que orienta la investigación en el sentido de que la teoría es la que decide lo que se puede observar (Carrasco, 2013)

Una fuente importante para construir un marco teórico son las teorías. Una teoría es un conjunto de conceptos, definiciones y proposiciones vinculados entre sí, que presentan un punto de vista sistemático de fenómenos que especifican relaciones entre variables, con el objetivo de explicar y predecir estos fenómenos. (Hernández, 2014, p. 83)

El fundamento teórico de la investigación sin duda alguna, posee gran importancia y utilidad para el investigador, en tanto que constituye la explicación plena de todos los enunciados, conceptos categorías o teorías que están relacionados con el problema de investigación al contexto social del problema de estudio, evitando que el investigador se salga de la estructura teorica-logica que concierne al estudio. (Carrasco, 2013, p. 155)

Definitivamente el marco teórico, es lo que nos guiara durante toda la investigación, es por ello de su importancia debida, a continuación, se detalla los temas a tratar en esta tesis, empezando con antecedentes de investigación, todo sobre diseño equivalente de pavimentos, y estabilización de suelos con cemento.

2.2 Antecedentes De Investigación

2.2.1. Antecedentes Internacionales

Carlos Chang Albitres en su investigación “Diseño equivalente de pavimentos Rígidos y Flexibles en los procesos de licitación. Experiencia en los Estados Unidos de América”, realiza análisis comparativo de diseños de pavimentos rígidos y flexibles, utilizando las normas AASHTO, para los diseños, emplea los mismos parámetros de serviciabilidad, confiabilidad, nivel freático, condiciones medioambientales y propiedades de subrasante, diseñando para un periodo de 20 años, llegando a las siguientes conclusiones: las variaciones en el índice de serviciabilidad presente, inicial y final, no influyen significativamente en el cálculo del espesor de la carpeta asfáltica, ni de la losa de concreto, como también, es muy importante realizar diseños equivalentes para un determinado proyecto, tomar en consideración el momento en que se realizaran parchados y recapeo, siendo este último muy importante en determinar en el análisis de costos.

2.2.2. Antecedentes Nacionales

Según Mario Becerra (2013), en su tesis “comparación técnico económica de las alternativas de pavimentación flexibles y rígida a nivel de costo de inversión”, realiza una comparación entre ambos diseños de pavimentos (rígido y flexible), llegando a las siguientes conclusiones, “los pavimentos (flexibles y rígidos) ambos tienden a incrementar espesores a medida que el tránsito aumenta o el suelo empeora”, “los pavimentos rígidos son menos susceptibles a los valores de CBR, pero se comportan bien, bajo condiciones estables de suelos de fundación”, en cuanto al análisis económico, que establece una comparación relativa de costo de inversión (construcción inicial) entre alternativas equivalentes de pavimento flexible y rígido se puede ver una variación entre ellos de +/- 20%”.

Herrera, Sarita (2014), en su tesis “Efecto del cemento portland tipo 1, como estabilizante del material granular de la cantera el guitarrero para base de pavimentos rígidos”, evaluó el

efecto del cemento portland, como estabilizante en las propiedades físicas mecánicas del material granular, obteniendo lo siguiente: “El cemento portland en 1% de adición en peso del material granular, aumenta la máxima densidad seca en 0.45%, con 2% de adición, aumenta 1.36% y con 4% de adición aumenta en 2.27% de la máxima densidad seca”, el cemento portland en 1% de adición en peso del material, aumento el valor de CBR al 100% de la MDS en 219.89%, con 2% de adición aumenta en 532%, debido a ello no es útil adicionar cemento en mayores porcentaje”.

Pillpa, Ulises en su tesis “Estudio comparativo entre una pavimentación con concreto hidráulico y una pavimentación con piedra laja emboquillado con concreto en la zona urbana de Lircay”. Estudió la influencia de la pavimentación con concreto hidráulico y pavimentación con piedra laja emboquillado con concreto, la resistencia a la compresión debido al tránsito vehicular y la incidencia en la optimización del presupuesto del proyecto en la zona urbana, llegando a la conclusión de que el costo del pavimento con piedra laja emboquillado con concreto es mayor que el pavimento con concreto hidráulico, debido a que la piedra pasa por una serie de procesos para ubicarse en obra, siendo los cuales: selección y acopio, extracción, habilitado, carguío y transporte.

2.2.3. Antecedentes Locales

Según Condori, Anselmo (2016), en su tesis “Optimización de espesores de pavimentos con aplicación de geo-sintéticos”, evalúa el espesor de base y sub base de una carretera, con la aplicación de geosintéticos, para evaluar económicamente como estructuralmente, llegando a las siguientes conclusiones: “Se obtuvo una reducción de sub base de 75%, lo que conllevó a una optimización de costo de 22.15%”, “también se reduce el impacto ambiental, debido a la reducción de explotación de canteras, con un ahorro del 75.7%”.

Mestas y Chávez (2012), en su tesis “Comparación entre tratamiento superficial bicapa y asfalto en caliente, en la rehabilitación de la carretera Chacchaca – Yunguyo – Kasani”

estudiaron los conceptos del tratamiento superficial bicapa y del método de asfalto en caliente, sus beneficios y ventajas, llegando a la conclusión de: “las emulsiones asfálticas no contaminan el medio ambiente, ya que no emiten gases tóxicos hacia la atmosfera”, “diseñar con un tratamiento superficial bicapa resulta un pavimento más económico que una carpeta asfáltica en caliente, siendo la diferencia que la superficie de rodadura en el tratamiento superficial bicapa presenta niveles de deformaciones superiores”.

2.3 Diseño Equivalente De Pavimentos

La metodología de diseño equivalente de pavimentos rígidos, segmentados y flexibles está basada en una evaluación técnico, económica que asume un nivel de servicio similar para todos los tipos de pavimentos involucrados durante el periodo de diseño.

Es indudable que la elaboración de “diseño equivalente” implica conocer los diversos factores involucrados en los procesos de diseño de pavimentos rígidos y flexibles no son muchas veces comparables. Un ejemplo es el periodo de diseño. Tradicionalmente se considera de 40 a 50 años para pavimentos rígidos y de 20 a 30 años para pavimentos flexibles ¿Cómo podemos comparar ambos diseños de manera equitativa si están siendo diseñados para distintas condiciones?, es por ello que para diseñar pavimentos equivalentes agencias de transporte han elaborado protocolos especiales que toman en cuenta los volúmenes de tráfico, condición la subrasante, condiciones medio-ambientales, propiedades de pavimento a través del ciclo de vida útil, y costos de construcción y mantenimiento. Esto protocolos enfatizan la importancia de incluir en el proceso de diseño, un análisis de costo durante la vida útil del pavimento. Aunque los datos requeridos y el proceso de análisis de costos durante la vida útil están bien descritos en documentos publicados por diversos organismos, la implementación de este tipo de análisis depende en gran medida de la disponibilidad de información y practica local. (Chang, 2012, p. 52)

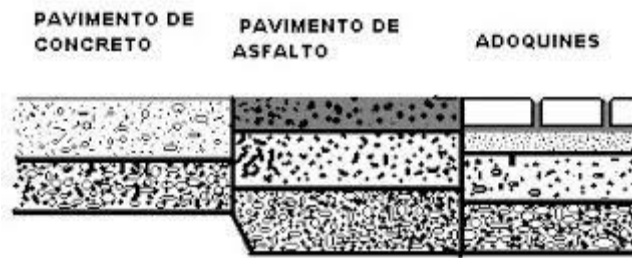


Figura 1. Secciones Típicas de diferentes pavimentos (Bernal, 2009)

2.4 Diseño De Pavimentos Flexibles

Un pavimento flexible está compuesto típicamente por una carpeta asfáltica, base, y sub base granular, los pavimentos flexibles se diseñan usualmente para una vida en servicio de 20 a 30 años considerando mantenimiento periódico anual. Los pavimentos flexibles son frecuentemente modelados y analizados como un sistema multicapa sometidos a cargas. Cada capa que conforma el pavimento contribuye al soporte al soporte estructural y drenaje del pavimento, siendo la carpeta asfáltica la de mayor aporte estructural, sin embargo el desempeño exitoso de la estructura del pavimento depende en gran medida del adecuado soporte estructural que le brindan las capas inferiores y del mantenimiento que reciba durante su vida en servicio (Chang, 2012, p. 50)

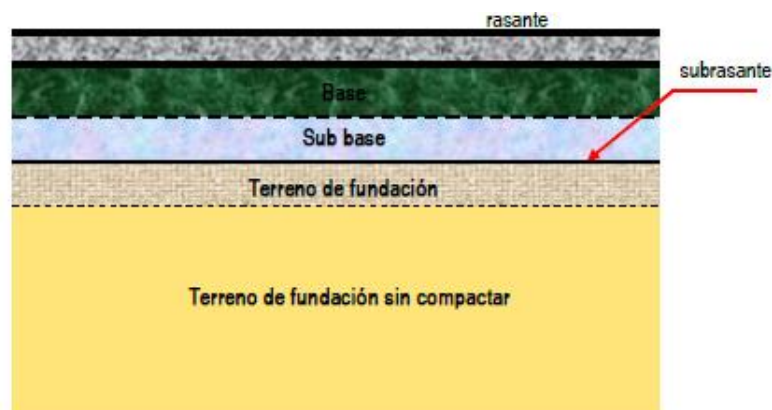


Figura 2. Sección Típica de pavimento flexible (Minaya & Ordoñez – 2006)

2.4.1 Método AASHTO 1993

El procedimiento adoptado es el AASHTO 93, que está basado en los resultados de la pista de prueba de AASHO llevada a cabo en Ottawa, a finales de 1950.

Se debe tener en cuenta que las ecuaciones originales fueron desarrolladas bajo determinados escenarios climáticos. (Menéndez, 2013, p76)

El procedimiento adoptado es el AASHTO 93, que está basado en los resultados de la pista de prueba de AASHO llevada a cabo en Ottawa, a finales de 1950.

Se debe tener en cuenta que las ecuaciones originales fueron desarrolladas bajo determinados escenarios climáticos. (Menéndez, 2013, p76)

El propósito del modelo es el cálculo del número estructural requerido (SNr), en base al cual se identifican y determinan un conjunto de espesores de cada capa de la estructura del pavimento, que deben ser construidas sobre la subrasante para soportar las cargas vehiculares con aceptable serviciabilidad durante el periodo de diseño establecido en el proyecto. (MTC, 2014, p.87)

2.4.2 Procedimiento De Diseño Método AASHTO 1993

Calculo de tráfico para el periodo de diseño

“El tráfico es uno de los factores más relevantes en el diseño de pavimentos. Su correcta determinación depende de muchos factores que pueden conducir a una estimación inadecuada del mismo” (Menéndez, 2013, p. 252). El manual MTC (2014) Para el tráfico de diseño de pavimentos flexibles, se definen tres categorías:

- a) Caminos de bajo volumen de tránsito, de 150001 hasta 1000000 EE, en el carril y periodo de diseño.

Tabla 1
Número de repeticiones de ejes equivalentes

Tipos	Tráfico Pesado Expresado en EE	Rangos de Tráfico Pesado Expresado en EE
Tp1		> 150000 EE
		<= 300000 EE
Tp2		> 300000 EE
		<= 500000 EE
Tp3		> 500000 EE
		<= 750000 EE
Tp4		> 750000 EE
		<= 1000000 EE

Clasificación de caminos de bajo volumen de tránsito
(MTC 2014)

- b) Caminos que tienen un tránsito de 1000001 EE hasta 30000000 EE, en el carril y periodo de diseño.

Tabla 2
Número de ejes equivalente 2da parte

Tipos	Tráfico Pesado Expresado en EE	Rangos de Tráfico Pesado Expresado en EE
Tp5		> 1000000 EE
		<= 1500000 EE
Tp6		> 1500000 EE
		<= 3000000 EE
Tp7		> 3000000 EE
		<= 5000000 EE
Tp8		> 5000000 EE
		<= 7500000 EE
Tp9		> 7500000 EE
		<= 10000000 EE
Tp10		> 10000000 EE
		<=12500000 EE
Tp11		> 12500000 EE
		<= 15000000 EE
Tp12		> 15000000 EE
		<= 20000000 EE
Tp13		> 20000000 EE
		<= 25000000 EE
Tp14		< 25000000 EE
		<= 30000000 EE

Clasificación de caminos de alto volumen de tránsito
(MTC 2014)

c) Caminos que tienen un tránsito mayor a 30000000 EE, en el carril y periodo de diseño.

Esta categoría de caminos, no están incluidas en el manual del MTC (2014)

Tabla 3
Numero de ejes equivalentes 3ra parte

Tipos Tráfico Pesado Expresado en EE	Rangos de Tráfico Pesado Expresado en EE
Tp1	> 30000000 EE

Clasificación de caminos de tránsito pesado (MTC 2014)

Características de la subrasantes

Ante la ausencia de equipos, o de tiempo para la ejecución de ensayos de módulo de resiliencia, se utilizan ecuaciones de correlación entre los valores de CBR y Mr para obtener el valor requerido en el diseño de pavimentos. (Chang, 2012)

$$MR(psi) = 2555x CBR^{0.64}$$

Donde:

CBR: Valor Relativo de Soporte (%)

El manual MTC (2014) clasifica a los suelos según su capacidad de soporte CBR en 6 categorías:

Tabla 4
Categoría de Sub rasante

Categoría de Subrasante	CBR
S0: Subrasante Inadecuada	CBR < 3 %
S1: Subrasante Pobre	De CBR >= 3% A CBR < 6%
S2: Subrasante Regular	De CBR >= 6% A CBR < 10%
S3: Subrasante Buena	De CBR >= 10% A CBR < 20%
S4: Subrasante muy buena	De CBR >= 20% A CBR < 30%
S5: Subrasante Extraordinaria	CBR >=30 %

Categoría de Sub rasante en función al CBR (MTC 2014)

Confiabilidad

“El método AASHTO incorpora el criterio de la confiabilidad, que representa la probabilidad que una determinada estructura se comporte, durante su periodo de diseño, de acuerdo con lo previsto. Esta probabilidad está en función de la variabilidad de los factores que influyen sobre la estructura del pavimento y su comportamiento; sin embargo, solicitudes diferentes a las esperadas, como calidad de la construcción, condiciones climáticas extraordinarias, crecimiento excepcional del tráfico pesado mayor a lo previsto y otros factores, pueden reducir la vida útil de un pavimento” (MTC, 2014).

Coefficiente Estadístico de Desviación Estándar Normal

El coeficiente de Desviación estándar normal (Z_r) representa el valor de la confiabilidad seleccionada, para un conjunto de datos en una distribución normal.

Tabla 5
Nivel de Confiabilidad Recomendado

Tipo de Caminos	Trafico	Ejes Equivalentes Acumulados		Nivel de Confiabilidad
Caminos de bajo volumen de transito	TP0	100000	150000	65.00%
	TP1	150001	300000	70.00%
	TP2	300001	500000	75.00%
	TP3	500001	750000	80.00%
	TP4	750001	1000000	80.00%
	TP5	1000001	1500000	85.00%
	TP6	1500001	3000000	85.00%
	TP7	3000001	5000000	85.00%
	TP8	5000001	7500000	90.00%
Resto de caminos	TP9	7500001	10000000	90.00%
	TP10	10000001	12500000	90.00%
	TP11	12500001	15000000	90.00%
	TP12	15000001	20000000	95.00%
	TP13	20000001	25000000	95.00%
	TP14	25000001	30000000	95.00%
	TP15		>30000000	

Nivel de confiabilidad recomendado (MTC – 2014)

Tabla 6
Desviación Estándar Normal recomendado

Tipo de Caminos	Trafico	Ejes Equivalentes Acumulados		Desviación Estándar Normal
Caminos de bajo volumen de transito	TP0	100000	150000	-0.385
	TP1	150001	300000	-0.524
	TP2	300001	500000	-0.674
	TP3	500001	750000	-0.842
	TP4	750001	1000000	-0.842
	TP5	1000001	1500000	-1.036
	TP6	1500001	3000000	-1.036
	TP7	3000001	5000000	-1.036
	TP8	5000001	7500000	-1.282
Resto de Caminos	TP9	7500001	10000000	-1.282
	TP10	10000001	12500000	-1.282
	TP11	12500001	15000000	-1.282
	TP12	15000001	20000000	-1.645
	TP13	20000001	25000000	-1.645
	TP14	25000001	30000000	-1.645
	TP15		>30000000	-1.645

Desviación estándar recomendado para diferentes niveles de tráfico (MTC, 2014)

Desviación estándar combinada

“La desviación estándar combinada (S_0), es un valor que toma en cuenta la variabilidad esperada de la predicción del tránsito y de los otros factores que afectan el comportamiento del pavimento; como por ejemplo, construcción, medio ambiente, incertidumbre del modelo etc”. (Menéndez, 2013, p.78)

Según el MTC-2014 Considera $S_0=0.45$

Índice de serviciabilidad inicial

La serviciabilidad inicial, es la condición de una vía recientemente construida.

Tabla 7
Índice de Serviciabilidad inicial recomendado

Tipo de Caminos	Trafico	Ejes Equivalentes Acumulados		Índice de Serviciabilidad Inicial
Caminos de bajo volumen de transito	TP1	150001	300000	3.80
	TP2	300001	500000	3.80
	TP3	500001	750000	3.80
	TP4	750001	1000000	3.80
	TP5	1000001	1500000	4.00
	TP6	1500001	3000000	4.00
	TP7	3000001	5000000	4.00
	TP8	5000001	7500000	4.00
	TP9	7500001	10000000	4.00
Resto de caminos	TP10	10000001	12500000	4.00
	TP11	12500001	15000000	4.00
	TP12	15000001	20000000	4.20
	TP13	20000001	25000000	4.20
	TP14	25000001	30000000	4.20
	TP15		>30000000	4.20

Índice de Serviciabilidad recomendado según niveles de tráfico (MTC, 2014)

Índice de serviciabilidad final

La serviciabilidad terminal es la condición de una vía que ha alcanzado la necesidad de algún tipo de rehabilitación o reconstrucción.

Tabla 8
Índice de serviciabilidad final recomendado

Tipo de Caminos	Trafico	Ejes Equivalentes Acumulados		Índice de Serviciabilidad Final
Caminos de bajo volumen de transito	TP1	150001	300000	2.00
	TP2	300001	500000	2.00
	TP3	500001	750000	2.00
	TP4	750001	1000000	2.00
	TP5	1000001	1500000	2.50
	TP6	1500001	3000000	2.50
	TP7	3000001	5000000	2.50
	TP8	5000001	7500000	2.50
	TP9	7500001	10000000	2.50
Resto de caminos	TP10	10000001	12500000	2.50
	TP11	12500001	15000000	2.50
	TP12	15000001	20000000	3.00
	TP13	20000001	25000000	3.00
	TP14	25000001	30000000	3.00
	TP15		>30000000	3.00

Índice de serviciabilidad final recomendado según rango de tráfico (MTC, 2014)

Diferencia de Serviciabilidad

Es la diferencia entre la serviciabilidad inicial y terminal asumida para el proyecto en desarrollo.

Tabla 9
Diferencia de serviciabilidad recomendado

Tipo de Caminos	Trafico	Ejes Equivalentes Acumulados		Diferencia de Serviciabilidad
Caminos de bajo volumen de transito	TP1	150001	300000	1.80
	TP2	300001	500000	1.80
	TP3	500001	750000	1.80
	TP4	750001	1000000	1.80
	TP5	1000001	1500000	1.50
	TP6	1500001	3000000	1.50
	TP7	3000001	5000000	1.50
	TP8	5000001	7500000	1.50
	TP9	7500001	10000000	1.50
Resto de caminos	TP10	10000001	12500000	1.50
	TP11	12500001	15000000	1.50
	TP12	15000001	20000000	1.20
	TP13	20000001	25000000	1.20
	TP14	25000001	30000000	1.20
	TP15		>30000000	1.20

Diferencia de serviciabilidad recomendado, según rango de tráfico (MTC, 2014)

Número estructural requerido

Los datos obtenidos y procesados se aplican a la ecuación de diseño AASHTO y se obtiene el número estructural, que representa el espesor total del pavimento a colocar y debe ser transformado al espesor efectivo de cada una de las capas que lo construirán.

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R S_o + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07$$

Donde:

W18: Número estimado de ejes simples equivalentes de 8.2 ton.

ZR: Desviación estándar normal.

So: Error estándar combinado de la predicción de la predicción del tránsito y de la predicción del comportamiento.

PSI: Diferencia entre el índice de servicio inicial e índice de servicio final.

MR: Modulo Resiliente.

SN: Numero Estructural.

“Según AASHTO la ecuación SN no tiene una solución única, es decir hay muchas combinaciones de espesores de cada capa que dan una solución satisfactoria. Se debe realizar un análisis de comportamiento de las alternativas de estructuras de pavimentos seleccionadas, de tal manera que permita decidir por la alternativa que presenta los mejores valores de servicio, funcionales y estructurales, menores a los admisibles, en relación al tránsito que debe soportar la calzada”. (Menéndez, 2013, p.81)

$$SN = a_1 D_1 + a_2 m_2 D_2 + a_3 m_3 D_3$$

Donde:

ai: Coeficiente de capa.

mi: Coeficiente de drenaje

Di: Espesor de capa.

Coefficiente de Drenaje

“El coeficiente de drenaje es la relación que existe entre el módulo resiliente en una condición de humedad óptima con respecto al módulo para una cierta condición de humedad. El valor 1.0 que las condiciones de drenaje son similares a las de la pista de pruebas de AASHTO, mientras que valores por encima de 1.0 se trata de condiciones mejores que las obtenidas durante la pista de prueba” (Menéndez, 2013, p. 80)

Tabla 10
Valores recomendados del coeficiente de drenaje

Calidad del Drenaje	P=% Del tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad cercano a la saturación			
	Menor que 1%	1% - 5%	5%-25%	Mayor que 25%
Excelente	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.20
Bueno	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1.00
Regular	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.80
Pobre	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.60
Muy pobre	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.40

Valores recomendados del coeficiente de drenaje en bases y sub base (MTC, 2014)

Tabla 11
Calidad de drenaje

Calidad del drenaje	Tiempo en que tarda el agua en ser evacuada
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Mediano	1 semana
Malo	1 mes
Muy malo	el agua no evacua

Calidad de drenaje (MTC, 2014)

2.5 Diseño De Pavimentos Rígidos

El hormigón se emplea hace más de un siglo, su primera aplicación tuvo lugar en algunas arterias urbanas de ciudades europeas, pasando después a los Estados Unidos donde en 1909 se construye la primera carretera con pavimento rígido para vehículos automóviles en Wayne County (Michigan). En este país se desarrolla rápidamente la tecnología, con estudios, ensayos de laboratorio y tramos de ensayo a escala natural (Montejo, 2012, p. 319).

Los pavimentos de concreto, se le denomina rígido, debido a la naturaleza de la losa de concreto.

Debido a su naturaleza rígida, la losa absorbe casi la totalidad de los esfuerzos producidos por las repeticiones de las cargas de tránsito, proyectando en menor intensidad los esfuerzos a las capas inferiores y finalmente a la subrasante (MTC, 2014, p. 150).

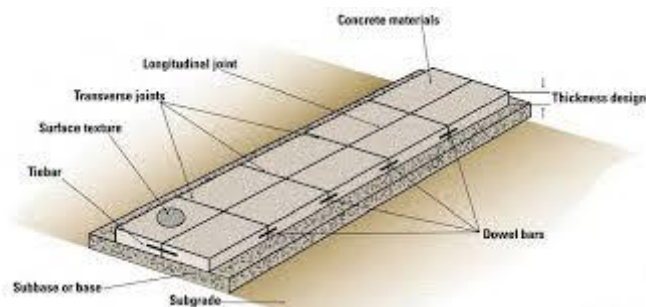


Figura 3: Característica de un pavimento de concreto con juntas (Menéndez, 2013)

Un pavimento rígido está compuesto típicamente por una losa de concreto hidráulico y una base granular. La losa de concreto hidráulico constituye el mayor soporte estructural del pavimento. Los pavimentos rígidos se diseñan usualmente para una vida en servicio de 40 a 50 años con un mantenimiento mínimo. Hay diversos tipos de pavimento rígido: pavimento de concreto armado continuo, pavimento de hormigón con juntas simples, pavimento de concreto armado con dowells, y pavimento de concreto post-tensado entre otros (Chang, 2012, p. 51).

Según el MTC (2014) “los pavimentos de concreto con juntas son los que mejor se aplican a la realidad nacional debido a su buen desempeño y a los periodos de diseño que usualmente se emplean” (p.150).

2.5.1 Metodología De Diseño AASHTO 93

El método AASHTO 93 estima que para una construcción nueva el pavimento comienza a dar servicio a un nivel alto. A medida que transcurre el tiempo, y con él las repeticiones de

carga de tránsito, el nivel de servicio baja. El método impone un nivel de servicio final que se debe mantener al concluir el periodo de diseño (MTC, 2014, p. 150).

La guía de diseño para pavimentos rígidos fue desarrollada al mismo tiempo que para los pavimentos flexibles, y fue publicado en el mismo manual. El diseño está basado en ecuaciones empíricas obtenidas del ensayo de carreteras de la AASHO con algunas modificaciones posteriores basadas en teoría y experiencia (Menéndez, 2013, p. 117).

Donde se propone la siguiente ecuación para determinar el espesor de la losa de concreto.

$$\log W_{18} = Z_R S_0 + 7.35 \log(D + 1) - 0.06 + \frac{\log \left[\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5} \right]}{1 + \frac{1.624 \times 10^{-7}}{(D + 1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 p_t) \log \left[\frac{S_c C_d (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 J \left[D^{0.75} - \frac{18.42}{(E_c / k)^{0.25}} \right]} \right]$$

Donde:

W18: Numero previsto de ejes equivalentes

Zr: desviación normal estándar

S0: error estándar combinado en la predicción del tránsito y en la variación del comportamiento esperado del pavimento.

D: espesor del pavimento de concreto

PSI: diferencia entre los índices de servicio inicial y final

Pt: Índice de serviciabilidad o servicio final

S'c: resistencia media del concreto a flexo tracción

Cd: Coeficiente de drenaje

J: coeficiente de transmisión desde carga en las juntas

Ec: módulo de elasticidad del concreto

K: módulo de reacción compuesto de la sub rasante.

2.5.2 Procedimiento De Diseño

Calculo de tráfico para el periodo de diseño

El tráfico se expresa en repeticiones de ejes equivalentes denominados por el MTC como EE, ya descritos en la sección de tráfico de pavimentos flexibles.

Características de la subrasantes

El dato de entrada para el suelo de fundación es el módulo resiliente M_r , este valor luego es transformado en el módulo de reacción de la subrasante, tomando en cuenta la variación a través del año, este valor luego es corregido por la presencia de la sub base y por la presencia de lecho rocoso en caso que este se encuentre a una profundidad menor a 3 metros (Menéndez, 2013, p. 119).

Índice de Serviciabilidad

Es el grado de comodidad que la vía brinda al usuario. Existen diferentes maneras para analizar y cuantificar el grado de servicio. Un parámetro usado es el índice de servicio (Present Serviciability Index - PSI), que establece una escala subjetiva de calificación de 0 a 5, siendo 5 la condición calificada como excelente, otro indicador es la rugosidad, o irregularidades en pavimento, que en buena cuenta son onda, que pueden ser analizando transformadas de Fourier (Chang, 2012, p. 9).

El (MTC 2014), recomienda índices de serviciabilidad en base al tráfico proyectado.

Confiabilidad y desviación estándar

“La guía AASHTO incorpora en el diseño un factor de confiabilidad $R\%$ para tener la incertidumbre en la predicción del tráfico y el desempeño del pavimento $R\%$ indica la probabilidad de que el pavimento diseñado tendrá un nivel de desempeño más alto que el nivel de serviciabilidad final al concluir el periodo de diseño” (Menéndez, 2013, p. 118).

Tabla 12
Índice serviciabilidad, recomendado por MTC

Tipo de Caminos	Trafico	Ejes Equivalentes Acumulados		Índice de serviciabilidad inicial (Pi)	Índice de serviciabilidad fina (Pt)	Diferencia de serviciabilidad PSI
Caminos de bajo volumen de transito	TP1	150001	300000	4.10	2.00	2.10
	TP2	300001	500000	4.10	2.00	2.10
	TP3	500001	750000	4.10	2.00	2.10
	TP4	750001	1000000	4.10	2.00	2.10
	TP5	1000001	1500000	4.30	2.50	1.80
	TP6	1500001	3000000	4.30	2.50	1.80
	TP7	3000001	5000000	4.30	2.50	1.80
	TP8	5000001	7500000	4.30	2.50	1.80
Resto de caminos	TP9	7500001	10000000	4.30	2.50	1.80
	TP10	10000001	12500000	4.30	2.50	1.80
	TP11	12500001	15000000	4.30	2.50	1.80
	TP12	15000001	20000000	4.50	3.00	1.50
	TP13	20000001	25000000	4.50	3.00	1.50
	TP14	25000001	30000000	4.50	3.00	1.50
	TP15		>30000000	4.50	3.00	1.50

Índice de serviciabilidad, según rango de tráfico (MTC, 2014)

Tabla 13
Confiabilidad y desviación estándar recomendado MTC

Tipo de Caminos	Trafico	Ejes Equivalentes Acumulados		Nivel de confiabilidad (R)	Desviación Estándar Normal	
Caminos de bajo volumen de transito	TP0	100000	150000	65.00%	-0.385	
	TP1	150001	300000	70.00%	-0.524	
	TP2	300001	500000	75.00%	-0.674	
	TP3	500001	750000	80.00%	-0.842	
	TP4	750001	1000000	80.00%	-0.842	
	TP5	1000001	1500000	85.00%	-1.036	
	TP6	1500001	3000000	85.00%	-1.036	
	TP7	3000001	5000000	85.00%	-1.036	
	TP8	5000001	7500000	90.00%	-1.282	
	TP9	7500001	10000000	90.00%	-1.282	
	Resto de caminos	TP10	10000001	12500000	90.00%	-1.282
		TP11	12500001	15000000	90.00%	-1.282
		TP12	15000001	20000000	90.00%	-1.282
		TP13	20000001	25000000	90.00%	-1.282
		TP14	25000001	30000000	90.00%	-1.282
TP15			>30000000	95.00%	-1.645	

Confiabilidad y desviación estándar recomendado, según rango de tráfico (MTC, 2014)

Desviación estándar combinada

La variabilidad es expresada en función a la desviación estándar global, S_0 ; para un rendimiento de pavimento rígido es de 0.35 a 0.40 y se suele emplear el valor de 0.35

Resistencia media del concreto a flexotracción

De acuerdo al manual de MTC 2014, el concreto a ser empleado en la construcción de pavimentos rígidos debe cumplir con los siguientes requisitos del módulo de rotura (resistencia a la flexotracción) y resistencia a la compresión.

Tabla 14
Valores recomendados de resistencia del concreto

Rangos de tráfico pesado expresado en EE	Resistencia a la flexo tracción del concreto (MR)	Resistencia equivalente a la compresión del concreto (f'c)
$\leq 5'000,000$ EE	40 Kg/cm ²	280 Kg/cm ²
$> 5'000,000$ EE		
$\leq 15'000,000$ EE	42 Kg/cm ²	300 Kg/cm ²
$> 15'000,000$ EE		
$\leq 30'000,000$ EE	45 Kg/cm ²	350 Kg/cm ²

Valores recomendados según el tráfico (MTC, 2014)

Módulo de Elasticidad del concreto

El módulo E_c elástico y el módulo de 28 días de rotura del concreto S_c , se requieren como parámetros de entrada.

Juntas

Las juntas son proporcionadas en pavimentos de concreto para evitar la ocurrencia de grietas prematuras debido a la retracción del concreto, “los gradientes térmicos que se producen en el pavimento al ir variando la temperatura ambiente a lo largo del día, las diferencias de temperatura entre el verano e invierno, la posible aparición de empujes como consecuencia de dilataciones, las paradas de la puesta en obra (por ejemplo al finalizar la jornada de trabajo) y

las limitaciones del ancho de los equipos de construcción, hacen necesaria la disposición de juntas de pavimento, dividiendo estas en losas.” (IECA, 2013, p. 2).

Mecanismo de transferencia de carga en juntas

Según el MTC-2014, existen tres métodos de transferencia de carga, estos son: Trabazón de agregados, pasadores o dowells y sub base tratadas

Tabla 15
Coefficiente de transferencia de cargas

Dispositivo de transferencia de carga	Berma		Asfalto		PCC	
	SI	NO	SI	NO	SI	NO
Tipo de pavimento						
Con juntas y con juntas y refuerzo	3.2	3.8-4.4	2.5-3.1	3.6-4.2		
CRCP	2.9-3.2	NA	2.3-2.9	NA		

Coefficiente de transferencia de cargas (MTC, 2014)

Trabazón de agregado

“Es el engranaje mecánico que existe entre los agregados de ambas caras de las losas adyacentes. Depende de la resistencia al corte de las partículas de los agregados, del espaciamiento entre las juntas transversales, del tipo de sub base y del tráfico” (MTC, 2014, p.168).

Pasadore o Dowells

“Incrementan mecánicamente la transferencia de carga aportada por la trabazón de agregados, es necesario para pavimentos con números de repeticiones de EE mayores a 4 millones en el periodo de diseño” (MTC, 2014, p. 168).

Sub base tratada

“Reducen la deflexión en las juntas al incrementar la capacidad de soporte del suelo (k equivalente)” (MTC, 2014, p. 168).

Tabla 16
Espaciamiento de juntas

Espesor de Pavimento mm (in.)	Espaciamiento de Juntas m
125 (5)	3.00 - 3.80
150 (6)	3.70 - 4.60
175 (7)	4.30 - 4.60
200 (8) o más	4.60

Distancia mínima de juntas (CE 010).

2.6 Diseño De Pavimentos Segmentados

Según Menéndez, Rafael (2013) “El pavimento segmentado se establece como unidades individuales que pueden o no pueden unirse para formar un pavimento flexible o rígido vinculado. El material puede ser de piedra natural, madera concreta prefabricado o barro cocido”.

El pavimento de adoquines de concreto está compuesto, casi siempre por dos capas: la capa de rodadura (los adoquines), y la base. Ambas capas son importantes porque los adoquines sin base terminan por hundirse en el suelo; la base sin los adoquines se deteriora muy rápido y no tiene la resistencia suficiente, a continuación, se observa una sección típica de pavimento de adoquines de concreto.

“El año 2010 la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles (ASCE) publicó la guía estructural de pavimentos de concreto inter-trabados para calles municipalidades y calzadas (ASCE 2010). Este documento como su título lo señala está orientado al diseño de pavimentos para zonas urbanas y se basa en las ecuaciones desarrolladas por AASHTO 1993”. (Menéndez, 2013, p. 39)

Según este método, se tiene un coeficiente de capa del pavimento segmentado de concreto y la cama de arena, todo unido de 0.44.

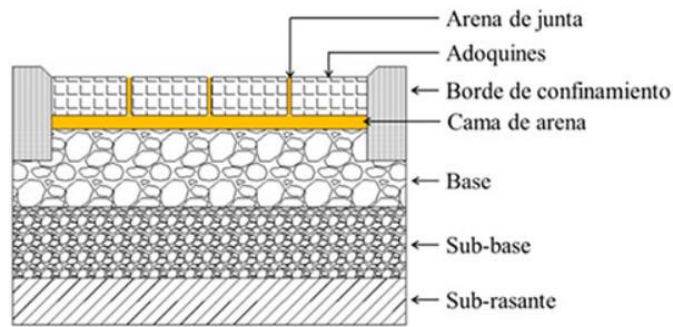


Figura 4. Elementos estructurales de un pavimento de adoquín de concreto (ASCE, 2010)

En los últimos años con las mejoras en el proceso de fabricación de los bloques se viene incrementando el uso de esta alternativa de pavimentación en zonas de alto tráfico, o lugares decorativos.

Su espesor depende del tránsito que va soportar el pavimento, de la dureza del suelo y de los materiales con que se van a construir estas capas, a continuación, presentamos algunas recomendaciones sobre las capas que conforman los pavimentos de adoquines de concreto:

Capa de adoquines

Los adoquines tienen un espesor variable entre 4 y 8 cm para todo tipo de tráfico que va desde el peatonal al vehicular.

Capa de arena

Esta capa se construye de 3 a 5 cm de espesor, con arena suelta, gruesa y limpia.

La base

El espesor de la base depende del material con que se construya, del tránsito y de la calidad del suelo.

Método de la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles

Este método se aplica cuando se trata de vías nuevas destinadas al tráfico de cargas normales o legales con tráficos de hasta 10x10 6 ESAL, consideradas para la capa de rodadura conformada por bloques de concreto un espesor único de 80 mm (3 1/8”), cama de arena de

hasta 25mm (1”) y para velocidades de diseño de hasta 70 kph la base puede ser diseñada para materiales granulares, estabilizados con cementos o estabilizados con asfalto.

Tabla 17
Espesores mínimos pavimentos segmentados

Ejes equivalentes acumulados		Capa superficial	Cama de arena
<= 150,000		Adoquín de Concreto: 60 mm	40 mm
150,001	7,500,000	Adoquín de Concreto: 80 mm	40 mm
7,500,001	15'000,000	Adoquín de Concreto: 100 mm	40 mm

Valores mínimos en pavimentos segmentados (MTC, 2014).

La guía de diseño del ASCE, recomienda considerar un valor único de confiabilidad de 75% ($Z_r=0.67$) y desviación estándar de 0.45, estos valores presentan a un nivel bajo a medio que corresponden a una vía urbana de baja velocidad.

Según el MTC (2014) “El espesor mínimo constructivo para base granular es de 100mm, para bases tratadas con asfalto 90mm y para bases tratadas con cemento es de 100mm” (p. 140).

2.7 Estabilización De Suelos Con Cemento

2.7.1 Generalidades

La estabilización de suelo con cemento mejora las características, físico mecánicas, el inicio de este tipo de actividad según Menéndez (2016) “La estabilización de suelo con cemento se inicia desde 1917, cuando Amies patenta un primer procedimiento de mejoramiento de suelos a base de mezclar proporciones variables de cemento tipo portland” (p. 16).

En teoría, se logra la estabilización de un material cuando al adicionar el cemento, el agua y la energía de compactación dicho material aumenta sus propiedades de resistencia mecánica, de plasticidad, y es estable ante los procesos de meteorización bajo las condiciones del clima a

que están expuesto en el pavimento. Obviamente las cargas del tránsito inducirán un proceso de falla acorde con las leyes de fatiga que rigen estos materiales (Arce, 2011, p. 1).

El material llamado suelo-cemento se obtiene por la mezcla íntima de un suelo suficientemente disgregado con cemento, agua y otras eventuales adiciones, seguida de una compactación y un curado adecuados. De esta forma, el material suelto se convierte en otro endurecido, mucho más resistente. A diferencia del concreto, sin embargo, los granos de los suelos no están envueltos en pasta de cemento endurecido, sino que están puntualmente unidos entre sí. Por ello, el suelo-cemento tiene una resistencia inferior y un módulo de elasticidad más bajo que el concreto. (MTC, 2014, p.71)

La acción estabilizadora del cemento consta de varias etapas, la primera de las cuales es la acción de la naturaleza fibrosa del silicato de calcio que se forma cuando los granos del cemento entran en contacto con el agua. Debido a esta reacción, se forman masas de fibras minúsculas que se traban fuertemente unas con otras y con otros cuerpos (Menéndez, 2016, p. 16).

La solución formada por la mezcla cemento y agua reacciona con las partículas del suelo, reacción en la que los iones de calcio tienden a agrupar las partículas de suelos cargados negativamente produciéndose su floculación por acción de gravedad. Por último, si se compacta la mezcla, se produce una reacción del calcio con la sílice y alúmina de tamaños coloidales produciéndose complejos compuestos de silicatos y aluminatos que aumentan lentamente la resistencia de la mezcla. A esta acción se la llama puzolanica (Menéndez, 2016, p. 16).

El cemento se puede incorporar al material de base para mejorar propiedades como: la resistencia mecánica, la resistencia a las condiciones del clima (especialmente ante altos índices de saturación), los indicadores de plasticidad o la degradabilidad (meteorabilidad) de los agregados; además permite el reciclado del pavimento existentes severamente deteriorados, así como el uso de materiales que no cumplen con las especificaciones técnicas para base

granular. Esto es especialmente importante en zonas donde no se cuenta con buenas fuentes de agregados (Arce, 2011, p. 1).

Para su correcta aplicación se debe determinar en laboratorio la óptima combinación del agregado, el agua, el cemento y la energía de compactación. Los cuatro parámetros son de mucha importancia para garantizar el mínimo costo y un exitoso desempeño de la base estabilizada y del pavimento, lo que conlleva también la disminución del potencial de agrietamiento. Adicionalmente los procedimientos constructivos y de control de calidad son elementos fundamentales para lograr dichos objetivos (Arce, 2011, p. 1).

2.7.2 Mezcla

Las reacciones de la pasta de agua-cemento con el suelo son de naturaleza físico-químico, la reacción química producida es función de las características de los agentes químicos que existen en la mezcla, de sus concentraciones, tiempo, tipo de agua, tipo de cemento, curado y de los aditivos usado (De la Fuente, 2013, p. 25).

La reacción del cemento con la arcilla no se puede considerar como la reacción de un cementante con un material inerte. La arcilla reacciona y cambia durante el proceso. Así se ha encontrado que la mezcla con cemento altera la estructura interna de los minerales arcillosos (De la Fuente, 2013, p. 25).

Según Menéndez (2016) “La mezcla se debe de diseñar mediante el método de la Asociación del Cemento Portland (PCA, 1992). Como parámetros de diseño, se tomarán los ensayos de resistencia a compresión simple y humedecimiento-secado (normas MTC E1103 y MTC E 1104)” (p. 16).

También se puede realizar la combinación de suelos mediante la clasificación, según el MTC (2014) “La dosificación de cemento para Suelo Cemento puede fijarse aproximadamente en función del tipo de suelo” (p. 71).

Tabla 18
Porcentaje de cemento por tipo de suelo

Clasificación de Suelos AASHTO	Rango usual de cemento requerido Porcentaje del peso de los suelos
A-1-a	3-5
A-1-b	5-8
A-2	5-9
A-3	7-11
A-4	7-12
A-5	8-13
A-6	9-15
A-7	10-16

Porcentaje de cemento en peso para diferentes suelos (EG – 2013)

2.7.3 Propiedades

Resistencia a la compresión simple

Acerca de los valores que alcanzan normalmente, en primer término conviene aclarar que en la literatura se presentan los valores usuales obtenidos por los distintos organismos o investigadores, con una amplia dispersión del promedio general; lo anterior tiene una explicación sencilla y es que los valores promedios de la resistencia a la compresión simple de probetas de suelos tratados con cemento son función principalmente del diseño utilizado y, por lo tanto, serán diferentes, según sea, la preferencia del diseñador. Por esta razón, en los resultados de ensayos realizados en muestras saturadas a los 28 días, la Portland Cement Association de los E.U.A reporta valores promedios que varían entre 30 a 65 Kg/cm² para el diseño de pavimentos, debido a que de antemano se especifica para obtener valores comparativamente bajos. En cambio, en Inglaterra y Alemania, donde en general se diseña para obtener mayores resistencias, los valores que se obtienen son más altos, casi similares a los de concreto pobres, alcanzándose resistencia hasta de 150 Kg/cm² a los 28 días (De la Fuente, 2013, p. 28).

Al respecto el EG (2013), menciona: “la mezcla se debe diseñar mediante el método de la Portland Cement Association (PCA), como parámetro de diseño se tomarán los ensayos de

resistencia a compresión simple y humedecimiento-secado. En el primero de ellos, se deberá garantizar una resistencia mínima de 1,8 MPa, luego de 7 días de curado húmedo” (p.250)

Valor relativo de soporte

Los intentos para ligar el proporcionamiento de la mezcla con el valor relativo de soporte (CBR), no llevaron a resultados concluyentes porque es usual que cualquier suelo-cemento y sobre todo los que contienen suelos granulares gruesos, alcancen sistemáticamente valores tan altos del C.B.R. que su interpretación sea poco confiable (De la Fuente, 2013).

Tabla 19
Propiedades comúnmente exigidas a las mezclas de suelo - cemento

Tipo de Capa	Resistencia a la Compresión Simple (Kg/cm²)	CBR (%)	Expansión (1)%	Pérdidas de Peso en P. Humed. Y Sec (2)
Sub- bases. Material de relleno para trinchera	3.5 - 10.5	20-80	27	
Sub- bases o bases para tránsito muy ligero	7.0 - 14.0	50-150	2	10
Bases para tráfico intenso	14.0 - 56.0	200-600	2	14
Protecciones de terraplenes contra erosión y acción del agua	56	600	2	14

(1) Después de siete días de curado a humedad constante. La resistencia de especímenes análogos sumergidos en agua no debe ser más o menos de un 20%

(2) Después de un periodo de inmersión en agua de cuatro días (Portland Cement Association)

2.8 Procedimiento De Diseño De Pavimentos

El proceso de diseño, de cualquier tipo de estructura de pavimento, no es una regla, simplemente se basa en la experiencia de cada ingeniero, y dependiendo del método que se utilice, pero básicamente son dos los datos que requieren más importancia en el proceso de diseño, que son: el estudio de la subrasante, y el estudio de tráfico.

2.9. Estudios Requeridos

2.9.1 Estudio De Suelo De Fundación

Los trabajos de mecánica de suelos se desarrollan con la finalidad de investigar las características del suelo que permitan establecer los criterios de diseño de la vía. Los trabajos se desarrollan en tres etapas; inicialmente los trabajos corresponden al relevamiento de información, ejecutados directamente en campo, posteriormente se evalúan las características de los materiales involucrados en el proyecto; y finalmente el procesa toda la información recopilada para establecer parámetros de diseño.

a) Puntos de Investigación

La separación de las exploraciones geotécnicas dependerán de la variabilidad de las condiciones del suelo existente, tanto vertical como horizontalmente y el tipo de proyecto de pavimento, que puede variar desde 50 m en zonas urbanas, hasta 2 por kilómetro en carreteras de bajo volumen de tránsito, como se trata de una ciudad universitaria, se opta por las recomendaciones del reglamento nacional de edificaciones C.E. 010 Pavimentos Urbanos.

Según la norma CE 010 Pavimentos Urbanos, el número de investigación será de acuerdo al tipo de Vía, según la tabla 5 con un mínimo de 05 calicatas

Tabla 20
Número mínimo de puntos de investigación

NUMERO PUNTOS DE INVESTIGACION	MINIMO DE	AREA (M2)
1 cada		2000
1 cada		2400
1 cada		3000
1 cada		3600

Número mínimo de exploración en campo (CE. 010, 2010)

Durante la investigación de campo se elabora un perfil estratigráfico para cada punto de investigación, basado en la clasificación visual, además la norma CE 010, recomienda algunas técnicas de investigación

Tabla 21
Técnicas de investigación en campo

NORMA	DENOMINACIÓN
MTC E 101-2000	Pozos, calicatas, trincheras y zanjas
NTP 339.143:1999	SUELOS. Método de ensayo estándar para la densidad y el peso unitario del suelo in-situ mediante el método del cono de arena.
NTP 339.144:1999	SUELOS. Método de ensayo estándar para la densidad in-situ de suelos y suelo-agregado por medio de métodos nucleares (profundidad superficial)
NTP 339.250:2002	SUELOS. Método de ensayo para la determinación en campo del contenido de humedad, por el método de presión del gas carburo de calcio. 1a ed.
NTP 339.150:2001	SUELOS. Descripción e identificación de suelos. Procedimiento visual manual.
NTP 339.161:2001	SUELOS. Practica para la investigación y muestreo de suelos por perforación con barrena.
NTP 339.169:2002	SUELOS. Muestreo geotécnico de suelos con tubos de pared delgada.
NTP 339.172:2002	SUELOS. Método de prueba normalizada para el contenido de humedad de suelo y roca in situ por métodos nucleares (poca profundidad).
NTP 330.175:2002	SUELOS. Método de ensayo normalizado in situ para CBR (California Bearing Ratio- Relación del Valor de Soporte) de suelos.
ASTM D 6951	Método estándar de ensayo para el uso del penetrómetro dinámico de cono en aplicaciones superficiales de pavimentos.

Técnicas de investigación en campo para exploración de suelos (CE. 010, 2010)

b) Profundidad de Excavación

Para el diseño de pavimento, la profundidad a la cual se debe realizar la exploración está relacionada a la profundidad a la cual los esfuerzos producidos por las cargas de los vehículos son despreciables.

Según la Norma CE 010 Pavimentos Urbanos recomienda lo siguiente:

La profundidad mínima de investigación será de 1.50 m por debajo de la cota rasante de la vía.

Si dentro de la profundidad explorada se encontraran suelos blandos o altamente compresibles, la profundidad de investigación deberá ampliarse a criterio del profesional responsable.

Donde exista rellenos no controlados se deberá investigar en todo su espesor debiendo profundizar no menos de 0.50 m dentro del suelo natural.

Ensayos de campo y de laboratorio requerido

Según la Norma CE 010 Pavimentos Urbanos los ensayos requeridos son:

Tabla 22
Ensayos de laboratorio aplicables

NORMA	DENOMINACION
NTP 339.126:1998	SUELOS. Método para la reducción de las muestras de campo a tamaños de muestras de ensayo.
NTP 339.127:1998	SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.
NTP 339.128:1999	SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico.
NTP 339.129:1999	SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, limite plástico, e índice de plasticidad de suelos.
NTP 339.132:1999	SUELOS. Método de ensayo para determinar el material que pasa el tamiz 75 un (N°200).
NTP 339.134:1999	SUELOS. Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (SUCS Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.)
NTP 339.135:1999	SUELOS. Método para la clasificación de suelos para uso en vías de transporte.
NTP 339.141:1999	SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada 2700 KN -m/m3 (56000 pie-lbf/pie3)
NTP 339.142:1999	SUELOS. Método de ensayo de compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía estándar (600 KN - m/m3 (12400 pie-lbf/pie3))
NTP 339.144:1999	SUELOS. Métodos de ensayos estándar para densidad in situ del suelo y suelo agregado por medio de métodos nucleares (profundidad superficial).
NTP 339.145:1999	SUELOS. Método de ensayo de CBR (Relación de soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio.
NTP 339.146:2000	SUELOS. Método de ensayo estándar para el valor de equivalente de arena de suelos y agregado fino

Ensayos de laboratorio aplicables para caracterización de suelos (CE. 010, 2010)

Propiedades Físicas

En cuanto a los ensayos considerados, se puede realizar una breve explicación de los ensayos y los objetivos de cada uno de ellos. Cabe anotar que los ensayos físicos corresponden a aquellos que determinan las propiedades índices de los suelos y que permiten su clasificación.

Propiedades Mecánicas

Los ensayos para definir las propiedades mecánicas, permiten determinar la resistencia de los suelos o comportamiento frente a las sollicitaciones de carga.

2.9.2 Estudio De Canteras

Comprende la ubicación, investigación y comprobación física mecánica de los materiales de agregados inertes para la base y sub base granular de un pavimento, se seleccionará únicamente aquellas canteras que demuestren que la calidad y cantidad de material existente son adecuadas y suficientes para el desarrollo del proyecto. A si mismo los materiales seleccionados de cantera se encuentran dentro del requerimiento establecido por la norma CE. 010 Pavimento Urbano

Metodología de Estudio de Cantera

Investigación en campo

Recordemos que el diseño de pavimentos, se resume en la determinación de rigideces y espesores, los espesores se obtienen mediante diversos métodos, que se detallaran más adelante, en cuanto a sus rigideces, se determina, mediante las características físicas y mecánicas, para ello en nuestro país, contamos con el manual de carreteras, especificaciones técnicas generales para la construcción, (EG-2013), ahí se describen los requisitos mínimos de calidad, para cada componente estructural, cabe recalcar que en nuestro país además de la citada norma, se tiene otras como el reglamento nacional de edificaciones, en su sección pavimentos urbanos (CE 010), así como el manual de carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos, en su sección suelos y pavimentos (MTC – 2014), pero ambos reglamentos en cuanto a la calidad de los materiales citan a la especificaciones técnicas generales para la construcción (EG-2013).

Tabla 23
Ensayos de mecánica de suelos en canteras

ENSAYOS	ASTM	AASHTO	MTC	PROPOSITO DE ENSAYO
Contenido de humedad	D-2216	----	----	Determinar el contenido de Humedad
Análisis granulométrico por tamizado.	D-422	T-88	E-107	Determinar la distribución del tamaño de partículas del Suelo.
Límite líquido	D-4318	T-89	E-110	Determinar el contenido de agua entre los estados Líquido y Plástico.
Limite Plástico	D-4318	T-90	E-111	Determinar el contenido de agua entre los estados Líquido y Plástico.
Proctor Modificado	D-1557	T-180	E-115	Determinar la Máxima densidad seca y el óptimo contenido de Humedad.
C.B.R. (Valor Relativo de Soporte).	D-1883	T-193	E-132	Determinar la Capacidad de Carga.
Abrasión de los Ángeles.	C-131	T-96	E-207	Determinar la resistencia al desgaste de los agregados naturales empleando la máquina de los ángeles con una carga abrasiva.
Equivalente de Arena	D- 2419	----	----	Determinar el polvo Fino o Arcilloso.
Porcentaje de Caras Fracturadas	-----	-----	E- 210	Este método de ensayo abarca la determinación del porcentaje, en masa o cantidad, de una muestra de agregado grueso que contiene partículas fracturadas
Porcentaje de Partículas Chatas Alargadas	-----	-----	E-223	Este método de ensayo abarca la determinación de partículas chatas alargadas.

Estudios de mecánica de suelos aplicables al estudio de canteras (EG, 2014)

Se realiza una investigación de la cantera seleccionada con investigación geotécnica mediante la excavación de calicatas a la profundidad mínima y máxima de explotación, para determinar las características del material y su potencia.

Ensayos de laboratorio

Los ensayos se realizarán de acuerdo al manual CE.010 Pavimentos Urbanos, se pueden apreciar en la tabla 23.

Requerimiento de base y sub base granular

Sub base Granular

Los materiales para la construcción de la sub base granular deberán satisfacer los requisitos indicados en la tabla 11.

Tabla 24
Gradación en Sub bases granulares

Tamiz	Porcentaje que pasa en Peso			
	Gradación A (1)	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm (2")	100	100	-	-
25 mm (1")	-	75-95	100	100
9.5 mm (3/8")	30-65	40-75	50-85	60-100
4.75 mm (N°4)	25-55	30-60	35-65	50-85
2.0 mm (N°10)	15-40	20-45	25-50	40-70
425 µm (N°40)	8-20	15-30	15-30	25-45
75 µm (N°200)	2-8	5-15	5-15	8-15

Gradación en sub bases granulares (EG – 2013)

Tabla 25
Requisitos de Materiales para sub base

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimiento	
				<3000 msnm	> 3000 msnm
Abrasión los Ángeles	MTC E207	C 131	T 96	50 % máx.	50 % máx.
CBR (1)	MTC E132	D 1883	T 193	40 % mín.	40 % mín.
Limite Liquido	MTC E110	D 4318	T 89	25 % máx.	25 % máx.
Índice de Plasticidad	MTC E111	D 4318	T 90	6 % máx.	4 % máx.
Equivalente de Arena	MTC E114	D 2419	T 176	25 % mín.	35 % mín.
Sales Solubles	MTC E219	-	-	1 % máx.	1 % máx.
Partículas Chatas y Alargadas	-	D 4791	-	20 % máx.	20 % máx.

Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de Carga de 0.1" (2.5mm)

La relación a emplearse para la determinación es 1/3 (espesor/longitud) (EG-2013)

Base Granular

Los materiales para la construcción de la base granular deberán satisfacer los requisitos indicados en las especificaciones generales (EG -2013).

Tabla 26
Gradación de base granular

Tamiz	Porcentaje que pasa en Peso			
	Gradación A (1)	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm (2")	100	100	-	-
25 mm (1")	-	75-95	100	100
9.5 mm (3/8")	30-65	40-75	50-85	60-100
4.75 mm (N°4)	25-55	30-60	35-65	50-85
2.0 mm (N°10)	15-40	20-45	25-50	40-70
425 µm (N°40)	8-20	15-30	15-30	25-45
75 µm (N°200)	2-8	5-15	5-15	8-15

Gradación de base granular (EG-2013)

Tabla 27
Valor relativo de soporte de base granular

Valor relativo de soporte, CBR (1)	Trafico de ejes equivalentes (<10 ⁶)	Min. 80% Min.
	Trafico de ejes equivalentes (>10 ⁶)	100%
Referido al 100% de la máxima densidad seca y una penetración de carga de 0.1” (2.5mm).		

Requisito de valor relativo de soporte de base granular (EG-2013)

Tabla 28
Requisito de materiales de agregado grueso en base granular

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimiento altitud	
				<3000 msnm	>3000 msnm
Partículas con una cara fracturada	MTC E 210	D 5821		80% min.	80% min.
Partículas con dos caras fracturadas	MTC E 210	D 5821		40% min.	50% min.
Abrasión los ángulos	MTC E 207	D 131	T 96	40% máx.	40% máx.
Partículas chatas y alargadas		D 4791		15% máx.	15% máx.
Sales solubles totales	MTC E 219	D 1888		0.5% máx.	0.5% máx.
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E 209	C88	T 104		18% máx.

Requisito de materiales para agregados gruesos en base granular (EG-2013)

Tabla 29
Requisito de materiales de agregado fino en base granular

Ensayo	Norma	Requerimiento altitud	
		<3000 msnm	> 3000 msnm
Índice plástico	MTC E 111	4% máx.	2% máx.
Equivalente de arena	MTC E 114	35% min. 0.5%	45% min.
Sales solubles	MTC E 219	máx.	0.5% máx.
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E 209		15%

Requisito de materiales para agregados finos en base granular (EG-2013)

2.9.3 Estudio De Tráfico

“El tráfico es uno de los factores más relevantes en el diseño del pavimento. Su correcta determinación depende de muchos factores que pueden conducir a una inadecuada estimación del mismo. Los métodos actuales se basan en transformar los diferentes tipos de vehículos en un eje estándar equivalente, para posteriormente calcular el número de repeticiones de ejes equivalentes en el periodo de diseño de pavimento (ESAL)”. (Menéndez, 2013, p.252)

Tipos de tráfico

El tráfico “normal” Corresponde a aquel que circula por el camino en estudio en la situación sin proyecto y no se modifican en la situación con proyecto.

El tráfico “generado” Es aquel que no existía en el camino en la situación sin proyecto, y aparece como efecto directo de la ejecución del proyecto debido principalmente a la reducción del costo de transporte del camino.

El tráfico “desviado” es aquel en la situación sin proyecto utiliza otro camino para su desplazamiento, pero una vez ejecutado el proyecto utilizara una parte o en forma total el camino rehabilitado o mejorado, pero mantiene su origen y destino.

Es resultado de un análisis de encuestas origen/destino.

Trafico “inducido o transferido” Es aquel que en la situación sin proyecto utiliza otro camino para su desplazamiento, pero una vez ejecutado el proyecto utilizara una parte o en forma total el camino vecinal rehabilitado o mejorado, a consecuencia de ello cambia su origen, destino o ambos.

Por ejemplo, un productor que al disponer de un camino en mejores condiciones decide comprar insumos en otra localidad.

Factores que interviene en el estudio de tráfico

Periodo de Diseño

Este aspecto es de suma importancia para la determinación de la factibilidad económica de la solución que se plantee, en ninguno de los casos podrá ser menor que el periodo de vida útil de la estructura planteada que por lo general es de 10 a 20 años en los pavimentos flexibles y de 20 a 30 años en los pavimentos rígidos.

Índice medio diario (ADT)

Para calcular el ADT se deberá seguir los siguientes pasos:

Cuantificación del volumen anual del tráfico y su composición inicial por tipos de vehículos.

Estimación de la tasa de crecimiento anual del tráfico por tipo de vehículo, puede obtenerse del conteo vehicular.

Estimación del factor direccional del tráfico.

Estimación del factor de distribución por carril de diseño

Estimación de las magnitudes de carga de las ruedas por tipo de vehículo.

Tasa de crecimiento

Este factor se estima en base a las proyecciones de crecimiento poblacional y económico en el área de influencia del tramo en estudio.

Factor de Crecimiento

El instituto del Asfalto y la guía de diseño de AASHTO recomiendan el uso de tráfico durante todo el periodo de diseño para determinar el factor total de crecimiento, tal como se indica:

$$(G)(Y) = \frac{(1+r)^Y - 1}{r}$$

Factor de distribución direccional

Este factor toma en cuenta el volumen de tráfico en cada dirección, este factor se considera por lo general igual a 50% es decir que en ambas direcciones el tráfico es similar.

Factor de distribución de Carril

Para carreteras de 2 carriles, el carril en cada dirección es el carril de diseño, de manera que el factor de distribución de carril es el 100%

Factor de eje equivalente

El factor de eje equivalente (EALF) es la relación entre el daño ocasionado por un eje determinado con respecto a un eje estándar de 18 Kips (8.1 ton) de carga dual (4 neumáticos) con una presión de inflado de 85 psi.

Según el manual MTC 2014

Para Pavimentos Rígidos

Tabla 30

Relación de cargas por ejes para determinar Ejes equivalentes EE, para pavimentos rígidos

Tipo de Eje	Eje Equivalente (EE 8.2 ton)
Eje Simple de ruedas simples (EE _{S1})	EE _{S1} = [P/6.6] ^{4.1}
Eje Simple de ruedas dobles (EE _{S2})	EE _{S2} = [P/8.2] ^{4.1}
Eje Tándem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE _{TA1})	EE _{TA1} = [P/13.0] ^{4.1}
Eje Tándem (2 ejes de ruedas dobles)(EE _{TA2})	EE _{TA2} = [P/13.3] ^{4.1}
Ejes Tridem (2 ejes de ruedas dobles + 1 eje de rueda simple)(EE _{TR1})	EE _{TR1} = [P/16.6] ^{4.0}
Ejes Tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EE _{TR2})	EE _{TR2} = [P/17.5] ^{4.0}
P = Peso real por eje en toneladas	
Factor de eje equivalente por el método simplificado (MTC-2014)	

Para Pavimentos Flexibles

Tabla 31

Relación de cargas por ejes para determinar ejes equivalentes EE, para pavimentos flexibles y semirrígidos

Tipo de Eje	Eje Equivalente (EE 8.2 ton)
Eje Simple de ruedas simples (EE _{S1})	EE _{S1} = [P/6.6] ^{4.0}
Eje Simple de ruedas dobles (EE _{S2})	EE _{S2} = [P/8.2] ^{4.0}
Eje Tándem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE _{TA1})	EE _{TA1} = [P/14.8] ^{4.0}
Eje Tándem (2 ejes de ruedas dobles)(EE _{TA2})	EE _{TA2} = [P/15.1] ^{4.0}
Ejes Tridem (2 ejes de ruedas dobles + 1 eje de rueda simple)(EE _{TR1})	EE _{TR1} = [P/20.7] ^{3.9}
Ejes Tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EE _{TR2})	EE _{TR2} = [P/21.8] ^{3.9}
P = Peso real por eje en toneladas	
Factor de eje equivalente por el método simplificado (MTC-2014)	

2.9.4 Mezclas Asfálticas

Hoy en día existen una variedad de mezclas asfálticas con fines de pavimentación entre ellas tenemos: Mezcla asfáltica abierta en frío, mezcla asfáltica abierta en caliente, mezclas asfálticas densa en frío, concreto asfáltico, mezclas de arena asfalto, tratamientos superficiales, lechadas asfálticas, mezclas asfálticas drenante, mezclas discontinuas en caliente o microaglomerados, mezclas tibias, mezclas asfálticas modificadas, mezclas asfálticas recicladas en frío, mezclas asfálticas recicladas en caliente, etc.

Concreto Asfáltico

El concreto asfalto es el material asfáltico comúnmente utilizado en los proyectos de construcción de calles, autopistas, aeropuertos y estacionamientos. Este es una mezcla de asfalto y materiales pétreos que se extiende en capas sobre una determinada superficie y se compacta utilizando maquinaria especial, su componente principal es el asfalto.

Se define mezcla asfáltica dense en caliente o concreto asfáltico, a la combinación de áridos (incluido el polvo mineral) con un ligante. Las cantidades relativas de ligante y áridos determinan las propiedades físicas de la mezcla, el proceso de fabricación implica calentar el agregado pétreo, y el ligante a alta temperatura, muy superior a la ambiental, enseguida esta mezcla es colocada en la obra.

“El cemento asfáltico se designa por las letras CA o AC (Asphalt Cement en un país anglosajón) y se clasifica de acuerdo con su consistencia evaluada a través de dos ensayos: penetración y viscosidad. Otra forma de clasificación, utilizada principalmente en países desarrollados, se realiza a través del grado de funcionamiento (PG por sus siglas en inglés)” (Rondón & Reyes, 2015, p. 38).

El índice de penetración no ayuda a evaluar el grado de susceptibilidad térmica, se puede observar el índice de penetración recomendado para diferentes climas en nuestro país en la siguiente tabla:

Tabla 32
Selección del tipo de cemento asfáltico

24° C o más	24°C - 15°C	15° C - 5° C	Menos de 5°C
40-50 ó		85-100	Asfalto
60-70 ó	60-70	120-150	Modificado

Selección del tipo de cemento asfáltico, según su grado de Penetración (EG, 2013)

2.9.5 Concreto Hidráulico

El concreto puede ser definido como un producto artificial que consiste de un medio ligante denominado pasta, dentro del cual se encuentran embebidas partículas de un medio ligado llamado agregado, la pasta es el resultado de la combinación química del material cementante con agua es la fase continua del concreto (Rivva, 2014, p. 11).

Naturaleza del concreto

La mezcla íntima de los componentes del concreto produce una masa plástica que puede ser moldeada y compactada con relativa facilidad, pero gradualmente pierde esta característica y al cabo de algunas horas se torna rígida y comienza a adquirir el aspecto, comportamiento y propiedades de un cuerpo sólido, para convertirse finalmente en el material mecánicamente resistente que es el concreto endurecido (Rivva, 2014, p. 12).

Propiedades de resistencia

La resistencia del concreto se incrementa con el tiempo, pero no se puede medir directamente in situ por ninguno de los métodos de prueba disponible. Sin embargo diferentes métodos de laboratorios simula de forma exacta el tipo de esfuerzos que se producen en el pavimento, pero dan una idea adecuada de su respuesta que puede ser empleada en el diseño o en el control de calidad durante la ejecución, las pruebas más conocidas son: resistencia a la compresión en cilindros y cubos, resistencia a la tracción indirecta por compresión diagonal (método brasilero), ensayo de tracción por flexión en vigas de concreto (Menéndez, 2013, p. 187).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Metodología Y Tipo De Investigación

3.1.1 Metodología De Investigación

La metodología que se aplicará en la presente tesis será del tipo CUANTITATIVO.

“El enfoque cuantitativo es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos brincar o eludir pasos. El orden es riguroso, aunque desde luego, podemos redefinir alguna fase. Parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica” (Hernández, 2014, p. 4).

Según Hernández (2014) “Los planteamientos cuantitativos se derivan de la literatura y corresponden a una extensa gama de propósitos de investigación, como: describir tendencias y patrones, evaluar variaciones, identificar diferencias, medir resultados y probar teorías” (p. 36).

3.1.2 Tipo De Investigación

El tipo de investigación o alcance de investigación será de tipo DESCRIPTIVO – COMPARATIVO.

Se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar como se relacionan estas (Hernández, 2014, p. 92).

3.2 Diseño De Investigación

“En esta investigación, se realizará un diseño de investigación NO EXPERIMENTAL, que se define como la investigación que se realiza sin manipular intencionalmente las variables, para ver el efecto en otras variables” (Hernández, 2014).

La investigación experimental tiene alcances iniciales y finales correlacionales y explicativos. La investigación no experimental es sistemática y empírica en la que las variables independientes no se manipulan porque ya han sucedido. Las interferencias sobre las relaciones entre variables se realizan sin intervención o influencia directa, y dichas relaciones se observan tal como se han dado en su contexto natural.

3.3 Formulación De Hipótesis

3.3.1 Hipótesis General

La influencia que tiene la estabilización de base y sub base con cemento, además de mejorar las características, reduce espesores de capas, con ello modifica el diseño equivalente de pavimento, rígido, segmentado y flexible en vías de bajo volumen de tránsito.

3.3.2 Hipótesis Específica

La influencia que tiene la estabilización de base granular con cemento, es incrementar la resistencia, y por ende reducir su espesor, u omitir alguna capa inferior del pavimento flexible en vías de bajo volumen de tránsito.

La influencia que tiene la estabilización de base granular con cemento, en pavimentos segmentados, es incrementar su resistencia y por ende reducir sus espesores, pero puede no cumplir con los espesores mínimos, en vías de bajo volumen de tránsito.

La influencia que tiene la estabilización de sub base granular en pavimento rígido, es incrementar la resistencia de la sub base granular, y no reduce los espesores, debido a los espesores mínimos en vías de bajo volumen de tránsito

La influencia de utilizar bases y sub bases estabilizadas con cemento, ayuda al pavimento flexible, dado que se puede omitir una capa, mientras que en los pavimentos segmentados y rígidos, no se pueden reducir espesores, debido al no cumplimiento de espesores mínima.

3.4 Operacionalización de Variables

Tabla 33
Operacionalización de Variables

Tipo de Variable	Variable	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores	Instrumento
Independiente	Estabilización de suelos con cemento	Incorporación, de un porcentaje de cemento al material granular, con el fin de mejorar sus características físicas y mecánicas	Estabilización	Porcentaje de Cemento	Diseño de Mezcla método PCA y MTC
	Vías de Bajo Volumen de Tránsito	El tránsito, expresa en el número de repeticiones de ejes equivalentes (ESAL) en un periodo de diseño, considerándose vías de bajo volumen de tránsito, a vías con ejes equivalentes menor a un millón	Volumen de Tránsito	Número de repeticiones de ejes equivalentes (ESAL)	Estudio de Trafico, Método MTC
Dependiente	Diseño equivalente de Pavimentos rígidos, adoquinados y flexibles	Diseño equivalente de pavimentos, entendiéndose que los diseños equivalentes corresponden un diseño bajo las mismas condiciones de servicio a lo largo de su vida útil	Diseño equivalente	Espesores de capas de pavimento	Diseño método AASHTO 1993

Operacionalización de variables (Elaboración Propia)

3.5 Matriz de Consistencia

Tabla 34
Matriz de Consistencia

TITULO	PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES
	<p>General</p> <p>¿Cómo influye la estabilización de suelos con cemento en componentes estructurales, en el diseño equivalente de Pavimentos Rígidos, segmentados y Flexibles, para vías de Bajo Volumen de Tránsito?</p>	<p>General</p> <p>Determinar la influencia que tiene la estabilización de suelos con cemento en componentes estructurales (base y sub base granular) en el diseño equivalente de pavimentos rígidos, segmentados y flexible, en vías de bajo volumen de tránsito.</p>	<p>General</p> <p>La influencia que tiene la estabilización de base y sub base con cemento, además de mejorar las características, reduce espesores de capas, con ello modifica el diseño equivalente de pavimento, rígido, segmentado y flexible en vías de bajo volumen de tránsito.</p>	<p>Variable de estudio</p> <p>Variable Independiente Estabilización de suelos con cemento INDICADORES Porcentaje de Cemento</p>
<p>Específicas</p> <p>Análisis de estabilización de suelos con cemento, en componentes estructurales, para diseño equivalente de pavimentos rígidos, segmentados y flexibles en vías de bajo volumen de tránsito</p>	<p>Específicas</p> <p>¿Cómo influye la estabilización de suelo con cemento en base granular en el diseño del pavimento flexible para vías de bajo volumen de tránsito?</p> <p>¿Cómo influye la estabilización de suelo con cemento en base granular en el diseño de pavimento segmentados para vías de bajo volumen de tránsito?</p> <p>¿Cómo influye la estabilización de suelo con cemento en sub base granular en el diseño de pavimentos rígidos para vías de bajo volumen de tránsito?</p> <p>¿Cómo influye realizar un diseño equivalente de pavimentos, rígidos, segmentados y flexibles, considerando la estabilización de suelo – cemento a nivel de base y sub base granular?</p>	<p>Específicas</p> <p>Determinar la influencia que tiene la estabilización en base granular con cemento en el diseño de pavimento flexibles para vías de bajo volumen de tránsito.</p> <p>Determinar la influencia que tiene la estabilización en base granular con cemento en el diseño de pavimento segmentados para vías de bajo volumen de tránsito.</p> <p>Determinar la influencia que tiene la estabilización en sub base granular con cemento en el diseño de pavimento rígido para vías de bajo volumen de tránsito.</p> <p>Determinar la influencia de realizar un diseño equivalente de pavimentos, rígidos, adoquinos y flexibles, considerando la estabilización de suelo – cemento a nivel de base y sub base granular.</p>	<p>Específicas</p> <p>La influencia que tiene la estabilización de base granular con cemento, es incrementar la resistencia, y por ende reducir su espesor, u omitir alguna capa inferior del pavimento flexible en vías de bajo volumen de tránsito.</p> <p>La influencia que tiene la estabilización de base granular con cemento, en pavimentos segmentados, es incrementar su resistencia y por ende reducir sus espesores, pero puede no cumplir con los espesores mínimos, en vías de bajo volumen de tránsito.</p> <p>La influencia que tiene la estabilización de sub base granular en pavimento rígido, es incrementar la resistencia de la sub base granular, y no reduce los espesores, debido a los espesores mínimos en vías de bajo volumen de tránsito</p> <p>La influencia de utilizar bases y sub bases estabilizadas con cemento, ayuda al pavimento flexible, dado que se puede omitir una capa, mientras que en los pavimentos segmentados y rígidos, no se pueden reducir espesores, debido al no cumplimiento de espesores mínimos.</p>	<p>Variable Independiente</p> <p>Vías de Bajo Volumen de Tránsito</p> <p>INDICADORES</p> <p>Numero de repeticiones de ejes equivalentes (ESAL)</p> <p>Variable Dependiente</p> <p>Diseño equivalente de Pavimentos rígidos, adoquinados y flexibles</p> <p>Espesores de capas de pavimento, rígido, segmentado y flexible</p>

Matriz de consistencia (Elaboración Propia)

3.5 Procedimiento de ejecución de tesis.

3.5.1 Ubicación del lugar

Lo primero que se realizó, es ubicar un lugar donde aplicar la metodología del diseño equivalente de pavimentos, la principal característica sería, que esta vía sea clasificada como vía de bajo volumen de tránsito.

Con lo cual se propuso, realizar en las vías alternas de la Universidad Peruana Unión, como se puede apreciar en el plano U-01, Ubicación del proyecto.

3.5.2 Ubicación de Canteras

Se realizó los estudios de 3 canteras diferentes, dichas canteras se pueden observar en el anexo 7.3 Ubicación de Canteras.

3.5.3 Estudio de Canteras

Los estudios en canteras, serán de caracterización tal como se indica a continuación.

Cantera Vallecito:

- Análisis Granulométrico
- Límites de Consistencia

Cantera Isla

- Análisis Granulométrico
- Límites de consistencia

Con estos estudios podemos especificar el material adecuado, que conformará la sub-base y base granular de nuestros pavimentos correspondientes, para lo cual se realiza los siguientes ensayos:

Sub-base Granular:

- Análisis Granulométrico.
- Límites de consistencia
- Proctor Modificado.

- CBR

Base granular

- Análisis Granulométrico
- Límites de Consistencia
- Proctor modificado
- CBR
- Caras fracturadas.

Todos estos estudios, se detallan en el anexo 7.4. Estudio de canteras.

3.5.4 Estudio de Tráfico

Se realizará, un aforo vehicular durante 7 días, en la vía en mención, para obtener la cantidad de ejes equivalentes en un periodo de diseño de 20 años, dicho estudio se detalla en el Anexo 7.2 Estudio de Trafico.

3.5.5 Caracterización de Subrasante

La caracterización de sub-rasante se obtiene de realizar calicatas, para obtener los parámetros de resistencia, lo cual se puede observar en el Anexo 7.1 Características de Sub-rasante.

3.5.6 Diseño de Pavimentos

Se realizará el diseño de pavimentos con el método AASHTO 1993, para pavimentos rígidos y flexibles, para el caso de pavimentos segmentados, se realizará mediante el método ASCE (Sociedad Americana de Ingenieros Civiles), todos estos diseños se pueden observar en el anexo 7.5 Diseño de Pavimentos.

3.5.7 Presupuesto de Obra

Luego de realizar los diseños correspondientes, se procede a realizar el análisis económico, con lo cual se selecciona la alternativa más conveniente, los resultados del presupuesto de obra a nivel de costo directo, se pueden observar en el ítem 4.1.17 Presupuesto de Obra y lo Análisis

de Costos Unitarios en el Anexo 7.6, así como el cálculo de rendimiento de maquinaria en transporte en el Anexo 7.7 Cálculo de rendimiento.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo, se observará los resultados obtenidos, en el proyecto, así como su debida interpretación.

4.1 Resultados

4.1.1 Características De La Subrasante:

Según los estudios obtenidos, de la caracterización de subrasante, o suelo de fundación, se tiene un CBR de diseño de 12.79%, clasificada como “subrasante buena”, observar el plano ES-01

4.1.2 Estudio De Tráfico:

Según el estudio de tráfico, proyectado para 20 años de servicio, se obtuvo $ESAL=2.51E+05$, ver anexos ítem 7.2 Estudio de Trafico.

4.1.3 Estudio De Canteras:

Se realizaron estudio de 3 canteras, para uso como base y sub base de pavimentos, estas son:

Cantera Vallecito

Cantera de material granular con presencia de arcilla (medianamente plástico), puede ser utilizado para afirmados, bases y sub base granular, previa combinación de suelos, es una cantera muy explotada, muy cercana al proyecto seleccionado, se puede apreciar en la figura 5

Tabla 35
Ubicación de canteras

Cantera	Característica	Distancia Promedio
Vallecito	Material Ligante	3.09 Km
Isla	Material Hormigón	14.59 Km
Surupana	Piedra Chancada	14.73 Km

Ubicación de cantera, respecto al proyecto (Elaboración Propia)



Figura 5. Extracción de muestras, en cantera Vallecito
(Elaboración Propia)

Cantera Isla

Ubicada a 14 kilómetros aproximadamente, del proyecto seleccionado, es una cantera de material hormigón, libre de plasticidad, tiene diversos usos, como base y sub base granular, previa combinación de suelos, debido a su baja fricción de sus partículas, al ser canto rodado, también puede utilizarse en la elaboración de concreto, y para el proceso de trituración o chancado, se puede apreciar en la figura 6.

Cantera Surupana

Ubicada a 14 kilómetros aproximadamente, del proyecto seleccionado, no es una cantera, más bien una trituradora, una empresa que se encarga de vender piedra chancada, así como arena fina y gruesa, entre otras, como se sabe para materiales de pavimentos, se requieren materiales friccionantes que perduren en el tiempo, es por ello de la importancia de la incorporación de la piedra chancada en la combinación de suelos, para el uso en bases granulares.



Figura 6. Extracción de material Cantera Isla
(Elaboración Propia)



Figura 7. Suministro de Piedra Chancada (Surupana)
(Elaboración Propia)

Características granulométricas y de plasticidad

Se realizaron ensayos de análisis granulométrico y límites de consistencia, para determinar sus características físicas, todos estos ensayos, se realizaron siguiendo el manual de carretera especificaciones técnicas, generales para la construcción (EG-2013)

Tabla 36
Características físicas de canteras

CANTERA	CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS Y DE PLASTICIDAD							
	% DE GRAVAS	% DE ARENAS	% DE FINOS	Cu	Cc	LL	LP	IP
ISLA	57.08%	42.67%	0.25%	20.38	1.05	NP	NP	NP
VALLECITO	59.58%	26.02%	14.41%	NP	NP	29.36%	17.59%	11.77%
SURUPANA	100.00%	0.00%	0.00%			NP	NP	NP

Características granulométricas y de plasticidad (Elaboración Propia)

Clasificación de suelos

Se realizó la clasificación de suelos por los métodos AASHTO y SUCS, para las canteras Isla y Vallecito, en cuanto a la cantera Surupana, al tratarse de material procesado, ya se tiene las características de granulométricas que son piedras chancadas de 1/2" y 3/4".

Tabla 37
Clasificación de suelo, de canteras

CANTERA	CLASIFICACIÓN	
	SUCS	AASHTO
ISLA	GW (Grava bien graduada con arena)	A-1-a(0)
VALLECITO	GC (Grava arcillosa con arena)	A-1-b(0)
SURUPANA	piedra chancada 1/2" y 3/4"	

Clasificación de cantera método SUCS y AASHTO (Elaboración Propia)



Figura 8. Muestras de las tres canteras en estudio
 (Elaboración Propia)

4.1.4 Diseño De Sub Base Granular

Como se aprecia en los resultados, ambas canteras no cumplen con las especificaciones técnicas generales para la construcción (EG -2013) por lo tanto es necesario una combinación de suelo, la dosificación adecuada en peso seria la siguiente:

Cantera Isla: 50%

Cantera Vallecito: 50%

Nota: Ver anexo Estudio de cantera y diseño de mezcla

Con esta dosificación, se obtiene un suelo según la clasificación SUCS de GW-GM (Grava bien graduada con limo y arena) y AASHTO de A-1-a (0), cumpliendo la gradación correspondiente.

Obteniéndose también una densidad seca máxima de 2.12 gr/cm³ con un contenido de humedad óptimo de 6.40%

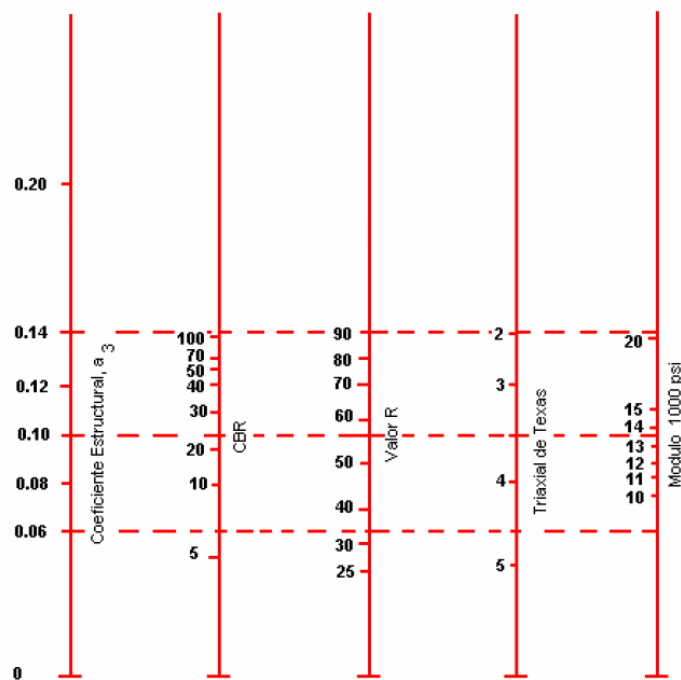


Figura 9. Variación del coeficiente de capa de sub base granular (a3) (Minaya & Ordoñez)

Las características de la sub base granular se presenta en la siguiente tabla

Tabla 38

Características de sub base granular

Descripción	Valor	EG-2013	Condición
Análisis Granulométrico	Gradación A	Gradación A	Cumple
CBR	41.85%	40% min	Cumple
Límite Líquido	NP	25 % máx.	Cumple
Índice de Plasticidad	NP	4% máx.	Cumple

Característica de sub base granular, respecto a la EG-2013 (Elaboración Propia)

Del ábaco mostrado, se concluye que $a_3=0.12$, para Sub base granular.



Figura 10. Análisis Granulométrico, <#4
(Elaboración Propia)

4.1.5 Diseño De Base Granular

Al igual que en la sub base granular, las canteras, no cumplen con la EG-2013, por lo tanto también es necesario realizar un diseño de mezcla, recordando que para la base granular las especificaciones, son más estrictas, la dosificación de mezcla adecuada en peso sería la siguiente:

Cantera Isla: 35%

Cantera Vallecito: 40%

Cantera Surupana: 25%

Nota: Ver anexo estudio de cantera y diseño de mezcla



Figura 11. Análisis Granulométrico > #4
(Elaboración Propia)



Figura 12. Muestra de Piedra Chancada de 1/2" y 3/4"
(Elaboración Propia)

Con esta dosificación, se obtiene un suelo según la clasificación SUCS de GP-GM (Grava mal graduada con limo y arena) y AASHTO de A-1-a (0), cumpliendo la gradación correspondiente.

Obteniéndose también una densidad seca máxima de 2.12 gr/cm³ con un contenido de humedad óptimo de 6.30%

Las características de la base granular se presenta en la siguiente tabla

Tabla 39
Característica de Base granular

Descripción	Valor	EG-2013	Condición
Análisis Granulométrico	Gradación A	Gradación A	Cumple
CBR	86.00%	80.00%	Cumple
Partículas con una cara fracturada	81.30%	80% min	Cumple
Partículas con una cara fracturada	54.70%	50% min	Cumple
Índice de Plasticidad	NP	2% máx.	Cumple

Características de base granular (Elaboración propia)



Figura 13. Saturación para ensayo CBR
(Elaboración Propia)

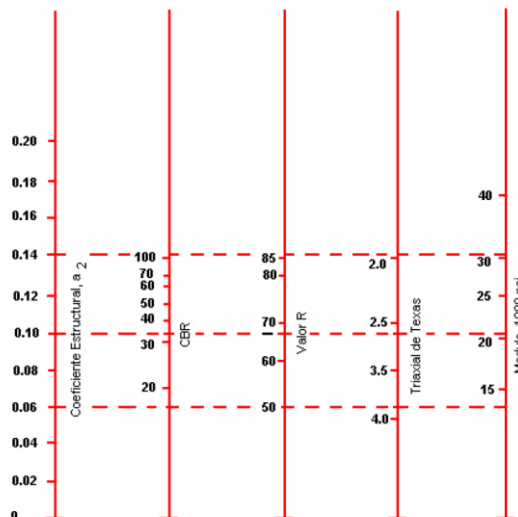


Figura 14. Variación del coeficiente de capa estructural (a₂)
(Minaya & Ordoñez)

Con estos resultados, se obtiene el coeficiente de capa, para el diseño de espesores, por el método de AASHTO 1993, se puede utilizar el abaco mostrado en la siguiente figura, o utilizando la fórmula propuesta por el método utilizado.

Del ábaco mostrado, se concluye que $a_2=0.14$ en base granular, y de 0.20 en base granular tratada con cemento.

4.1.6 Diseño De Sub Base Granular Tratada Con Cemento

Según la clasificación AASHTO A-1-a (0), se obtuvo un porcentaje de cemento en peso de 5%, debiendo ensayarse a compresión simple a los 7 días, superando los 1.8 Mpa, o 18 Kg/cm²

Los resultados obtenidos, fueron 17.7 Kg/cm², 17.8 Kg/cm² y 10.2 Kg/cm², este resultado final se omite, por ser muy diferente a los dos anteriores

El resultado promedio, fue de 17.75 Kg/cm² ensayado a los 7 días, por ser próximo a valor de las especificaciones, se da por aceptado el diseño.



Figura 15. Proporciones, Para la muestra de suelo cemento en sub base (Elaboración Propia)

4.1.7 Diseño De Base Granular Tratada Con Cemento

Según la clasificación AASHTO A-1-a (0), se obtuvo un porcentaje de cemento en peso de 5%, debiendo ensayarse a compresión simple a los 7 días, superando los 1.8 Mpa, o 18 Kg/cm²

Los resultados obtenidos, en laboratorio fueron de 19.2 Kg/cm², 19.6 Kg/cm² y 19.3 Kg/cm².

El resultado promedio fue de 19.4 Kg/cm² ensayado a los 7 días, dicho resultado cumple con las especificaciones correspondientes, por lo tanto, se da por aceptado el diseño.



Figura 16. Muestras Suelo- Cemento
(Elaboración Propia)



Figura 17. Medida de diámetro de espécimen
suelo- cemento
(Elaboración Propia)



Figura 18. Ensayo de Resistencia a la Compresión de muestras suelo cemento (Elaboración Propia)

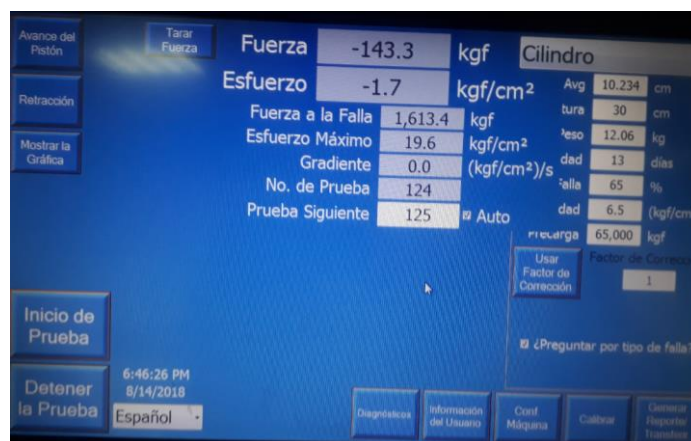


Figura 19. Resultados del ensayo de resistencia a la compresión (Elaboración Propia)

4.1.8 Característica De Mezcla Asfáltica

Según las condiciones ambientales de la zona (15°C – 5°C), se usara un cemento asfaltico con clasificación según penetración, de PEN 120-150.

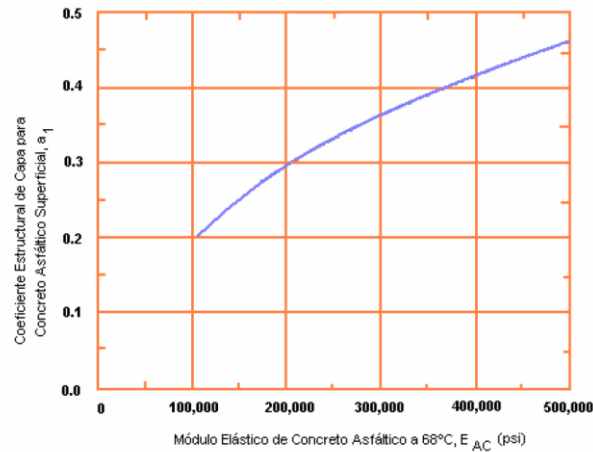


Figura 20. Carta para calcular el coeficiente estructural del concreto asfáltico (Minaya & Ordoñez, 2006)

4.1.9 Característica De Adoquín De Concreto

La resistencia mínima de los adoquines de concreto a compresión, será de 38 Mpa, o 380 Kg/cm².

4.1.10 Característica De Concreto Hidráulico

Se usará concreto con resistencia mínima al módulo de rotura de 3.4 MPa, o 34 Kg/cm², lo cual un concreto de resistencia a la compresión de 280 Kg/cm² cumpliría la especificación técnica.

4.1.11 Diseño De Pavimento Flexible

Los espesores se obtuvieron, mediante el método de AASHTO 1993, y las rigideces, mediante la EG-2013, del anexo diseño de pavimentos flexibles, se obtuvieron los siguientes resultados:

Número estructura SN	:	1.95
Coefficiente de capa de Sub base a3	:	0.12
Coefficiente de capa de Base a2	:	0.14
Dando una estructura de la siguiente manera:		
Carpeta asfáltica	:	5 cm

Base Granular	:	15 cm
Sub Base Granular	:	10 cm

4.1.12 Diseño De Pavimento Flexible Base Tratada Con Cemento

Los espesores se obtuvieron, mediante el método de AASHTO 1993, y las rigideces, mediante la EG-2013.

Número estructura SN	:	1.95
Coefficiente de capa de Sub base a3	:	0.12
Coefficiente de capa de Base Tratada con cemento a2	:	0.20

Dando una estructura de la siguiente manera:

Carpeta asfáltica	:	5 cm
Base Granular	:	15 cm
Sub Base Granular:	:	0 cm

4.1.13 Diseño De Pavimento Segmentado

Los espesores se obtuvieron, mediante el método de AASHTO 1993, y las rigideces, mediante la EG-2013.

Número estructura SN	:	2.00
Coefficiente de capa de Base granular a2	:	0.15
Coefficiente de capa adoquines de concreto y cama de arena	:	0.44

Dando una estructura de la siguiente manera:

Adoquines de concreto	:	8 cm
Cama de arena	:	4 cm
Base Granular	:	10 cm

4.1.14 Diseño De Pavimento Segmentado Base Tratada Con Cemento

Los espesores se obtuvieron, mediante el método de AASHTO 1993, y las rigideces, mediante la EG-2013.

Número estructura SN : 2.00

Coefficiente de capa de Base granular Tratada con cemento a2 : 0.20

Coefficiente de capa adoquines de concreto y cama de arena : 0.44

Dando una estructura de la siguiente manera:

Adoquines de concreto : 8 cm

Cama de arena : 4 cm

Base Granular : 10 cm

4.1.15 Diseño De Pavimento Rígido

Los espesores se obtuvieron, mediante el método de AASHTO 1993, y las rigideces, mediante la EG-2013.

Módulo de reacción compuesto sub base granular : 245 pci

Espesor de losa de concreto : 15 cm

Dando una estructura de la siguiente manera:

Losa de concreto : 15 cm

Sub base granular : 15 cm

4.1.16 Diseño De Pavimento Rígido Sub Base Tratada Con Cemento

Los espesores se obtuvieron, mediante el método de AASHTO 1993, y las rigideces, mediante la EG-2013.

Módulo de reacción compuesto sub base granular tratada con cemento : 400 pci

Espesor de losa de concreto : 15 cm

Dando una estructura de la siguiente manera:

Losa de concreto : 15 cm

Sub base granular : 10 cm

4.1.17 Presupuesto De Obra

Se realizó el presupuesto respectivo a nivel de costo directo, cuyos resultados se presentan a continuación:

Presupuesto Pavimento Flexible

Tabla 40

Presupuesto de pavimento flexible

Ítem	Descripción	Und	Metrado	Precio S/	Parcial S/
01	Sub Base Granular				26743.49
01.01	Extracción, apilamiento de material de cantera para Sub Base (Hormigón)	m3	381.07	5.86	2233.07
01.02	Zarandeo de Material Para Sub Base (Hormigón)	m3	381.07	3.86	1470.93
01.03	Carguío de Material de Cantera Para Sub Base (Hormigón)	m3	381.07	3.01	1147.02
01.04	Transporte de Material Hormigón de Cantera Para Sub Base a Obra Dist. Prom. 14.59 Km	m3	381.07	6.03	2297.85
01.05	Extracción, apilamiento de material de cantera para Sub Base (Ligante)	m3	381.07	8.27	3151.45
01.06	Zarandeo de Material Para Sub Base (Ligante)	m3	381.07	6.67	2541.74
01.07	Carguío de Material de Cantera Para Sub Base (Ligante)	m3	381.07	3.01	1147.02
01.08	Transporte de Material Ligante de Cantera Para Sub Base a Obra Dist. Prom. 3.09 Km	m3	381.07	3.45	1314.69
01.09	Mezcla y Transporte de Material para Conformación de Sub base Dist. 500 M	m3	762.14	3.08	2347.39
01.10	Conformación de Sub Base incluido riego con Agua	m3	762.14	11.93	9092.33
02	Base Granular				54457.95
02.01	Extracción, apilamiento de material de cantera para Sub Base (Hormigón)	m3	400.12	5.86	2344.72
02.02	Zarandeo de Material Para Sub Base (Hormigón)	m3	400.12	3.86	1544.48
02.03	Carguío de Material de Cantera Para Sub Base (Hormigón)	m3	400.12	3.01	1204.37
02.04	Transporte de Material Hormigón de Cantera Para Sub Base a Obra Dist. Prom. 14.59 Km	m3	400.12	6.03	2412.74
02.05	Extracción, apilamiento de material de cantera para Sub Base (Ligante)	m3	457.28	8.27	3781.74
02.06	Zarandeo de Material Para Sub Base (Ligante)	m3	457.28	6.67	3050.08
02.07	Carguío de Material de Cantera Para Sub Base (Ligante)	m3	457.28	3.01	1376.42
02.08	Transporte de Material Ligante de Cantera Para Sub Base a Obra Dist. Prom. 3.09 Km	m3	457.28	3.45	1577.63
02.09	Suministro de Piedra Chancada de 1/2" y 3/4"	m3	400.12	50.00	20006.18
02.10	Mezcla y Transporte de Material para Conformación de Sub base Dist. 500 M	m3	1143.21	3.08	3521.09
02.11	Conformación de Base incluido riego con Agua	m3	1143.21	11.93	13638.50
03	Pavimento de Concreto Asfáltico en Caliente				281363.40
03.01	Imprimado riego asfáltico MC-30	m2	7621.40	4.54	34601.16

03.02	Movilización y Desmovilización de equipos y Herramientas Dist. Prom 14 Km	glb	1.00	5000.00	5000.00
03.03	Transporte de Mezcla Asfáltica en caliente	m3	381.07	26.23	9995.47
03.04	Mezcla asfáltica en caliente	m3	381.07	525.00	200061.75
03.05	Colocación de Mezcla Asfáltica	m2	7621.40	4.16	31705.02
				COSTO DIRECTO:	362564.84

Presupuesto a nivel de costo directo (Elaboración Propia)

Presupuesto Pavimento Flexible con Base Tratada

Tabla 41

Presupuesto de pavimento flexible con base tratada

Ítem	Descripción	Und	Metrado	Precio S/	Parcial S/
01	Base Granular Estabilizado				106325.39
01.01	Extracción, apilamiento de material de cantera para Sub Base (Hormigón)	m3	400.12	5.86	2344.72
01.02	Zarandeo de Material Para Sub Base (Hormigón)	m3	400.12	3.86	1544.48
01.03	Carguío de Material de Cantera Para Sub Base (Hormigón)	m3	400.12	3.01	1204.37
01.04	Transporte de Material Hormigón de Cantera Para Sub Base a Obra Dist. Prom. 14.59 Km	m3	400.12	6.03	2412.74
01.05	Extracción, apilamiento de material de cantera para Sub Base (Ligante)	m3	457.28	8.27	3781.74
01.06	Zarandeo de Material Para Sub Base (Ligante)	m3	457.28	6.67	3050.08
01.07	Carguío de Material de Cantera Para Sub Base (Ligante)	m3	457.28	3.01	1376.42
01.08	Transporte de Material Ligante de Cantera Para Sub Base a Obra Dist. Prom. 3.09 Km	m3	457.28	3.45	1577.63
01.09	Suministro de Piedra Chancada de 1/2" y 3/4"	m3	400.12	50.00	20006.18
01.10	Mezcla y Transporte de Material para Conformación de Sub base Dist. 500 M	m3	1143.21	3.08	3521.09
01.11	Conformación de Base Tratada incluido riego con Agua	m3	1143.21	57.30	65505.93
02	Pavimento de Concreto Asfáltico en Caliente				281363.40
02.01	Imprimado riego asfáltico MC-30	glb	7621.40	4.54	34601.16
02.02	Movilización y Desmovilización de equipos y Herramientas Dist. Prom 14 Km	m3	1.00	5000.00	5000.00
02.03	Transporte de Mezcla Asfáltica en caliente	m3	381.07	26.23	9995.47
02.04	Mezcla asfáltica en caliente	m3	381.07	525.00	200061.75
02.05	Colocación de Mezcla Asfáltica	m2	7621.40	4.16	31705.02
				COSTO DIRECTO:	387688.79

Presupuesto de pavimento flexible tratada con cemento a nivel de costo directo (Elaboración Propia)

Presupuesto Pavimento Segmentado

Tabla 42

Presupuesto de pavimento segmentado

Ítem	Descripción	Und	Metrado	Precio S/	Parcial S/
01	Base Granular				32494.60
01.01	Extracción, apilamiento de material de cantera para Sub Base (Hormigón)	m3	266.75	5.86	1563.15
01.02	Zarandeo de Material Para Sub Base (Hormigón)	m3	266.75	3.86	1029.65
01.03	Carguío de Material de Cantera Para Sub Base (Hormigón)	m3	266.75	3.01	802.91
01.04	Transporte de Material Hormigón de Cantera Para Sub Base a Obra Dist. Prom. 14.59 Km	m3	266.75	6.03	1608.50
01.05	Extracción, apilamiento de material de cantera para Sub Base (Ligante)	m3	304.856	8.27	2521.16
01.06	Zarandeo de Material Para Sub Base (Ligante)	m3	304.856	6.67	2033.39
01.07	Carguío de Material de Cantera Para Sub Base (Ligante)	m3	304.856	3.01	917.62
01.08	Transporte de Material Ligante de Cantera Para Sub Base a Obra Dist. Prom. 3.09 Km	m3	304.856	3.45	1051.75
01.09	Suministro de Piedra Chancada de 1/2" y 3/4"	m3	190.535	50.00	9526.75
01.10	Mezcla y Transporte de Material para Conformación de Sub base Dist. 500 M	m3	762.14	3.08	2347.39
01.11	Conformación de Base incluido riego con Agua	m3	762.14	11.93	9092.33
02	Adoquines de Concreto				440897.99
02.01	Colocación de Adoquines de Concreto	m2	7621.4	57.85	440897.99
COSTO DIRECTO:					473392.59

Presupuesto de pavimento segmentado (Elaboración Propia)

Presupuesto Pavimento Segmentado con base Tratada

Tabla 43

Presupuesto de pavimento segmentado con base tratada

Ítem	Descripción	Und	Metrado	Precio S/	Parcial S/
01	Base Granular				67072.89
01.01	Extracción, apilamiento de material de cantera para Sub Base (Hormigón)	m3	266.75	5.86	1563.15
01.02	Zarandeo de Material Para Sub Base (Hormigón)	m3	266.75	3.86	1029.65
01.03	Carguío de Material de Cantera Para Sub Base (Hormigón)	m3	266.75	3.01	802.91
01.04	Transporte de Material Hormigón de Cantera Para Sub Base a Obra Dist. Prom. 14.59 Km	m3	266.75	6.03	1608.50
01.05	Extracción, apilamiento de material de cantera para Sub Base (Ligante)	m3	304.86	8.27	2521.16
01.06	Zarandeo de Material Para Sub Base (Ligante)	m3	304.86	6.67	2033.39
01.07	Carguío de Material de Cantera Para Sub Base (Ligante)	m3	304.86	3.01	917.62
01.08	Transporte de Material Hormigón de Cantera Para Sub Base a Obra Dist. Prom. 3.09 Km	m3	304.86	3.45	1051.75
01.09	Suministro de Piedra Chancada de 1/2" y 3/4"	m3	190.54	50.00	9526.75
01.10	Mezcla y Transporte de Material para Conformación de Sub base Dist. 500 M	m3	762.14	3.08	2347.39
01.11	Conformación de Base Tratada incluido riego con Agua	m3	762.14	57.30	43670.62
02	Adoquines de Concreto				440897.99
02.01	Colocación de Adoquines de Concreto	m2	7621.40	57.85	440897.99
COSTO DIRECTO:					507970.88

Presupuesto de pavimento segmentado con base tratada (Elaboración Propia)

Presupuesto Pavimento Rígido

Tabla 44

Presupuesto Pavimento Rígido

Ítem	Descripción	Und	Metrado	Precio S/	Parcial S/
01	Sub Base Granular				40115.2389
01.01	Extracción, apilamiento de material de cantera para Sub Base (Hormigón)	m3	571.605	5.86	3349.6053
01.02	Zarandeo de Material Para Sub Base (Hormigón)	m3	571.605	3.86	2206.3953
01.03	Carguío de Material de Cantera Para Sub Base (Hormigón)	m3	571.605	3.01	1720.53105
01.04	Transporte de Material Hormigón de Cantera Para Sub Base a Obra Dist. Prom. 14.59 Km	m3	571.605	6.03	3446.77815
01.05	Extracción, apilamiento de material de cantera para Sub Base (Ligante)	m3	571.605	8.27	4727.17335
01.06	Zarandeo de Material Para Sub Base (Ligante)	m3	571.605	6.67	3812.60535
01.07	Carguío de Material de Cantera Para Sub Base (Ligante)	m3	571.605	3.01	1720.53105
01.08	Transporte de Material Hormigón de Cantera Para Sub Base a Obra Dist. Prom. 3.09 Km	m3	571.605	3.45	1972.03725
01.09	Mezcla y Transporte de Material para Conformación de Sub base Dist. 500 M	m3	1143.21	3.08	3521.0868
01.10	Conformación de Sub Base incluido riego con Agua	m3	1143.21	11.93	13638.4953
02	Pavimento de Concreto Hidráulico				508446.614
02.01	Concreto Premezclado pista $f'c = 245 \text{ Kg/cm}^2$	m3	1143.2	413.17	472340.076
02.02	Encofrado y desencofrado de Pista	m2	431.85	29.61	12787.0785
02.03	Juntas de Dilatación con Sikaflex y Cordón de Polietileno $e=7\text{mm}$	m	2402	7.17	17222.34
02.04	Curado de Pista de Concreto Durante 7 Dias	m2	7621.4	0.80	6097.12
COSTO DIRECTO:					548561.85

Presupuesto de pavimento rígido a nivel de costo directo (Elaboración Propia)

Presupuesto Pavimento Rígido con Sub base Tratada

Tabla 45

Presupuesto de pavimento rígido con sub base tratada

Ítem	Descripción	Und	Metrado	Precio S/	Parcial S/
01	Sub Base Granular				91982.68
01.01	Extracción, apilamiento de material de cantera para Sub Base (Hormigón)	m3	571.605	5.86	3349.61
01.02	Zarandeo de Material Para Sub Base (Hormigón)	m3	571.605	3.86	2206.40
01.03	Carguío de Material de Cantera Para Sub Base (Hormigón)	m3	571.605	3.01	1720.53
01.04	Transporte de Material Hormigón de Cantera Para Sub Base a Obra Dist. Prom. 14.59 Km	m3	571.605	6.03	3446.78
01.05	Extracción, apilamiento de material de cantera para Sub Base (Ligante)	m3	571.605	8.27	4727.17
01.06	Zarandeo de Material Para Sub Base (Ligante)	m3	571.605	6.67	3812.61
01.07	Carguío de Material de Cantera Para Sub Base (Ligante)	m3	571.605	3.01	1720.53
01.08	Transporte de Material Hormigón de Cantera Para Sub Base a Obra Dist. Prom. 3.09 Km	m3	571.605	3.45	1972.04
01.09	Mezcla y Transporte de Material para Conformación de Sub base Dist. 500 M	m3	1143.21	3.08	3521.09
01.10	Conformación de Sub Base Tratada incluido riego con Agua	m3	1143.21	57.30	65505.93
02	Pavimento de Concreto Hidráulico				508446.61
02.01	Concreto Premezclado pista f'c = 245 Kg/cm ²	glb	1143.21	413.17	472340.08
02.02	Encofrado y desencofrado de Pista	m3	431.85	29.61	12787.08
02.03	Juntas de Dilatación con Sikaflex y Cordón de Polietileno e=7mm	m3	2402	7.17	17222.34
02.04	Curado de Pista de Concreto Durante 7 Días	m2	7621.4	0.80	6097.12
COSTO DIRECTO:					600429.29

Presupuesto de pavimento rígido con sub base tratada con cemento (Elaboración Propia)

Resumen:

Pavimento Flexible	: S/ 362564.84
Pavimento Flexible (Base estabilizada con cemento)	: S/ 387688.79
Pavimento Adoquinado	: S/ 473392.59
Pavimento Adoquinado (Base estabilizada con cemento)	: S/. 507970.88
Pavimento Rígido	: S/ 548561.85
Pavimento Rígido (Sub base estabilizada con cemento)	: S/ 600429.29

4.2 Análisis Comparativo De Las Diferentes Alternativas De Pavimentación

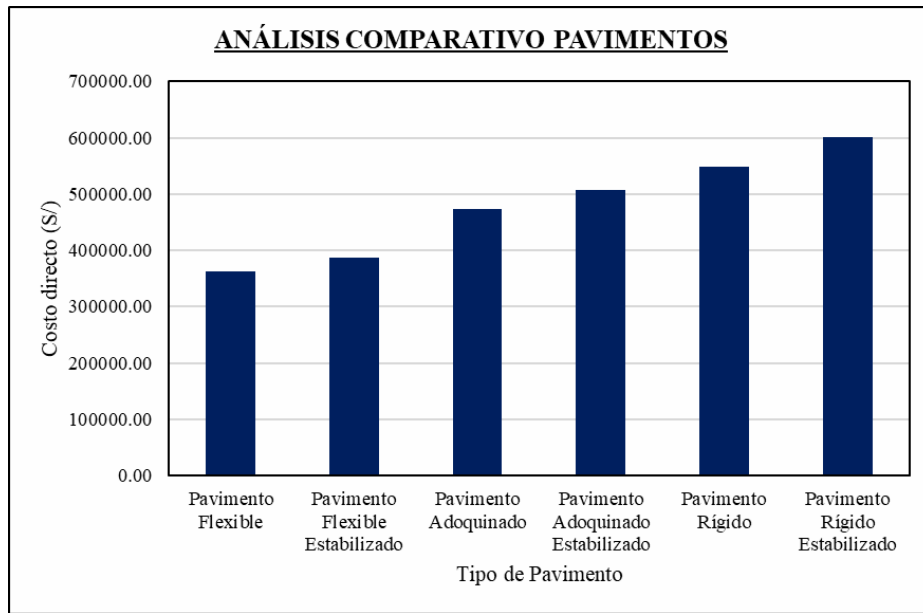


Figura 21. Analisis comparativo a nivel de costo directo (Elaboración Propia)

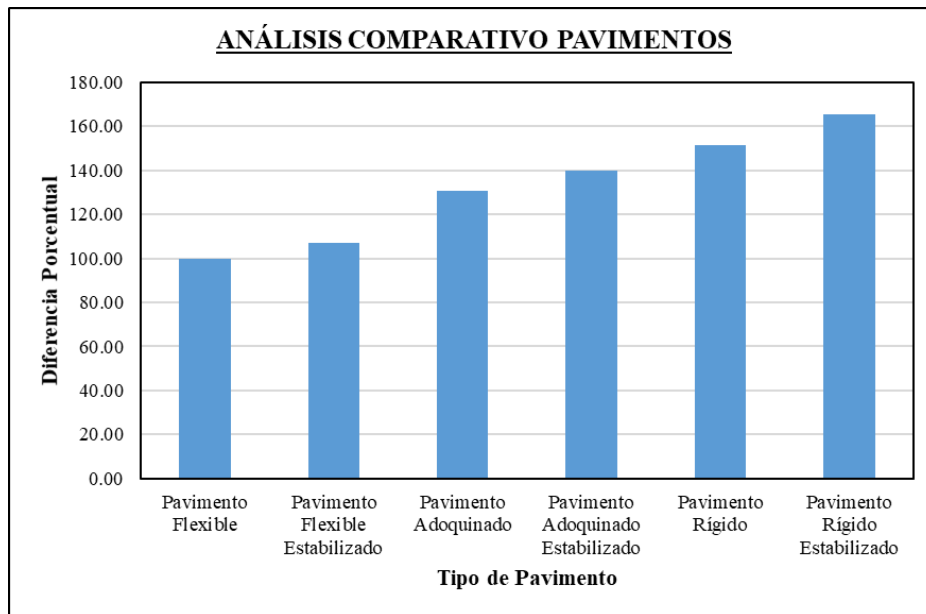


Figura 22. Análisis comparativo por porcentaje (Elaboración Propia)

Análisis comparativo por porcentaje

Para ello, se tomó como el pavimento flexible convencional (sin base granular estabilizada), como parámetro de medida, siendo el costo del pavimento flexible, el 100%.

Los resultados se describen a continuación:

Pavimento Flexible	: 100.00%
Pavimento Flexible (Base estabilizada con cemento)	: 106.93%
Pavimento Adoquinado	: 130.57%
Pavimento Adoquinado (Base estabilizada con cemento)	: 140.10%
Pavimento Rígido	: 151.30%
Pavimento Rígido (Sub base estabilizada con cemento)	: 165.61%

4.3 Validación de Hipótesis

Tabla 46

Validación de Hipótesis

Hipótesis Específica	Condición de Prueba	Toma de decision
La influencia que tiene la estabilización de base granular con cemento, es incrementar la resistencia, y por ende reducir su espesor, u omitir alguna capa inferior del pavimento flexible en vías de bajo volumen de tránsito.	¿Los estudios realizados, demuestran que con la estabilización de base granular en pavimentos flexibles en vías de bajo volumen de tránsito se puede omitir una capa inferior?	Se acepta o rechaza la hipótesis
La influencia que tiene la estabilización de base granular con cemento, en pavimentos segmentados, es incrementar su resistencia y por ende reducir sus espesores, pero puede no cumplir con los espesores mínimos, en vías de bajo volumen de tránsito.	¿Los estudios realizados, demuestran que con la estabilización de base granular en pavimentos segmentados en vías de bajo volumen de tránsito se puede reducir los espesores de base granular?	Se acepta o rechaza la hipótesis
La influencia que tiene la estabilización de sub base granular en pavimento rígido, es incrementar la resistencia de la sub base granular, y no reduce los espesores, debido a los espesores mínimos en vías de bajo volumen de transito	¿Los estudios realizados, demuestran que con la estabilización de base granular en pavimentos rígido en vías de bajo volumen de tránsito se puede reducir los espesores de sub base granular?	Se acepta o rechaza la hipótesis
La influencia de utilizar bases y sub bases estabilizadas con cemento, ayuda al pavimento flexible, dado que se puede omitir una capa, mientras que en los pavimentos segmentados y rígidos, no se pueden reducir espesores, debido al no cumplimiento de espesores mínimos.	¿Los estudios realizados, demuestran que la estabilización con cemento en bases y sub bases de pavimentos rígidos, segmentados y flexibles benefician de alguna manera al pavimento flexible?	Se acepta o rechaza la hipótesis

Validación de Hipótesis (Elaboración Propia)

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La estabilización de suelo con cemento, a nivel de componentes estructurales (base y sub base granular), incrementa la resistencia, medido en valor relativo de soporte (CBR), con ello aumenta el coeficiente estructural (a_2), para el diseño de pavimentos flexibles y segmentados por el método AASHTO, con eso modifica los presupuestos respectivos, dándonos una amplia selección de estructura a utilizar en una vía de bajo volumen de tránsito.

Realizar la estabilización de suelo cemento, en base granular, para pavimentos flexibles, en vías de bajo volumen de tránsito, ayuda a reducir los espesores de los componentes estructurales de la vía, al tener tres componentes estructurales (sub base, base y carpeta asfáltica), se puede omitir uno de estos como sería: la sub-base granular, en los análisis realizados, se obtuvo lo siguiente:

Pavimento flexible sin estabilizar

Carpeta asfáltica: 5cm

Base granular: 15 cm

Sub base granular: 10 cm

Pavimento de flexible con base granular estabilizada

Carpeta asfáltica: 5cm

Base granular: 15 cm

Con ello se concluye: En pavimentos flexibles realizar una estabilización de base granular con cemento es una opción adoptable.

Realizar la estabilización de suelo con cemento, en bases granular, para pavimentos segmentados, en vías de bajo volumen de tránsito, ayuda a reducir los espesores de componentes estructurales, pero si consideramos los espesores mínimos recomendados por la

MTC-2014, el resultado sería el mismo, por lo tanto, lo único que se lograría sería incrementar los costos de construcción, de los análisis efectuados se tiene los siguientes resultados:

Pavimento segmentado

Adoquín de concreto : 8cm

Cama de arena : 4 cm

Base granular : 10 cm

Pavimento segmentado con base granular estabilizada

Adoquín de concreto : 8cm

Cama de arena : 4 cm

Base granular : 10 cm (*)

(*) Según los análisis, se puede reducir dicho espesor, pero se respeta el espesor mínimo para base granular.

Con ello se concluye que: En pavimentos adoquinados, en vías de bajo volumen de tránsito, no es recomendable realizar la estabilización de suelo cemento, en base granular.

Realizar la estabilización de suelo cemento, en sub base granular, para pavimentos rígidos, en vías de bajo volumen de tránsito, ayuda a reducir los espesores de componentes estructurales (sub base granular), pero si consideramos los espesores mínimos recomendados por la MTC – 2014, el resultado sería el mismo, por lo tanto, lo único que se lograría sería incrementar los costos de construcción, de los análisis efectuados, se tiene los siguientes resultados:

Pavimento rígido

Losa de concreto : 15cm

Sub base granular : 15cm

Pavimento rígido con sub base granular estabilizada

Losa de concreto : 15cm

Sub base granular : 10 cm (*)

(*) Según los análisis, se puede reducir dicho espesor, pero se respeta e espesor mínimo, para sub base granular.

Con ello se concluye que, en pavimentos rígidos, en vías de bajo volumen de tránsito, no es recomendable realizar la estabilización de suelo cemento, en sub base granular.

Se realizó el diseño equivalente de pavimentos flexibles segmentados y rígidos con su respectivo presupuesto, dándonos los siguientes resultados: pavimento flexible: S/ 362564.84, Pavimento flexible con base estabilizada: S/ 387688.79, Pavimento adoquinado: S/. 473392.59, Pavimento adoquinado con base estabilizada: S/ 507970.88, Pavimento rígido: S/ 548561.85 y pavimento rígido con sub base estabilizado con cemento: S/ 600429.29, con ello se concluye que el diseño equivalente convencional (sin estabilizar la base y sub base), el pavimento flexible, es el más económico, realizando una estabilización a nivel de base y sub base, en vías de bajo volumen de tránsito, la estructura, más adecuada vendría a ser, la del pavimento flexible, con base granular tratada.

Considerando el pavimento flexible, parámetro de medición patrón, asumiendo su presupuesto como el 100%, se realizaron las respectivas comparaciones, de donde se obtuvieron los siguientes resultados, para el pavimento flexible con base estabilizada 106.93%, para pavimentos segmentados 130.57 %, para pavimentos segmentados con base granular estabilizada 140.10%, para pavimento rígido 151.30% y para pavimento rígido con sub base estabilizada 165.61%.

Por lo tanto, la utilización de pavimentos flexibles con bases estabilizadas con cemento y omisión de sub base granular, es técnicamente y económicamente más rentable en vías de bajo volumen de tránsito.





















REFERENCIAS

- AASHTO (1993) *AASHTO Guide for Design of Pavement Structures American Association of State Highway and Transportation Officials*, Washington, DC.
- Aguilar, M & Salas, G (2012). *Comparación entre tratamiento superficial bicapa y asfalto en caliente, en la rehabilitación de la carretera Chacachaca-Yunguyo-Kasani* (Tesis de pregrado) Universidad Católica Santa María, Perú.
- Arce, M (2011) Bases estabilizadas con cemento, algunos comentarios sobre sus ventajas e inconvenientes, *PITRA programa de infraestructura del transporte* Vol. 2
- Chang, C (2012) *Pavimentos Un enfoque Integral*, ICG, Lima Perú.
- Carrasco Díaz Sergio, (2013). "*Metodología de la investigación Científica*", Editorial San Marcos, Lima.
- Escobar, U (2014). *Estudio comparativo entre una pavimentación con concreto hidráulico y una pavimentación con piedra laja emboquillado con concreto en la zona urbana de Lircay* (Tesis de pregrado) Universidad Nacional de Huancavelica, Perú.
- H. Calo Diego, (2013) "*Diseño y construcción de pavimentos urbanos de hormigón*" Buenos Aires.
- Herrera, R (2014). *Efecto del cemento portland tipo I, como estabilizante del material granular de la cantera el guitaarrero para bases de pavimentos rígidos* (Tesis de pregrado) Universidad Nacional de Cajamarca, Perú.
- IECA, (2013) "*Diseño y ejecución de juntas en pavimentos y soleras de hormigón*", guía técnica,
- Menéndez Acurio Rafael, (2013) "*Ingeniería de Pavimentos diseño y gestión de Pavimentos*", Instituto de la Construcción y gerencia, Lima
- Menéndez Acurio Rafael, (2013) "*Ingeniería de Pavimentos Materiales y Variables de diseño*", Instituto de la Construcción y gerencia, Lima
- Minaya S., Ordoñez A, (2006) "*Diseño Moderno de Pavimentos Asfálticos*", Instituto de la Construcción y Gerencia, Lima.
- Montejo Fonseca Alfonso (2002). "*Ingeniería de Pavimentos para Carreteras Tomo I*", Universidad Católica de Colombia, Bogotá D.C. 2002

- MTC. (2014) "*Sección Suelos y Pavimentos del manual de suelos, Geotecnia, Geología y Pavimentos*" Rep. No R.D. N° 05-2013-MTC/14, Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú, Lima, Perú.
- NORMA CE.010 *PAVIMENTOS URBANOS*, Reglamento Nacional de Edificaciones, SENCICO, Lima 2010.
- Nuñez, A (2016). *Optimización de espesores de pavimentos con aplicación de geosintéticos* (Tesis de pregrado) Universidad Nacional del Altiplano, Perú
- RICO, A., Y DEL CASTILLO, H. (1999) "*La ingeniería de suelos en las vías terrestres. Volumen 2*". Volumen 2. Limusa, México.
- Rivva, E (2014) *Concreto Materiales para el concreto Tomo I*, ICG, Lima Perú.
- Sampieri, H (2014) *Metodología de la Investigación* Mc Graw Hill Education.

ANEXOS

Anexo A. Estudio de Tráfico

AFORO VEHICULAR PARA ESTUDIO DE TRAFICO																									
TRAMO DE LA VIA										ENTRADA E ←					SALIDA S →					ESTACION					
SENTIDO																				CODIGO DE LA ESTACION					
UBICACIÓN																				DIA Y FECHA					
		AUTO		STATO N WAGON		CAMIONETAS		MICRO		BUS		CAMION			SEMI TRAYLER			TRAYLER				TOTAL			
HORA		SENTIDO		PICK UP		RURAL Combi		2 E		>=3 E		2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3			
DIAGRA. VEH.																									
00-01	E																							0	
00-01	S																								0
01-02	E																								0
01-02	S																								0
02-03	E																								0
02-03	S																								0
03-04	E																								0
03-04	S																								0
04-05	E	1			1																				2
04-05	S	1																							1
05-06	E	3																							3
05-06	S	3																							3
06-07	E	3																							3
06-07	S	2																							2
07-08	E	28										1													29
07-08	S	14																							14
08-09	E	10																							10
08-09	S	8																							8
09-10	E	5	1	1																					7
09-10	S	0	1	1																					2
10-11	E	1	5	2																					8
10-11	S	3	3	0																					6
11-12	E	1	5	1																					7
11-12	S	5	4	6																					15
12-13	E	4	6		1																				11
12-13	S	5	7	1																					13
13-14	E	9	2																						11
13-14	S	10	6																						16
14-15	E	13	4	2																					19
14-15	S	14	3	1																					18
15-16	E	3	5																						8
15-16	S	4	6																						10
16-17	E	2	1	1																					4
16-17	S	2	1																						3
17-18	E	4	3																						7
17-18	S	2	1																						3
18-19	E	6	2																						8
18-19	S	8	1																						9
19-20	E	4	1																						5
19-20	S	5	1																						6
20-21	E	4	2																						6
20-21	S	5	2																						7
21-22	E	1	1																						2
21-22	S	1	1																						2
22-23	E	1	1																						2
22-23	S	1	1																						2
23-24	E																								0
23-24	S																								0
TOTAL		196	77	17	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	292

AFORO VEHICULAR PARA ESTUDIO DE TRAFICO																													
TRAMO DE LA VIA										ESTACION																			
SENTIDO										ENTRADA E ←					SALIDA S →					CODIGO DE LA ESTACION									
UBICACIÓN										DIA Y FECHA										lunes	6	8	2018						
HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMONETAS				MICRO	BUS		CAMION				SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL						
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi	2 E		>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3									
DIAGRA. VEHL																													
00-01	E																				0								
	S																					0							
01-02	E																					0							
	S																					0							
02-03	E																					0							
	S																					0							
03-04	E																					0							
	S																					0							
04-05	E	1		1		1																3							
	S	1				1																2							
05-06	E	3																				3							
	S	3																				3							
06-07	E	10																				10							
	S	6						2														8							
07-08	E	37		12				2														51							
	S	41		2																		43							
08-09	E	20								1												21							
	S	13		1																		14							
09-10	E	20	2	2	1																	25							
	S	14	2		2	1																19							
10-11	E	18																				18							
	S	13		1																		14							
11-12	E	13																				13							
	S	8			1																	9							
12-13	E	12		1																		13							
	S	10																				10							
13-14	E	23		8																		31							
	S	19		9																		28							
14-15	E	21				1																22							
	S	18																				18							
15-16	E	14																				14							
	S	10																				10							
16-17	E	6		1	1																	8							
	S	7																				7							
17-18	E	15		2				1														18							
	S	20		6																		26							
18-19	E	9			1																	10							
	S	10																				10							
19-20	E	4	1			1																6							
	S	5	1			1																7							
20-21	E	4	2																			6							
	S	5	2																			7							
21-22	E	1	1																			2							
	S	1	1																			2							
22-23	E	1	1																			2							
	S	1	1																			2							
23-24	E																					0							
	S																					0							
TOTAL		437	14	46	6	6	0	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	515							

AFORO VEHICULAR PARA ESTUDIO DE TRAFICO




















TRAMO DE LA VIA		ENTRADA E ←					SALIDA S →					ESTACION										
SENTIDO		CODIGO DE LA ESTACION										DIA Y FECHA										
UBICACIÓN												martes 7 8 2018										
HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	
				PICKUP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
DIAGRA. VEH.																						
00-01	E																					0
00-01	S																					0
01-02	E																					0
01-02	S																					0
02-03	E																					0
02-03	S																					0
03-04	E																					0
03-04	S																					0
04-05	E	1		1		1																3
04-05	S	1				1																2
05-06	E	3																				3
05-06	S	3																				3
06-07	E	8		1																		9
06-07	S	9				1		2														12
07-08	E	39		9				2		1												51
07-08	S	15		6																		21
08-09	E	25	1																			26
08-09	S	16																				16
09-10	E	22		1	1																	24
09-10	S	18	1	1																		20
10-11	E	17																				17
10-11	S	16		1																		17
11-12	E	18																				18
11-12	S	11	1	1																		13
12-13	E	10				1																11
12-13	S	8																				8
13-14	E	26		5	1																	32
13-14	S	22	1	10																		33
14-15	E	24																				24
14-15	S	21																				21
15-16	E	16																				16
15-16	S	11																				11
16-17	E	4		1	1																	6
16-17	S	3																				3
17-18	E	14						2														16
17-18	S	19		6																		25
18-19	E	11			1																	12
18-19	S	10																				10
19-20	E	4	1																			5
19-20	S	5	1			1																7
20-21	E	4	2																			6
20-21	S	5	2			1																8
21-22	E	1	1																			2
21-22	S	1	1																			2
22-23	E	1	1																			2
22-23	S	1	1																			2
23-24	E																					0
23-24	S																					0
TOTAL		443	14	43	4	6	0	6	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	517




















AFORO VEHICULAR PARA ESTUDIO DE TRAFICO











TRAMO DE LA VIA		ENTRADA					SALIDA					ESTACION										
SENTIDO		E ←					S →					CODIGO DE LA ESTACION										
UBICACIÓN		DIA Y FECHA										miercoles		8		8		2018				
HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMONETAS				MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
				PICKUP	PANEL	RURAL Combi	2 E		>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
DIAGRA. VEH.																						
00-01	E																					0
00-01	S																					0
01-02	E																					0
01-02	S																					0
02-03	E																					0
02-03	S																					0
03-04	E																					0
03-04	S																					0
04-05	E	1		1																		2
04-05	S	1																				1
05-06	E	3																				3
05-06	S	3																				3
06-07	E	10																				10
06-07	S	11	1					2														14
07-08	E	36		6				2														44
07-08	S	25																				25
08-09	E	23		1																		24
08-09	S	16																				16
09-10	E	24																				24
09-10	S	19																				19
10-11	E	16																				16
10-11	S	15	1	1		2																19
11-12	E	14																				14
11-12	S	13																				13
12-13	E	11				1																12
12-13	S	9	1						1													11
13-14	E	23																				23
13-14	S	25																				25
14-15	E	26																				26
14-15	S	22																				22
15-16	E	15	1	1																		17
15-16	S	13																				13
16-17	E	6			1																	7
16-17	S	8	1	2																		11
17-18	E	16		2																		18
17-18	S	24		1		1		1														27
18-19	E	22			1																	23
18-19	S	12																				12
19-20	E	4	1			1																6
19-20	S	5	1																			6
20-21	E	4	2																			6
20-21	S	5	2																			7
21-22	E	1	1																			2
21-22	S	1	1																			2
22-23	E	1	1																			2
22-23	S	1	1																			2
23-24	E																					0
23-24	S																					0
TOTAL		484	15	15	2	5	0	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	527











AFORO VEHICULAR PARA ESTUDIO DE TRAFICO











TRAMO DE LA VIA		ENTRADA E ← SALIDA S →										ESTACION										
SENTIDO												CODIGO DE LA ESTACION										
UBICACIÓN												DIA Y FECHA										
												jueves 9 8 2018										
HORA	SENTIDO	AUTO	STATO N WAGON	CAMONETAS			MICRO	BUS			CAMION			SEMI TRAYLER			TRAYLER				TOTAL	
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
DIAGRA. VEH.																						
00-01	E																					0
	S																					0
01-02	E																					0
	S																					0
02-03	E																					0
	S																					0
03-04	E																					0
	S																					0
04-05	E	1		1		2																4
	S	1				1																2
05-06	E	3																				3
	S	3																				3
06-07	E	15																				15
	S	14	1					1														16
07-08	E	36		7				2														45
	S	26																				26
08-09	E	33																				33
	S	22																				22
09-10	E	28		1																		29
	S	26																				26
10-11	E	15																				15
	S	14	1			1																16
11-12	E	13	1																			14
	S	9				1			1													11
12-13	E	10		1																		11
	S	15	1																			16
13-14	E	26	1																			27
	S	23		4																		27
14-15	E	31																				31
	S	32																				32
15-16	E	16		1																		17
	S	18																				18
16-17	E	6				2																8
	S	9				1																10
17-18	E	15																				15
	S	22		3																		25
18-19	E	14																				14
	S	16		1																		17
19-20	E	4	1			2																7
	S	5	1																			6
20-21	E	4	2																			6
	S	5	2			1																8
21-22	E	1	1																			2
	S	1	1																			2
22-23	E	1	1																			2
	S	1	1																			2
23-24	E																					0
	S																					0
TOTAL		534	15	19	3	8	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	583

AFORO VEHICULAR PARA ESTUDIO DE TRAFICO																					
TRAMO DE LA VIA										ESTACION											
SENTIDO					ENTRADA E ←					SALIDA S →					CODIGO DE LA ESTACION						
UBICACIÓN										DIA Y FECHA					viernes 10 8 2018						
HORA	SENTIDO	AUTO	STATO N WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMITRAYER				TRAYER				TOTAL
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3	
DIAGRA. VEH.																					
00-01	E																			0	
00-01	S																			0	
01-02	E																			0	
01-02	S																			0	
02-03	E																			0	
02-03	S																			0	
03-04	E																			0	
03-04	S																			0	
04-05	E	1		1																2	
04-05	S	1																		1	
05-06	E	3																		3	
05-06	S	3																		3	
06-07	E	22																		22	
06-07	S	21	1	1				2		1										26	
07-08	E	34		7				2												43	
07-08	S	31				2														33	
08-09	E	26				1														27	
08-09	S	25	1																	26	
09-10	E	26																		26	
09-10	S	22	1	1																24	
10-11	E	13																		13	
10-11	S	11																		11	
11-12	E	10		1																11	
11-12	S	9																		9	
12-13	E	11																		11	
12-13	S	14																		14	
13-14	E	23		1		1														25	
13-14	S	19		2																21	
14-15	E	30																		30	
14-15	S	32																		32	
15-16	E	16		1																17	
15-16	S	18		3																21	
16-17	E	11																		11	
16-17	S	9	1	1																11	
17-18	E	16																		16	
17-18	S	21	1	2	1															25	
18-19	E	13																		13	
18-19	S	18																		18	
19-20	E	4	1			1														6	
19-20	S	5	1																	6	
20-21	E	4	2																	6	
20-21	S	5	2																	7	
21-22	E	1	1																	2	
21-22	S	1	1																	2	
22-23	E	1	1																	2	
22-23	S	1	1																	2	
23-24	E																			0	
23-24	S																			0	
TOTAL		531	15	21	1	5	0	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	578	



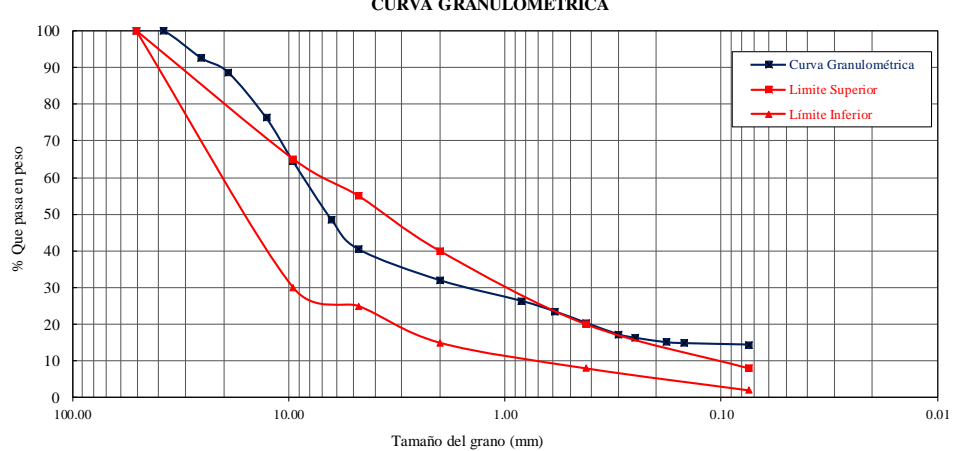
AFORO VEHICULAR PARA ESTUDIO DE TRAFICO																					
TRAMO DE LA VIA										ESTACION											
SENTIDO										ENTRADA					SALIDA						
UBICACIÓN										CODIGO DE LA ESTACION											
										DIA Y FECHA											
										sabado					11 8 2018						
HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3	
DIAGRA. VEH.																					
00-01	E																			0	
	S																			0	
01-02	E																			0	
	S																			0	
02-03	E																			0	
	S																			0	
03-04	E																			0	
	S																			0	
04-05	E	1		1																2	
	S	1																		1	
05-06	E	3																		3	
	S	3																		3	
06-07	E	3																		3	
	S	2																		2	
07-08	E	25		1																26	
	S	14																		14	
08-09	E	10																		10	
	S	8																		8	
09-10	E	6	1	1																8	
	S	2	1	1																4	
10-11	E	2	5	2																9	
	S	3	3	2																8	
11-12	E	4	5	1																10	
	S	5	4	6																15	
12-13	E	6	6	1	1															14	
	S	8	7	1																16	
13-14	E	10	7																	17	
	S	11	5																	16	
14-15	E	16	1																	17	
	S	18	2																	20	
15-16	E	4	4																	8	
	S	9	8	2																19	
16-17	E	1	1	1																3	
	S	1	2																	3	
17-18	E	2	4																	6	
	S	2	2																	4	
18-19	E	4	1																	5	
	S	6	2																	8	
19-20	E	4	1																	5	
	S	5	1																	6	
20-21	E	4	2																	6	
	S	5	2																	7	
21-22	E	1	1																	2	
	S	1	1																	2	
22-23	E	1	1																	2	
	S	1	1																	2	
23-24	E																			0	
	S																			0	
TOTAL		212	81	20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	314	

vehículo		domingo	lunes	martes	miercoles	jueves	viernes	sabado	total	%
auto		196	437	443	484	534	531	212	2837	85.30%
station wagon		77	14	14	15	15	15	81	231	6.95%
pick up		17	46	43	15	19	21	20	181	5.44%
panel		1	6	4	2	3	1	1	18	0.54%
combi rural		0	6	6	5	8	5	0	30	0.90%
Micro		0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
bus 2E		0	5	6	5	3	4	0	23	0.69%
bus 3E		0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
camion 2E		1	1	1	1	1	1	0	6	0.18%
camion 3E		0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
TOTAL		292	515	517	527	583	578	314	3326	100.00%

vehículo		IMDA
auto		469
station wagon		38
pick up		30
panel		3
combi rural		5
Micro		0
bus 2E		4
bus 3E		0
camion 2E		1
camion 3E		0
TOTAL		549

Tipo de vehiculo		Cargas por ejes en Tn				IMDa 2016	FD				Total	Esal
		Eje delantero	Ejes posteriores				Eje delantero	Ejes posteriores				
			Simple	Tandem	Tridem			Simple	Tandem	Tridem		
auto		1.5	1.5			469	0.003	0.003			0.005	2.36E+04
station wagon		1.75	1.75			38	0.005	0.005			0.010	3.56E+03
pick up		2.5	2.5			30	0.021	0.021			0.041	1.16E+04
panel		2.5	2.5			3	0.021	0.021			0.041	1.16E+03
combi rural		3.5	3.5			5	0.079	0.079			0.158	7.41E+03
Micro		5	5			0	0.329	0.329			0.659	0.00E+00
bus 2E		7	11			4	1.265	3.238			4.504	1.62E+05
bus 3E		7		16		0	1.265		1.366		2.631	0.00E+00
camion 2E		7	11			1	1.265	3.238			4.504	4.22E+04
camion 3E		7		18		0	1.265		2.019		3.285	0.00E+00
Total											2.51E+05	

Anexo B. Estudio de Canteras

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA		E.P. INGENIERIA CIVIL		PROYECTO DE TESIS		
				ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM D 422 ; MTC E 107)				
PROYECTO :	Análisis de estabilización de suelos con cemento, en componentes estructurales, para diseño equivalente de pavimentos rígidos, segmentados y flexibles en vías de bajo volumen de tránsito							
Sondaje :	Cantera Vallecito (Material Ligante)				AASHTO :	A-1-b(0)		
N° de Muestra :					GC (Grava		
Profundidad (m) :				SUCS :	arcillosa con arena)		
Estado :	Alterado							
DATOS DE LA MUESTRA								
Peso Inicial (gr)	4000			Límite Líquido (%)	29.36%			
Peso Lavado < N°4 (gr)	300			Límite Plástico (%)	17.59%			
				Índice de Plasticidad (%)	11.77%			
Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Observaciones		
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00			
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00			
1"	25.40	297.00	7.43	7.43	92.58			
3/4"	19.05	157.00	3.93	11.35	88.65			
1/2"	12.70	497.00	12.43	23.78	76.23			
3/8"	9.53	477.00	11.93	35.70	64.30			
1/4"	6.35	631.00	15.78	51.48	48.53			
N° 4	4.76	324.00	8.10	59.58	40.43			
N° 10	2.00	62.78	8.46	68.03	31.97			
N° 20	0.84	41.71	5.62	73.66	26.34			
N° 30	0.59	21.04	2.84	76.49	23.51			
N° 40	0.42	23.69	3.19	79.68	20.32			
N° 50	0.30	22.85	3.08	82.76	17.24			
N° 60	0.25	7.20	0.97	83.73	16.27			
N° 80	0.18	8.97	1.21	84.94	15.06			
N° 100	0.15	1.86	0.25	85.19	14.81			
N° 200	0.07	2.98	0.40	85.59	14.41			
CURVA GRANULOMÉTRICA								
								
D10 (mm) :	NP	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} =$	NP	% Gravas :	59.58%			
D30 (mm) :	1.9			% Arenas :	26.02%			
D60 (mm) :	8.9	$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} =$	NP	% Finos :	14.41%			
Observaciones :	Los parámetros, límite inferior y límite superior, corresponden a los requisitos de calidad en bases y sub bases correspondientes a la zona de estudio							



PROYECTO DE TESIS

LÍMITES DE CONSISTENCIA

(MTC E 110; MTC E 111)

PROYECTO : Análisis de estabilización de suelos con cemento, en componentes estructurales, para diseño equivalente de pavimentos rígidos, segmentados y flexibles en vías de bajo volumen de tránsito

SOLICITANTE :

FECHA :

Sondaje : Cantera Vallecito (Material Ligante)

AASHTO : A-1-b(0)

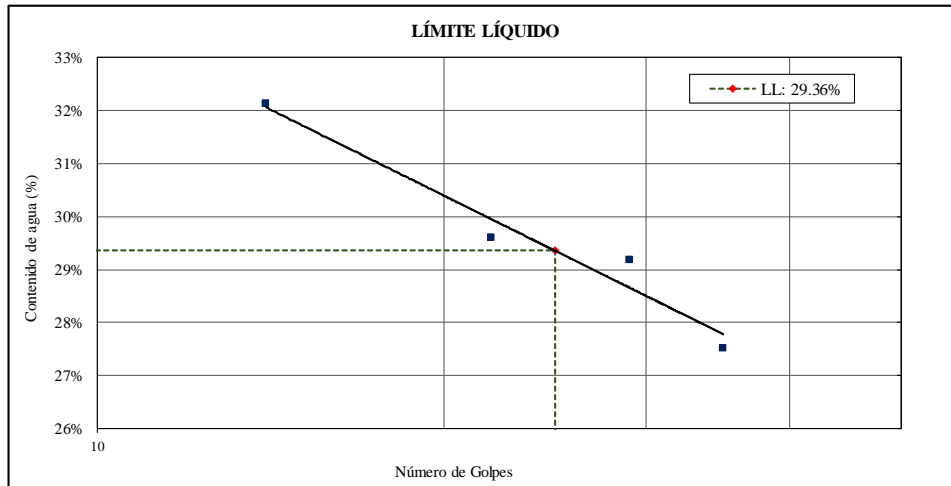
N° de Estrato :

SUCS : GC (Grava arcillosa con arena)

Profundidad (m) :

Estado : Alterado

Descripción	Límite Líquido				Límite Plástico	
	01	02	03	04	01	02
Nro de ensayo	01	02	03	04	01	02
Nro de Cápsula	T-033	T-013	T-027	T-028	T-049	T-043
Peso de Cápsula + Suelo Humedo (gr)	28.76	26.43	30.09	31.84	34.12	27.31
Peso de Cápsula + Suelo Seco (gr)	25.99	24.08	27.02	29.15	33.29	26.51
Peso de Agua (gr)	2.77	2.35	3.07	2.69	0.83	0.8
Peso de Cápsula (gr)	15.93	16.03	16.65	20.78	28.49	22.04
Peso de Suelo Seco (gr)	10.06	8.05	10.37	8.37	4.80	4.47
Contenido de Humedad (%)	27.53%	29.19%	29.60%	32.14%	17.29%	17.90%
Número de Golpes	35	29	22	14		



Límite Líquido : 29.36%

Límite Plástico : 17.59%

Índice de Plasticidad : 11.77%

Observaciones :



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

(ASTM D 422 ; MTC E 107)

PROYECTO : Análisis de estabilización de suelos con cemento, en componentes estructurales, para diseño equivalente de pavimentos rígidos, segmentados y flexibles en vías de bajo volumen de tránsito

Sondaje : Cantera Isla (Material Hormigón) AASHTO : A-1-a (0)

N° de Muestra : GW (Grava bien)

Profundidad (m) : SUCS : graduada con arena)

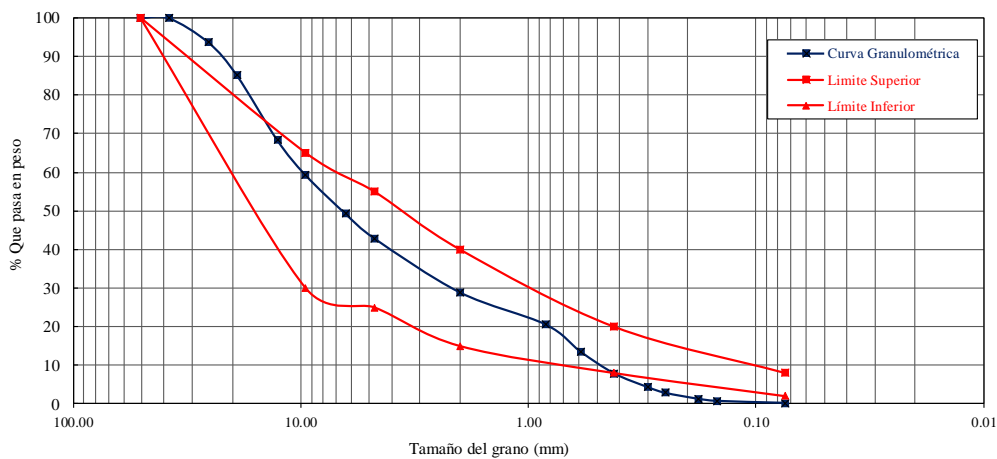
Estado : Alterado

DATOS DE LA MUESTRA

Peso Inicial (gr)	6000	Límite Líquido (%)	:	NP
Peso Lavado < N°4 (gr)	500	Límite Plástico (%)	:	NP
		Índice de Plasticidad (%)	:	NP

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Observaciones
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.40	383.00	6.38	6.38	93.62	
3/4"	19.05	513.00	8.55	14.93	85.07	
1/2"	12.70	1000.00	16.67	31.60	68.40	
3/8"	9.53	548.00	9.13	40.73	59.27	
1/4"	6.35	603.00	10.05	50.78	49.22	
N° 4	4.76	378.00	6.30	57.08	42.92	
N° 10	2.00	163.40	14.03	71.11	28.89	
N° 20	0.84	96.90	8.32	79.43	20.57	
N° 30	0.59	82.05	7.04	86.47	13.53	
N° 40	0.42	65.68	5.64	92.11	7.89	
N° 50	0.30	41.10	3.53	95.63	4.37	
N° 60	0.25	17.73	1.52	97.16	2.84	
N° 80	0.18	17.70	1.52	98.67	1.33	
N° 100	0.15	6.42	0.55	99.23	0.77	
N° 200	0.07	6.10	0.52	99.75	0.25	

CURVA GRANULOMÉTRICA



D10 (mm) :	0.48	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} =$	20.38	% Gravas :	57.08%
D30 (mm) :	2.22			% Arenas :	42.67%
D60 (mm) :	9.78	$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} =$	1.050	% Finos :	0.25%

Observaciones : Los parámetros, limite inferior y limite superior, corresponden a los requisitos de calidad en bases y sub bases correspondientes a la zona de estudio



PROYECTO DE TESIS

LÍMITES DE CONSISTENCIA

(MTC E 110; MTC E 111)

PROYECTO : Análisis de estabilización de suelos con cemento, en componentes estructurales, para diseño equivalente de pavimentos rígidos, segmentados y flexibles en vías de bajo volumen de tránsito

SOLICITANTE :

FECHA :

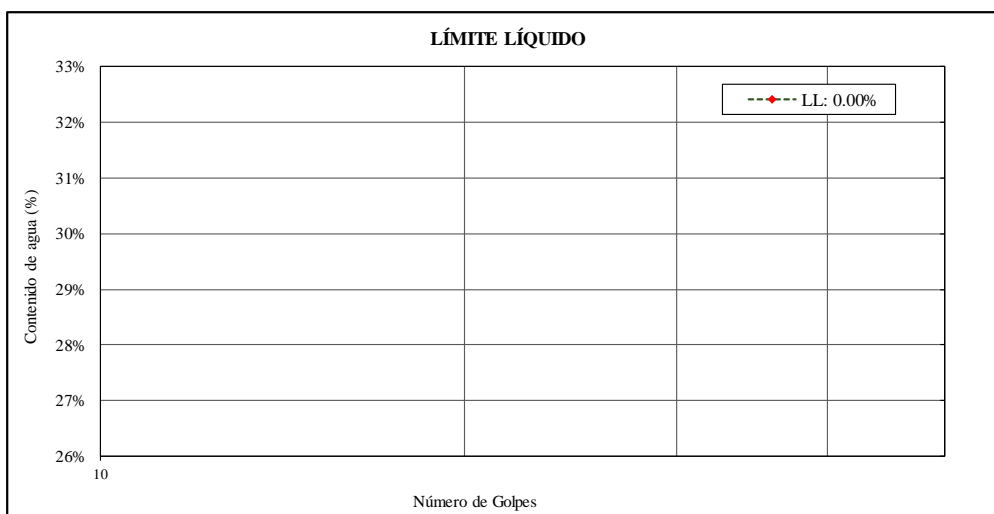
Sondaje : Cantera Isla (Material Hormigón) AASHTO : A-1-a (0)

N° de Estrato : SUCS : GW (Grava bien graduada con arena)

Profundidad (m) :

Estado : Alterado

Descripción	Límite Líquido				Límite Plástico	
	01	02	03	04	01	02
Nro de ensayo						
Nro de Cápsula						
Peso de Cápsula + Suelo Humedo (gr)						
Peso de Cápsula + Suelo Seco (gr)						
Peso de Agua (gr)						
Peso de Cápsula (gr)						
Peso de Suelo Seco (gr)						
Contenido de Humedad (%)	NP	NP	NP	NP	NP	NP
Número de Golpes						



Límite Líquido : NP

Límite Plástico : NP

Índice de Plasticidad : NP

Observaciones :



PROYECTO DE TESIS

COMBINACIÓN DE SUELOS

PROYECTO : Análisis de estabilización de suelos con cemento, en componentes estructurales, para diseño equivalente de pavimentos rígidos, segmentados y flexibles en vías de bajo volumen de tránsito

Sondaje : Sub Base Granular AASHTO : A-1-a(0)
 N° de Muestra : GW-GM (Grava
 Profundidad (m) : SUCS : bien graduada
 Estado : Alterado con limo y arena)

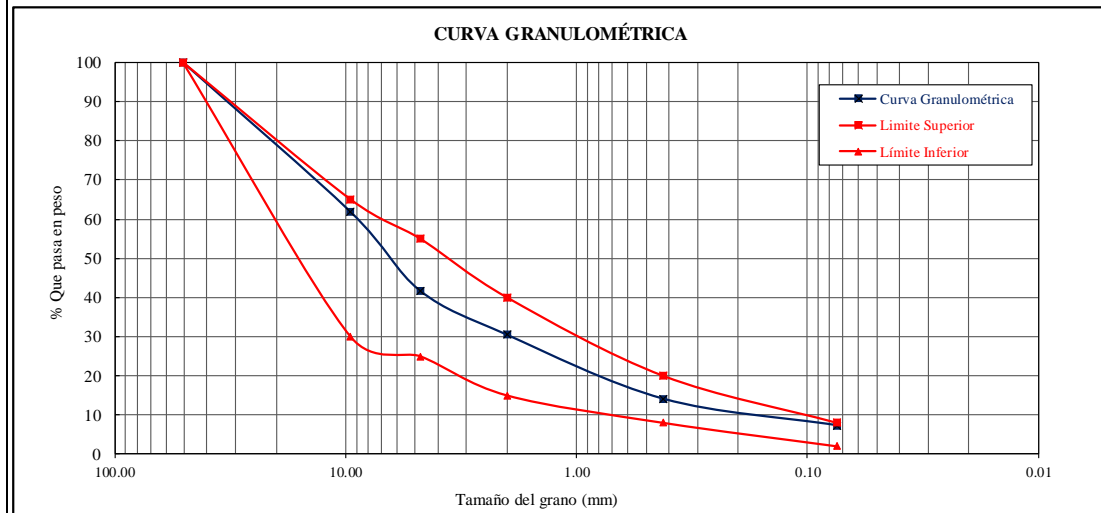
DATOS DE LA MUESTRA

Porcentajes de Combinación

Isla	: 50.00%	Límite Líquido (%)	: NP
Vallecito	: 50.00%	Límite Plástico (%)	: NP
		Índice de Plasticidad (%)	: NP

Tamices ASTM		Canteras		Especificaciones Técnicas		Observaciones
Tamices ASTM	Abertura (mm)	Isla	Vallecito	Inferior	Superior	
2"	50.80	100.00	100.00	100.00	100.00	
3/8"	9.53	59.27	64.30	30.00	65.00	
N° 4	4.76	42.92	40.43	25.00	55.00	
N° 10	2.00	28.89	31.97	15.00	40.00	
N° 40	0.42	7.89	20.32	8.00	20.00	
N° 200	0.07	0.25	14.41	2.00	8.00	

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Combinación	Condición	Observaciones
2"	50.80	100.00	Cumple	
3/8"	9.53	61.79	Cumple	
N° 4	4.76	41.68	Cumple	
N° 10	2.00	30.43	Cumple	
N° 40	0.42	14.11	Cumple	
N° 200	0.07	7.33	Cumple	



D10 (mm) :	0.18	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 50.00$	% Gravas :	58.33%
D30 (mm) :	2.00		% Arenas :	34.35%
D60 (mm) :	9.00	$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = 2.47$	% Finos :	7.33%

Observaciones : Los parámetros, limite inferior y limite superior, corresponden a los requisitos de calidad en bases y sub bases correspondientes a la zona de estudio



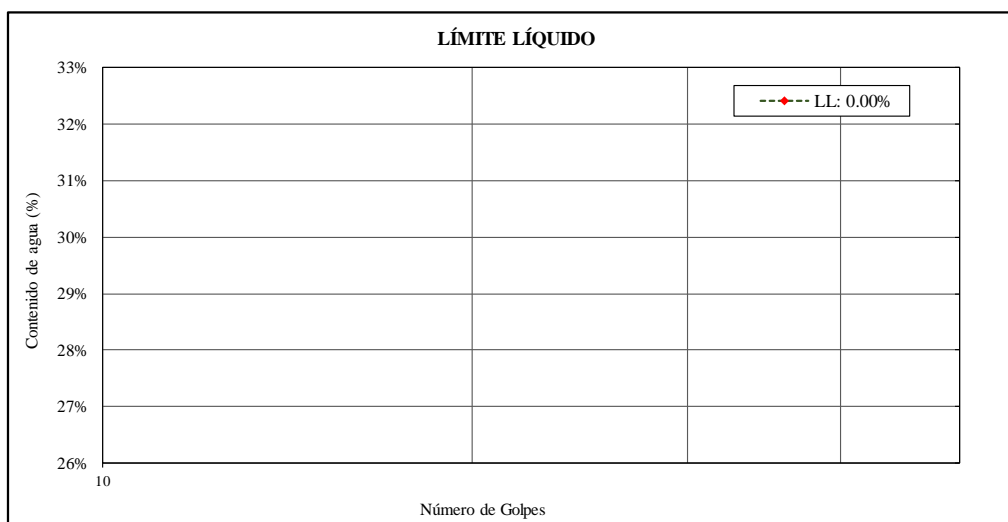
PROYECTO DE TESIS

LÍMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO : Análisis de estabilización de suelos con cemento, en componentes estructurales, para diseño equivalente de pavimentos rígidos, segmentados y flexibles en vías de bajo volumen de tránsito
 SOLICITANTE :
 FECHA : 18/08/2018

Sondaje : Sub Base Granular AASHTO : A-1-a(0)
 N° de Estrato : SUCS : GW-GM (Grava bien graduada con limo y arena)
 Profundidad (m) :
 Estado : Alterado

Descripción	Límite Líquido				Límite Plástico	
	01	02	03	04	01	02
Nro de ensayo						
Nro de Cápsula						
Peso de Cápsula + Suelo Humedo (gr)						
Peso de Cápsula + Suelo Seco (gr)						
Peso de Agua (gr)						
Peso de Cápsula (gr)						
Peso de Suelo Seco (gr)						
Contenido de Humedad (%)	NP	NP	NP	NP	NP	NP
Número de Golpes						



Límite Líquido : NP
 Límite Plástico : NP
 Índice de Plasticidad : NP

Observaciones :



PROCTOR MODIFICADO

(ASTM D 1557 ; MTC E 115)

PROYECTO : Análisis de estabilización de suelos con cemento, en componentes estructurales, para diseño equivalente de pavimentos rígidos, segmentados y flexibles en vías de bajo volumen de tránsito

SOLICITANTE :

FECHA : 18/08/2018

Sondaje : Sub Base Granular

AASHTO : A-1-a (0)

N° de Muestra :

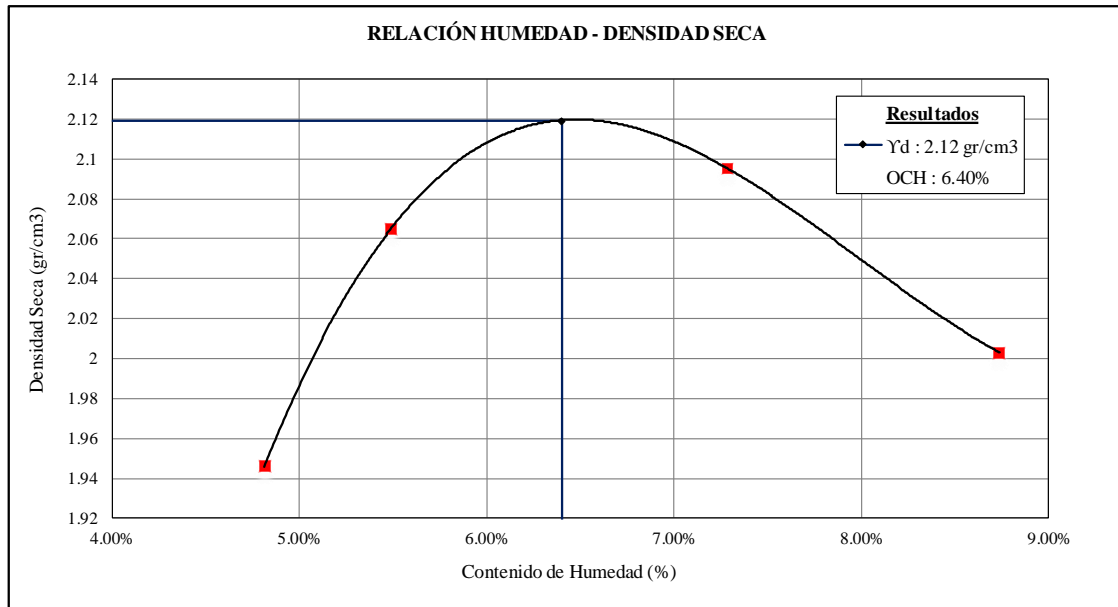
Profundidad (m) :

SUCS : GW-GM (Grava bien graduada con limo y arena)

Estado : Alterado

DESCRIPCIÓN		CONTROL DE DENSIDAD			
Volumen del molde	cm ³	2123.00	2123.00	2123.00	2123.00
Peso del suelo humedo + molde	gr	11147.00	11441.00	11589.00	11441.00
Peso del molde	gr	6817.00	6817.00	6817.00	6817.00
Peso del suelo humedo	gr	4330.00	4624.00	4772.00	4624.00
Densidad de suelo humedo	gr/cm ³	2.04	2.18	2.25	2.18

DESCRIPCIÓN		CONTROL DE HUMEDAD							
Capsula N°	gr	T-012	T-004	T-001	T-021	T-022	T-050	T-017	T-036
Suelo Humedo + capsula	gr	95.57	83.57	84.51	90.21	60.59	77.85	81.01	86.21
Peso de suelo seco + capsula	gr	92.39	80.35	81.24	86.91	57.55	73.68	75.92	80.48
Peso del agua	gr	3.18	3.22	3.27	3.30	3.04	4.17	5.09	5.73
Peso de capsula	gr	23.22	16.34	23.98	24.20	16.12	16.08	16.21	16.47
Peso del suelo seco	gr	69.17	64.01	57.26	62.71	41.43	57.60	59.71	64.01
% de humedad	%	4.60%	5.03%	5.71%	5.26%	7.34%	7.24%	8.52%	8.95%
Promedio de humedad	%	4.81%		5.49%		7.29%		8.74%	
Densidad del suelo seco	gr/cm ³	1.95		2.06		2.10		2.00	





UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 E.P. INGENIERIA CIVIL
PROYECTO DE TESIS



CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)
 (ASTM D 1883)

PROYECTO	Análisis de estabilización de suelos con cemento, en componentes estructurales, para diseño equivalente de pavimentos rígidos, segmentados y flexibles en vías de bajo volumen de tránsito	Sondaje	Sub Base Granular
		Muestra	< 3/4"
SOLICITANTE		Estado	Remoldeado
FECHA		AASHTO	A-1-a (0)
		SUCS	GW-GM (Grava bien graduada con limo y arena)

DESCRIPCIÓN	CONTROL DE DENSIDAD					
Nº de ensayo	1		2		3	
Numero de golpes por capa	12		25		56	
Nro de Molde	M-009		M-006		M-001	
Peso de Molde (gr)	7771		7548		8737	
Volumen de Molde (cm3)	2123.00		2123.00		2123.00	
Condicion de la muestra	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado
Peso del material + Molde (gr)	12123		12124		13519	
Peso del material (gr)	4352		4576		4782	
Peso volumetrico humedo (gr/cm3)	2.05		2.16		2.25	

DESCRIPCIÓN	CONTROL DE HUMEDAD					
Nro de Tara	T-003	T-026	T-036	T-015	T-030	T-004
Peso de Tara (gr)	16.41	16.29	16.49	15.99	16.11	16.37
Peso de Tara + Suelo Humedo (gr)	59.44	60.56	60.79	56.08	75.6	70.66
Peso de Tara + Suelo seco(gr)	56.9	57.72	58.04	53.62	72.03	67.38
Peso del agua(gr)	2.54	2.84	2.75	2.46	3.57	3.28
Peso del suelo seco (gr)	40.49	41.43	41.55	37.63	55.92	51.01
Contenido de humedad (%)	6.27%	6.85%	6.62%	6.54%	6.38%	6.43%
Contenido de humedad Promedio(%)	6.56%		6.58%		6.41%	
Peso Volumetrico Seco (gr/cm3)	1.92		2.02		2.12	

DESCRIPCIÓN	CONTROL DE LA PENETRACIÓN							
Penetracion (mm)	Tiempo(min)	Carga Estatica	Lectura (kg)	Esfuerzo (Kg/cm2)	Lectura (kg)	Esfuerzo (Kg/cm2)	Lectura (kg)	Esfuerzo (Kg/cm2)
0	00:00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	00:30		52.00	2.67	45.00	2.31	132.00	6.79
1.27	01:00		72.00	3.70	139.00	7.15	189.00	9.72
1.91	01:30		96.00	4.94	214.00	11.01	262.00	13.48
2.54	02:00		130.00	6.69	289.00	14.86	358.00	18.42
3.81	03:00		192.00	9.87	492.00	25.30	627.00	32.25
5.08	04:00		246.00	12.65	666.00	34.25	866.00	44.55
6.35	05:00		304.00	15.63	840.00	43.20	1188.00	61.11
7.62	06:00		352.00	18.10	990.00	50.92	1452.00	74.69
8.89	07:00		408.00	20.98	1125.00	57.86	1693.00	87.09
10.16	08:00		474.00	24.38	1251.00	64.34	1803.00	92.75



CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)
(ASTM D 1883)

PROYECTO : Análisis de estabilización de suelos con cemento, en componentes estructurales, para diseño equivalente de pavimentos rígidos, segmentados y flexibles en vías de bajo volumen de tránsito

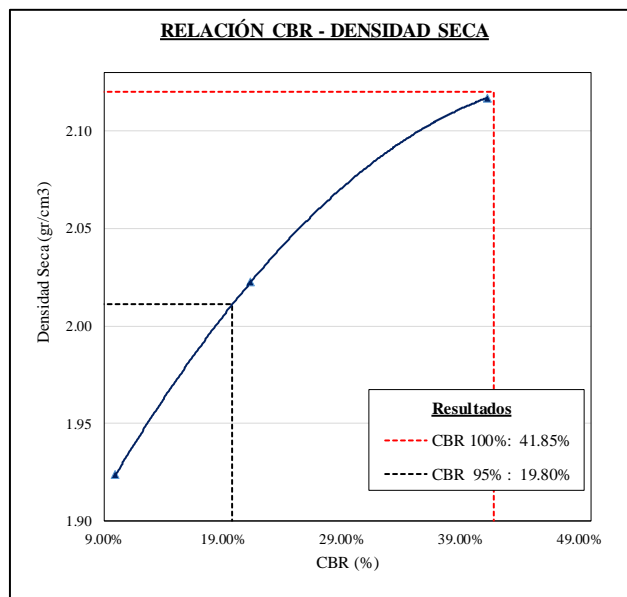
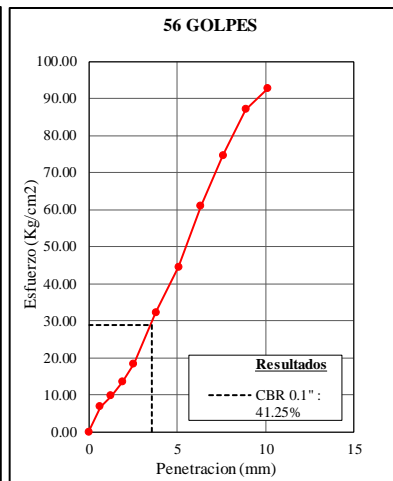
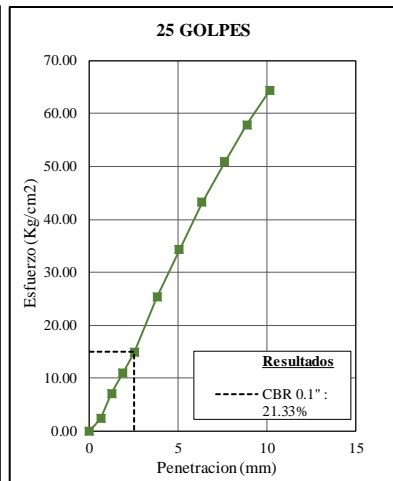
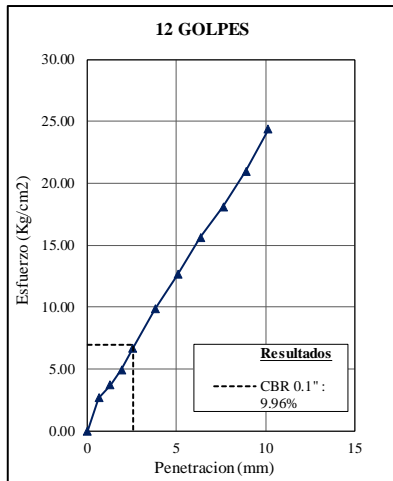
SOLICITANTE :

FECHA : 18/08/2018

Sondaje : Sub Base Granular

Muestra : Mat. < 3/4"

Estado : Remoldeado





COMBINACIÓN DE SUELOS

PROYECTO : Análisis de estabilización de suelos con cemento, en componentes estructurales, para diseño equivalente de pavimentos rígidos, segmentados y flexibles en vías de bajo volumen de tránsito

Sondaje : Base Granular **AASHTO** : A-1-a(0)

N° de Muestra : **GW-GM** (Grava)

Profundidad (m) : **SUCS** : mal graduada con

Estado : Alterado **limo y arena)**

DATOS DE LA MUESTRA

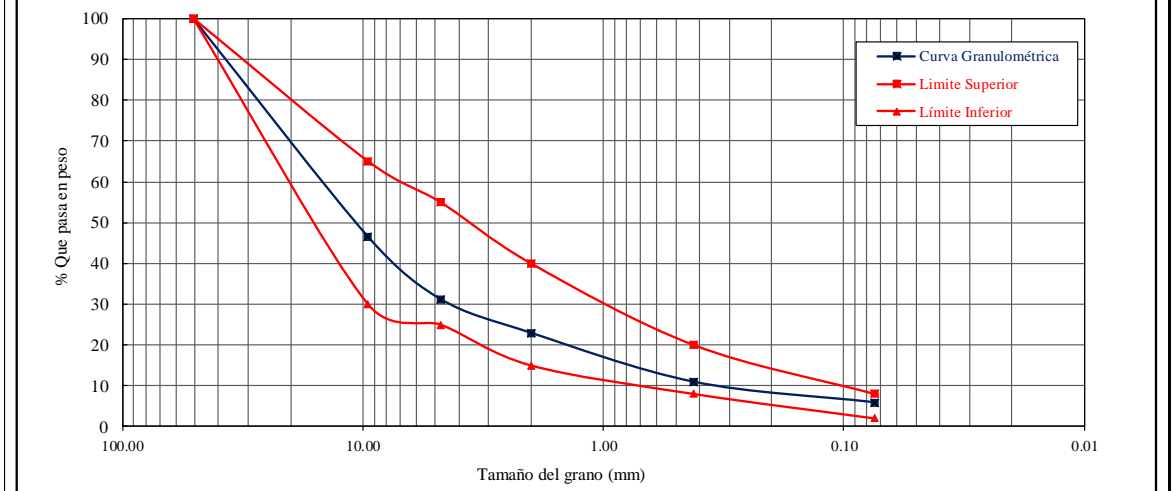
Porcentajes de Combinación

Isla	: 35.00%	Límite Líquido (%)	: NP
Vallecito	: 40.00%	Límite Plástico (%)	: NP
Surupana	: 25.00%	Índice de Plasticidad (%)	: NP

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Isla	Vallecito	Surupana	Inferior	Superior
2"	50.80	100.00	100.00	100.00	0.00	100.00
3/8"	9.53	59.27	64.30	0.00	30.00	65.00
N° 4	4.76	42.92	40.43	0.00	25.00	55.00
N° 10	2.00	28.89	31.97	0.00	15.00	40.00
N° 40	0.42	7.89	20.32	0.00	8.00	20.00
N° 200	0.07	0.25	14.41	0.00	2.00	8.00

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Combinación	Condición	Observaciones
2"	50.80	100.00	Cumple	
3/8"	9.53	46.46	Cumple	
N° 4	4.76	31.19	Cumple	
N° 10	2.00	22.90	Cumple	
N° 40	0.42	10.89	Cumple	
N° 200	0.07	5.85	Cumple	

CURVA GRANULOMÉTRICA



D10 (mm) : 0.45	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 23.33$	% Gravas : 68.81%
D30 (mm) : 4.50		% Arenas : 25.34%
D60 (mm) : 10.50	$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = 4.29$	% Finos : 5.85%

Observaciones : Los parámetros, límite inferior y límite superior, corresponden a los requisitos de calidad en bases y sub bases correspondientes a la zona de estudio



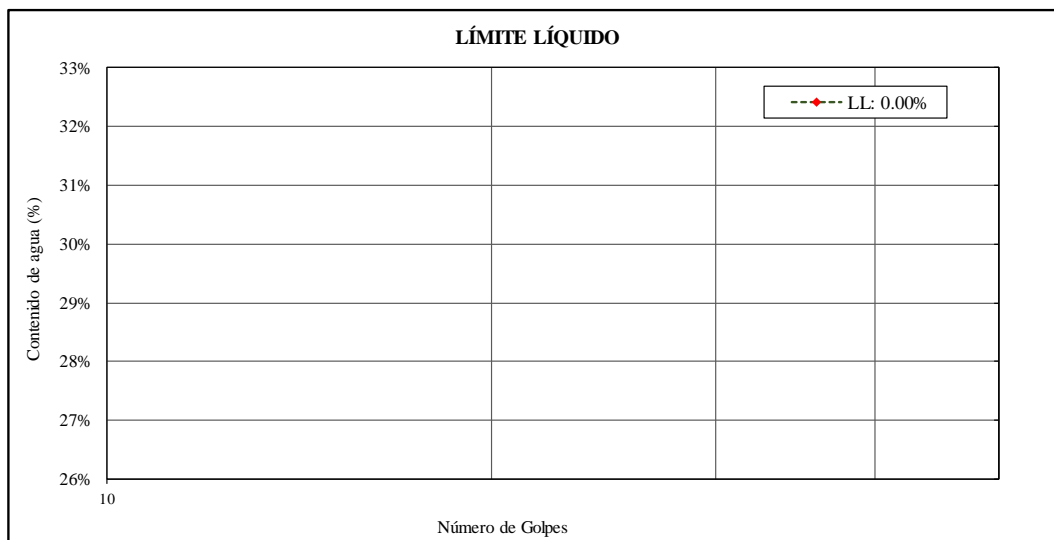
LÍMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO : Análisis de estabilización de suelos con cemento, en componentes estructurales, para diseño equivalente de pavimentos rígidos, segmentados y flexibles en vías de bajo volumen de tránsito

SOLICITANTE :
 FECHA :

Sondaje : Base Granular AASHTO : A-1-a(0)
 N° de Estrato : SUCS : GW-GM (Grava mal graduada con limo y arena)
 Profundidad (m) :
 Estado : Alterado

Descripción	Límite Líquido				Límite Plástico	
	01	02	03	04	01	02
Nro de ensayo						
Nro de Cápsula						
Peso de Cápsula + Suelo Humedo (gr)						
Peso de Cápsula + Suelo Seco (gr)						
Peso de Agua (gr)						
Peso de Cápsula (gr)						
Peso de Suelo Seco (gr)						
Contenido de Humedad (%)	NP	NP	NP	NP	NP	NP
Número de Golpes						



Límite Líquido : NP
 Límite Plástico : NP
 Índice de Plasticidad : NP

Observaciones :



UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

E.P. INGENIERIA CIVIL

PROYECTO DE TESIS



PROCTOR MODIFICADO

(ASTM D 1557 ; MTC E 115)

PROYECTO : Análisis de estabilización de suelos con cemento, en componentes estructurales, para diseño equivalente de pavimentos rígidos, segmentados y flexibles en vías de bajo volumen de tránsito

SOLICITANTE :

FECHA : 18/08/2018

Sondaje : Base Granular

AASHTO : A-1-a (0)

N° de Muestra :

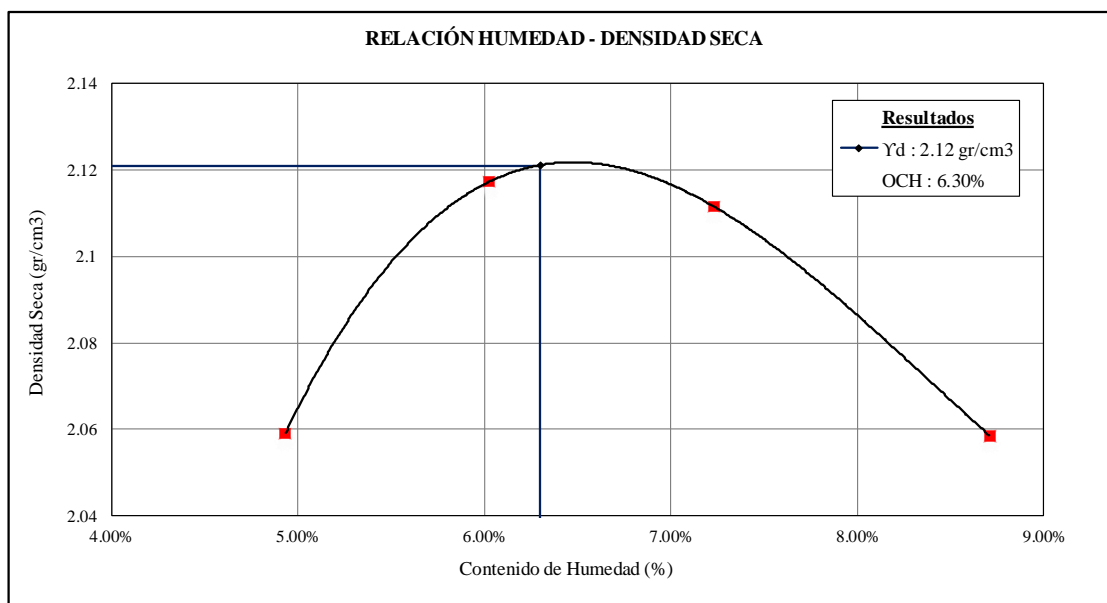
Profundidad (m) :

SUCS : GP-GM (Grava mal graduada con Limo y arena)

Estado : Alterado

DESCRIPCIÓN		CONTROL DE DENSIDAD			
Volumen del molde	cm ³	2123.00	2123.00	2123.00	2123.00
Peso del suelo humedo + molde	gr	11404.00	11583.00	11624.00	11568.00
Peso del molde	gr	6817.00	6817.00	6817.00	6817.00
Peso del suelo humedo	gr	4587.00	4766.00	4807.00	4751.00
Densidad de suelo humedo	gr/cm ³	2.16	2.24	2.26	2.24

DESCRIPCIÓN		CONTROL DE HUMEDAD							
Capsula N°	gr	T-018	T-017	T-001	T-005	T-010	T-021	T-004	T-050
Suelo Humedo + capsula	gr	78.2	72.85	84.75	80.45	78.86	91.56	84.32	94.20
Peso de suelo seco + capsula	gr	75.62	70.19	81.32	77.23	74.82	86.24	78.84	87.98
Peso del agua	gr	2.58	2.66	3.43	3.22	4.04	5.32	5.48	6.22
Peso de capsula	gr	23.22	16.34	23.98	24.20	16.12	16.08	16.34	16.08
Peso del suelo seco	gr	52.40	53.85	57.34	53.03	58.70	70.16	62.50	71.90
% de humedad	%	4.92%	4.94%	5.98%	6.07%	6.88%	7.58%	8.77%	8.65%
Promedio de humedad	%	4.93%		6.03%		7.23%		8.71%	
Densidad del suelo seco	gr/cm ³	2.06		2.12		2.11		2.06	





UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
E.P. INGENIERIA CIVIL
PROYECTO DE TESIS



CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)
(ASTM D 1883)

PROYECTO	Análisis de estabilización de suelos con cemento, en componentes estructurales, para diseño equivalente de pavimentos rígidos, segmentados y flexibles en vías de bajo volumen de tránsito	Sondaje	Base Granular < 3/4"
SOLICITANTE		Muestra	Remoldeado
FECHA	18/08/2018	Estado	A-1-a (0)
		AASHTO	GP-GM (Grava mal graduada con Limo y arena)
		SUCS	

DESCRIPCIÓN	CONTROL DE DENSIDAD					
	1		2		3	
N° de ensayo	1		2		3	
Numero de golpes por capa	12		25		56	
Nro de Molde	M-002		CBR-05		SC-12	
Peso de Molde (gr)	8423		8333		7310	
Volumen de Molde (cm3)	2123.00		2123.00		2123.00	
Condicion de la muestra	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado
Peso del material + Molde (gr)	12683		12891		12090	
Peso del material (gr)	4260		4558		4780	
Peso volumetrico humedo (gr/cm3)	2.01		2.15		2.25	

DESCRIPCIÓN	CONTROL DE HUMEDAD					
	T-036	T-005	T-021	T-004	T-026	T-001
Nro de Tara	16.49	18.88	24.26	16.37	16.29	24.03
Peso de Tara (gr)	65.52	77.69	57.62	49.61	41.54	49.85
Peso de Tara + Suelo Humedo (gr)	62.61	74.24	55.61	47.65	40.03	48.31
Peso de Tara + Suelo seco(gr)	2.91	3.45	2.01	1.96	1.51	1.54
Peso del agua(gr)	46.12	55.36	31.35	31.28	23.74	24.28
Contenido de humedad (%)	6.31%	6.23%	6.41%	6.27%	6.36%	6.34%
Contenido de humedad Promedio(%)	6.27%		6.34%		6.35%	
Peso Volumetrico Seco (gr/cm3)	1.89		2.02		2.12	

DESCRIPCIÓN	CONTROL DE LA PENETRACIÓN								
	Penetracion (mm)	Tiempo(min)	Carga Estatica	Lectura (kg)	Esfuerzo (Kg/cm2)	Lectura (kg)	Esfuerzo (Kg/cm2)	Lectura (kg)	Esfuerzo (Kg/cm2)
0	00:00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	00:30		33.00	1.70	154.00	7.92	79.50	4.09	
1.27	01:00		46.00	2.37	361.00	18.57	216.00	11.11	
1.91	01:30		67.00	3.45	592.00	30.45	480.00	24.69	
2.54	02:00		88.00	4.53	783.00	40.27	774.00	39.81	
3.81	03:00		168.00	8.64	1099.00	56.52	1288.00	66.26	
5.08	04:00		243.00	12.50	1510.00	77.66	1972.00	101.44	
6.35	05:00		309.00	15.89	1860.00	95.66	2481.00	127.62	
7.62	06:00		388.00	19.95	2298.00	118.19	2955.00	152.01	
8.89	07:00		465.00	23.91	2542.00	130.73	3306.00	170.06	
10.16	08:00		568.00	29.21	2869.00	147.55	3526.00	181.38	



CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

(ASTM D 1883)

PROYECTO : Análisis de estabilización de suelos con cemento, en componentes estructurales, para diseño equivalente de pavimentos rígidos, segmentados y flexibles en vías de bajo volumen de tránsito

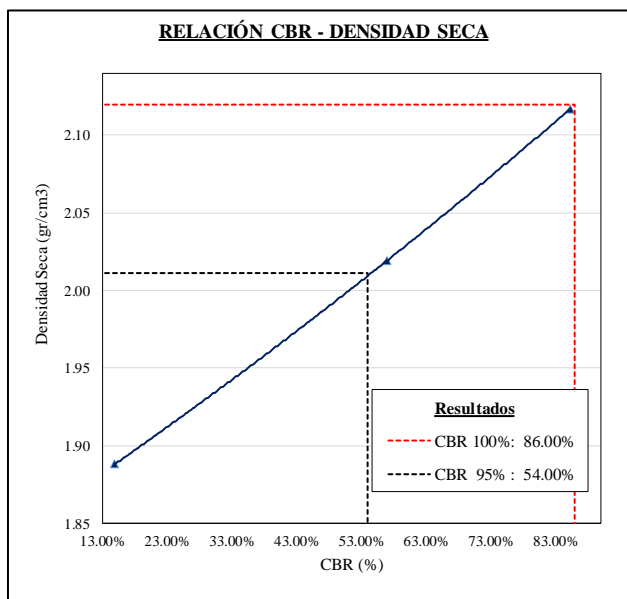
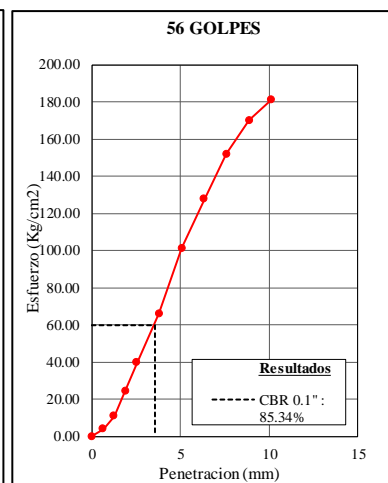
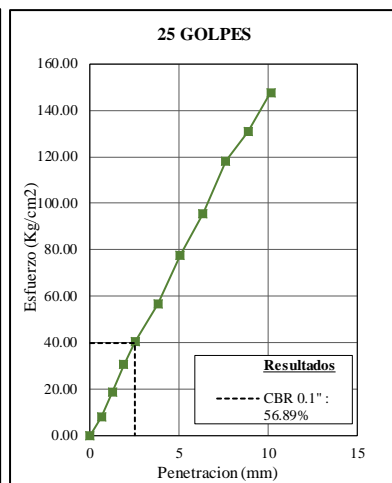
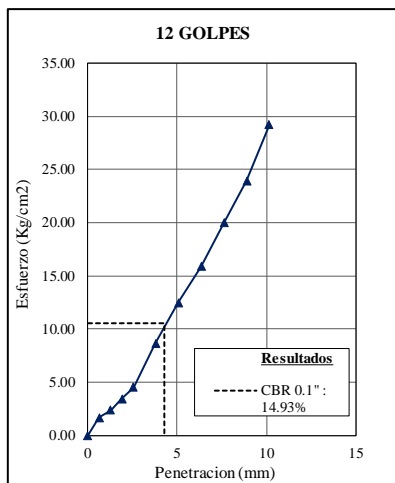
SOLICITANTE :

FECHA : 15/08/2018

Sondaje : Base Granular

Muestra : Mat. < 3/4"

Estado : Remoldeado



**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

E.P. INGENIERIA CIVIL

PROYECTO DE TESIS

**PORCENTAJE DE PARTÍCULAS FRACTURADAS**

(MTC E 2010)

PROYECTO : Análisis de estabilización de suelos con cemento, en componentes estructurales, para diseño equivalente de pavimentos rígidos, segmentados y flexibles en vías de bajo volumen de tránsito

SOLICITANTE :

FECHA : 18/08/2018

Sondaje : Base Granular AASHTO : A-1-a(0)

N° de Estrato : SUCS : GW-GM (Grava mal graduada con limo y arena)

Profundidad (m) :

Estado : Alterado

DATOS DE LA MUESTRA**CON UNA CARA FRACTURADA**

Tamaño del Agregado	A	B	C	D	E	Observaciones
Pasa Tamiz Retenido Tamiz	(g)	(g)	(B/A)*100	% Parcial	CxD	
1 1/2" 1"	528	204	38.6	94.9	3664.7	
1" 3/4"	913	240	26.3	76.1	2001.5	
3/4" 1/2"	1219	149	12.2	63.9	781.5	
1/2" 3/8"	340	81	23.8	69.5	1655.5	
Total:	3000	674	22.5	304.4	8103.2	

Porcentaje con una Cara Fracturada = $\frac{\text{TOTAL E}}{\text{TOTAL D}} = 26.6 \%$

CON DOS O MAS CARAS FRACTURADA

Tamaño del Agregado	A	B	C	D	E	Observaciones
Pasa Tamiz Retenido Tamiz	(g)	(g)	(B/A)*100	% Parcial	CxD	
1 1/2" 1"	528	320	60.6	92.6	5613.3	
1" 3/4"	913	458	50.2	80.2	4021.2	
3/4" 1/2"	1219	621	50.9	69.5	3538.5	
1/2" 3/8"	340	190	55.9	60.6	3388.7	
Total:	3000	1589		302.9	16561.7	

Porcentaje con dos Cara Fracturadas = $\frac{\text{TOTAL E}}{\text{TOTAL D}} = 54.7 \%$

OBSERVACIONES



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN UNIDADES DE SUELO CEMENTO

PROYECTO : Análisis de estabilización de suelos con cemento, en componentes estructurales, para diseño equivalente de pavimentos rígidos, segmentados y flexibles en vías de bajo volumen de tránsito

ITEM	TIPO	PESO	ALTURA	AREA	CARGA	RESISTENCIA DEL TESTIGO
1	Sub Base	12.06	30.00	85.11	1507.90	17.70
2	Sub Base	12.06	30.00	82.03	835.40	10.20
3	Sub Base	12.06	30.00	85.27	1521.70	17.80
4	Base	12.06	30.00	83.64	1055.90	12.80
5	Base	12.06	30.00	82.52	1582.90	19.20
6	Base	12.06	30.00	82.19	1613.40	19.60

Anexo C. Diseño de Pavimentos

Diseño de Pavimento Flexible

Para el cálculo del módulo Resiliente se utilizó la siguiente formula:

$$MR(psi) = 2555x CBR^{0.64}$$

Donde:

CBR: Valor Relativo de Soporte (%)

Datos	Valores
W18	2.51E+05
Trafico:	TP1
Zr	-0.524
S0	0.45
PSI	1.8
Mr	13055.3

Nota: los valores de serviciabilidad inicial y final, así como de confiabilidad, Desviación estándar, y confiabilidad, se estudió en el capítulo de marco teórico, ítem 2.4 Diseño de pavimentos flexibles, dicho valor se obtiene de acuerdo al tráfico proyectado.

El numero estructural se obtiene de la siguiente formula, ya mencionada anteriormente.

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R S_o + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07$$

De donde se obtiene:

$$SN = 1.95$$

Con los datos de coeficiente estructurales

$$a1 = 0.41 \text{ (Carpeta Asfáltica)}$$

$$a2 = 0.14 \text{ (Base Granular)}$$

$$a3 = 0.12 \text{ (Sub base Granular)}$$

Con los coeficientes de drenaje considerando $m1=m2=1.0$, se obtuvieron los siguientes resultados:

	Pulg	condición
carpeta	2	
base	6	
sub base	4	
SN	2.18	Cumple

Obteniendo lo siguiente en sistema métrico:

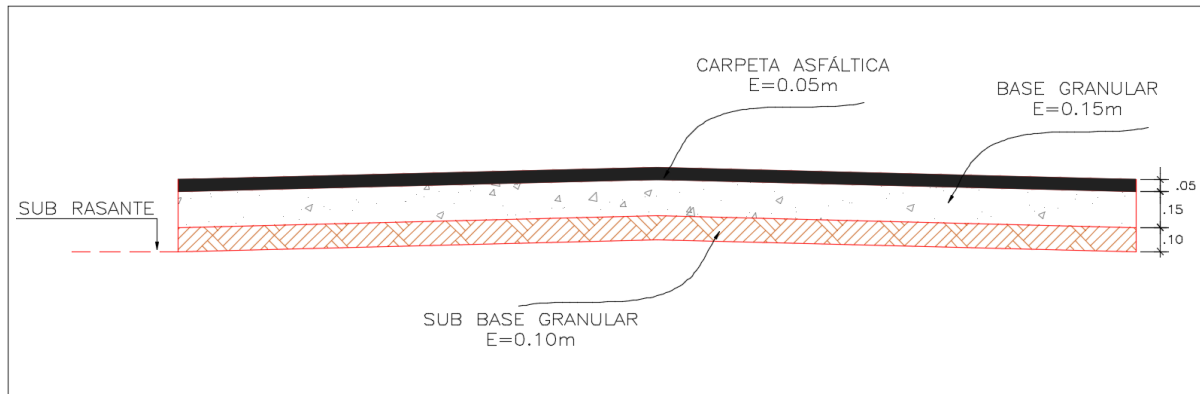


Figura. Diseño de Pavimento Flexible
(Elaboración Propia)

Diseño de Pavimento Flexible con base estabilizada

Para el cálculo del módulo Resiliente se utilizó la siguiente formula:

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

Donde:

CBR: Valor Relativo de Soporte (%)

Datos	Valores
W18	251217.67
Trafico:	TP1
Zr	-0.524
S0	0.45
PSI	1.8
Mr	13055.3

De la misma manera para el diseño de pavimentos flexibles considerando la estabilización de base granular, los datos de diseño, se obtuvieron, de la forma ya mencionada:

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R S_D + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07$$

Obteniéndose un número estructural de:

$$SN = 1.95$$

Con los datos de coeficiente estructurales

$$a_1 = 0.41 \text{ (Carpeta Asfáltica)}$$

$$a_2 = 0.20 \text{ (Base Granular Tratada)}$$

$$a_3 = 0.12 \text{ (Sub base Granular)}$$

Con los coeficientes de drenaje considerando $m_1 = m_2 = 1.0$, se obtuvieron los siguientes resultados:

	Pulg	condición
carpeta	2	
base	6	
sub base	0	
SN	2.02	Cumple

Obteniendo lo siguiente en sistema métrico:

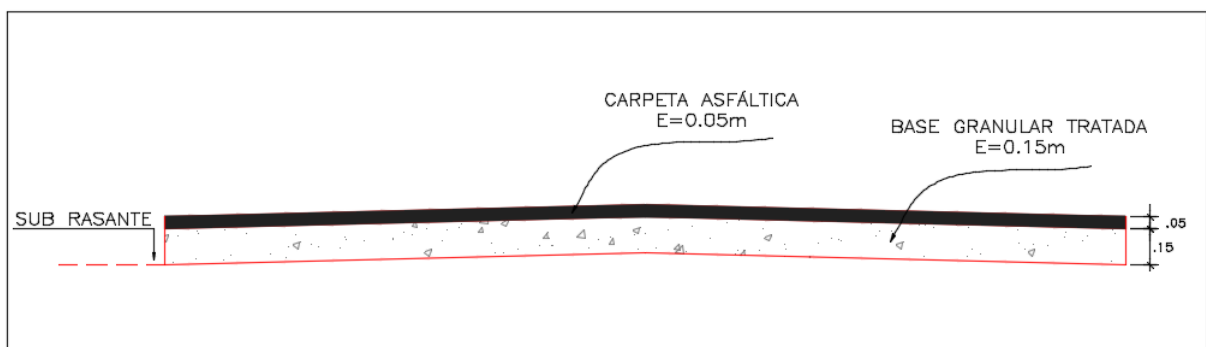


Figura. Diseño de Pavimento Flexible, con base estabilizada
(Elaboración Propia)

Diseño de Pavimento adoquinado

Para el cálculo del módulo Resiliente se utilizó la siguiente formula:

$$MR(psi) = 2555x CBR^{0.64}$$

Como ya se mencionó que el método ASCE considera un valor único de confiabilidad de 75% ($Z_r = -0.67$) y desviación estándar de 0.45

Datos	Valores
W18	251217.67
Trafico:	TP1
Zr	-0.67
S0	0.45
PSI	1.8
Mr	13055.3

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_r S_0 + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07$$

$$SN = 2.00$$

Con los datos de coeficiente estructurales

$$a_1 = 0.44 \text{ (Adoquines de concreto y cama de arena)}$$

$$a_2 = 0.14 \text{ (Base Granular)}$$

Con los coeficientes de drenaje considerando $m_1 = m_2 = 1.0$, se obtuvieron los siguientes resultados:

	Pulg	condición
carpeta	4.5	
base	4	
sub base		
SN	2.57	Cumple

Obteniendo lo siguiente en sistema métrico:

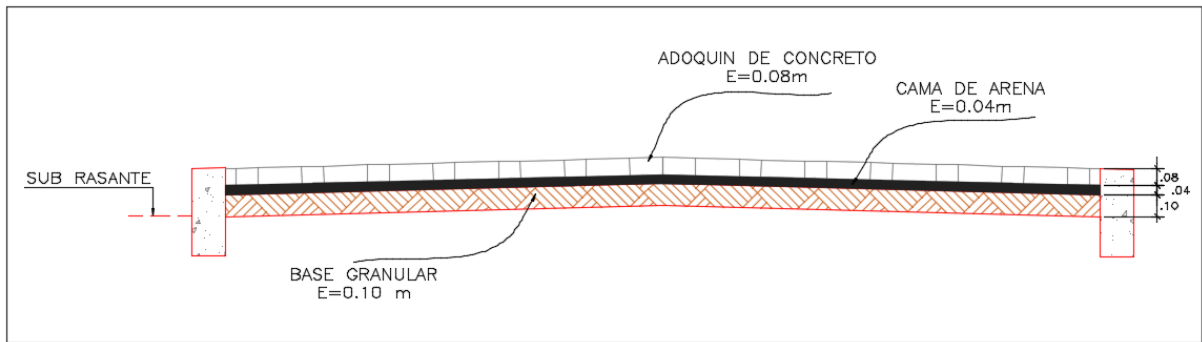


Figura. Diseño de Pavimento Segmentado
(Elaboración Propia)

7.5.4 Diseño de Pavimento adoquinado con base estabilizada

Para el cálculo del módulo Resiliente se utilizó la siguiente formula:

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

Como ya se mencionó que el método ASCE considera un valor único de confiabilidad de 75% ($Z_r = -0.67$) y desviación estándar de 0.45

Datos	Valores
W18	2.51E+05
Trafico:	TP1
Zr	-0.67
S0	0.45
PSI	1.8
Mr	13055.3

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_r S_0 + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07$$

$$SN = 2.00$$

Con los datos de coeficiente estructurales

$$a_1 = 0.44 \text{ (Adoquines de concreto y cama de arena)}$$

$$a_2 = 0.20 \text{ (Base Granular Tratada)}$$

Con los coeficientes de drenaje considerando $m_1 = m_2 = 1.0$, se obtuvieron los siguientes resultados:

	Pulg	condición
carpeta	4.5	
base	4	
sub base		
SN	2.78	Cumple

Obteniendo lo siguiente en sistema métrico:

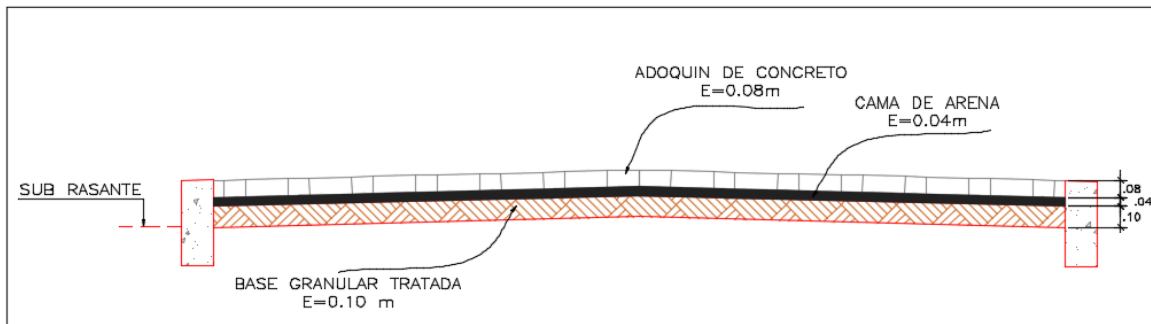


Figura. Diseño de Pavimento Segmentado con base granular estabilizada (Elaboración Propia)

Diseño de Pavimento Rígido

Para el cálculo del módulo de reacción del terreno, se utiliza la siguiente figura:

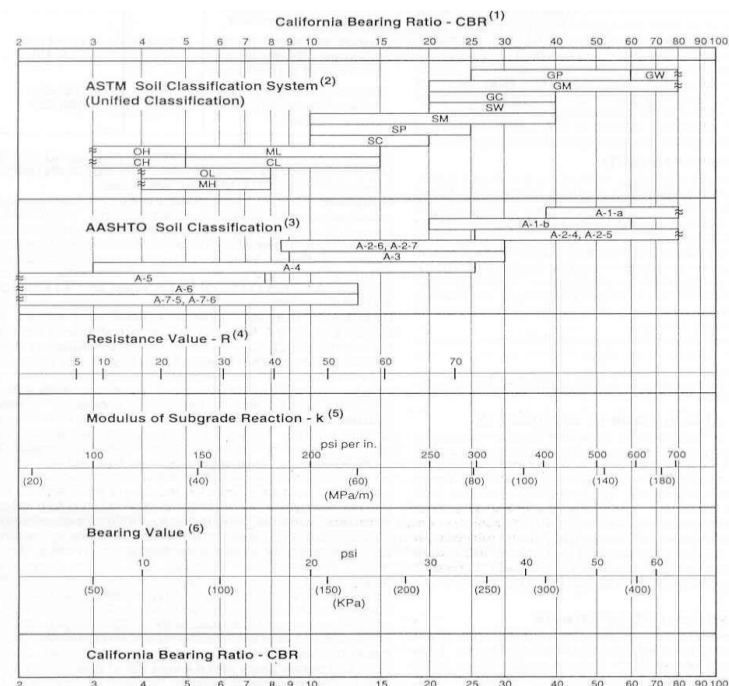


Figura. Cálculo del módulo de reacción del terreno (MTC, 2014)

Para calcular el módulo de reacción compuesto del terreno, debido a la incorporación de una capa de sub base granular, se aprecia en la siguiente tabla:

Efecto de la sub base granular en el valor de k

Valor de k de la subrasante	Valores de k de la subbase (pci)			
	4 pulg	6 pulg	9 pulg	12 pulg
50	65	75	85	110
100	130	140	160	190
200	220	230	270	320
300	320	330	370	430

Efecto de la sub base granular sin tratar en el valor de k (MTC, 2014)

De donde se obtiene el módulo de reacción compuesto:

$$k = 245 \text{ pci}$$

Datos	Valores
W18	2.51E+05
Trafico:	TP1
Zr	-0.524
S0	0.35
PSI	2.1
Pi	4.1
Pt	2
k	245.0
Cd	1
Ec	3364755.43
Sc	640
J	2.5

Con los datos presentados se ingresa a la ecuación AASHTO y se obtiene el espesor de losa que requiere nuestra vía.

$$\log W_{18} = Z_R S_0 + 7.35 \log(D + 1) - 0.06 + \frac{\log \left[\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5} \right]}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D + 1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 p_i) \log \left[\frac{S_c C_d (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 J \left[D^{0.75} - \frac{18.42}{(E_c / k)^{0.25}} \right]} \right]$$

$$D = 2.76$$

Con lo cual podemos obtener nuestro diseño respectivo:

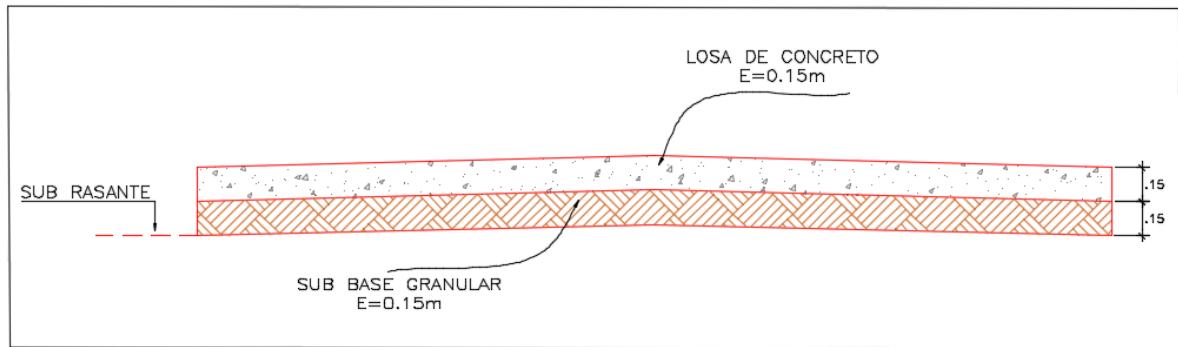


Figura. Diseño de Pavimento rígido
(Elaboración Propia)

Diseño de Pavimento Rígido con sub base estabilizada

Para el cálculo del módulo de reacción del terreno, se utiliza la siguiente figura 25:

Para calcular el módulo de reacción compuesto del terreno, debido a la incorporación de una capa de sub base granular estabilizada con cemento, se aprecia en la siguiente tabla:

Efecto de la subbase granular en el valor de k, base tratada con cemento

Efecto de la sub base granular en el valor de k, con sub base tratada con cemento

Valor de k de la subrasante	Valores de k de la sub base (pci)			
	4 pulg	6 pulg	9 pulg	12 pulg
50	170	230	310	390
100	280	400	520	640
300	470	640	830	

Efecto de la sub base granular en k con sub base tratada con cemento (MTC, 2014)

De donde el módulo de reacción compuesto de terreno resulta:

$$k = 400 \text{ pci}$$

Datos	Valores
W18	2.51E+05
Trafico:	TP1
Zr	-0.524
S0	0.35
PSI	2.1
Pi	4.1
Pt	2
k	400.0
Cd	1
Ec	3364755.43
Sc	640
J	2.5

Con los datos mostrados, se obtienen el espesor de losa de concreto

$$\log W_{18} = Z_R S_0 + 7.35 \log(D + 1) - 0.06 + \frac{\log \left[\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5} \right]}{1 + \frac{1.624 \times 10^{-7}}{(D + 1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 p_i) \log \left[\frac{S_c C_d (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 J \left[D^{0.75} - \frac{18.42}{(E_c / k)^{0.25}} \right]} \right]$$

$$D = 2.15''$$

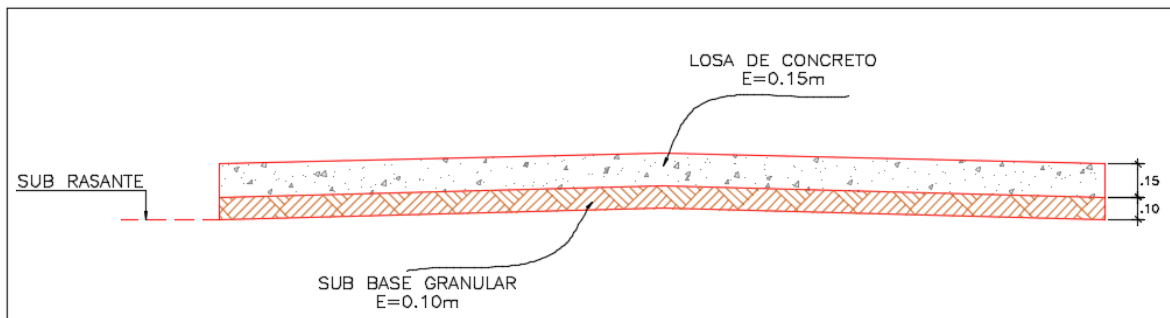


Figura. Diseño de Pavimento rígido, con sub base tratada (Elaboración Propia)

Anexo D. Análisis de Costos Unitarios Empleados

EXTRACCION, APILAMIENTO DE MATERIAL DE CANTERA PARA SUB BASE (HORMIGON)						
m3/DIA	300.0000	EQ. 300.0000	Costo unitario directo por : m3			5.86
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra						
OFICIAL	hh	0.5000	0.0133	16.47	0.22	
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.22	0.01	
TRACTOR DE ORUGAS DE 190-240 HP	hm	1.0000	0.0267	211.00	5.63	
						5.64
ZARANDEO DE MATERIAL PARA SUB BASE - (HORMIGON)						
m3/DIA	450.0000	EQ. 450.0000	Costo unitario directo por : m3			3.86
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Equipos						
CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 125-135 HP 3 y hm	hm	1.0000	0.0178	180.00	3.20	
GRUPO ELECTROGENO 89 HP 50KW	hm	1.0000	0.0178	10.10	0.18	
ZARANDA MECANICA	hm	1.0000	0.0178	27.10	0.48	
						3.86
CARGUIO DE MATERIAL DE CANTERA PARA SUB BASE-(HORMIGON)						
m3/DIA	500.0000	EQ. 500.0000	Costo unitario directo por : m3			3.01
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra						
OFICIAL	hh	0.5000	0.0080	16.47	0.13	
Equipos						
CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 125-135 HP 3 y hm	hm	1.0000	0.0160	180.00	2.88	
						2.88
TRANSPORTE DE MATERIAL HORMIGON DE CANTERA PARA SUB-BASE A OBRA DIST.PROM. 14.59 KM						
m3/DIA	117.0000	EQ. 117.0000	Costo unitario directo por : m3			6.03
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra						
OFICIAL	hh	0.5000	0.0342	16.47	0.56	
Equipos						
CAMION VOLQUETE DE 15 m3	hm	1.0000	0.0684	80.00	5.47	
						5.47

MEZCLA Y TRANSPORTE DE MATERIAL PARA CONFORMACIÓN DE SUB-BASE DIST. 500 M.

m3/DIA	722.0000	EQ. 722.0000	Costo unitario directo por : m3			3.08
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
OFICIAL		hh	1.0000	0.0111	16.47	0.18
						0.18
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES		% mo		3.0000	0.18	0.01
CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 125-135 HP 3 yd		hm	1.0000	0.0111	180.00	2.00
CAMION VOLQUETE DE 15 m3		hm	1.0000	0.0111	80.00	0.89
						2.90

CONFORMACION DE SUB-BASE INCLUIDO RIEGO CON AGUA

m3/DIA	350.0000	EQ. 350.0000	Costo unitario directo por : m3			11.93
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
OFICIAL		hh	1.0000	0.0229	16.47	0.38
PEON		hh	3.0000	0.0686	14.81	1.02
						1.40
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES		% mo		3.0000	1.40	0.04
MOTOBOMBA DE 4" (10 HP)		hm	1.0000	0.0229	3.80	0.09
RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO		hm	1.0000	0.0229	170.00	3.89
MOTONIVELADORA DE 125 HP		hm	1.0000	0.0229	175.00	4.01
CAMION CISTERNA 4X2 (AGUA) 122 HP 1500 GLN		hm	1.0000	0.0229	109.00	2.50
						10.53

EXTRACCION, APILAMIENTO DE MATERIAL DE CANTERA PARA BASE (HORMIGON)

m3/DIA	300.0000	EQ. 300.0000	Costo unitario directo por : m3			5.86
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
OFICIAL		hh	0.5000	0.0133	16.47	0.22
						0.22
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES		% mo		3.0000	0.22	0.01
TRACTOR DE ORUGAS DE 190-240 HP		hm	1.0000	0.0267	211.00	5.63
						5.64

ZARANDEO DE MATERIAL PARA BASE - (HORMIGON)

m3/DIA	450.0000	EQ. 450.0000	Costo unitario directo por : m3			3.86
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Equipos						
CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 125-135 HP 3 yd		hm	1.0000	0.0178	180.00	3.20
GRUPO ELECTROGENO 89 HP 50KW		hm	1.0000	0.0178	10.10	0.18
ZARANDA MECANICA		hm	1.0000	0.0178	27.10	0.48
						3.86

CARGUIO DE MATERIAL DE CANTERA PARA BASE-(HORMIGON)

m3/DIA	500.0000	EQ. 500.0000	Costo unitario directo por : m3			3.01
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
OFICIAL		hh	0.5000	0.0080	16.47	0.13
						0.13
Equipos						
CARGADOR SOBRELLANTAS DE 125-135 HP 3 yd:hm			1.0000	0.0160	180.00	2.88
						2.88

TRANSPORTE DE MATERIAL HORMIGON DE CANTERA PARA BASE A OBRA DIST.PROM. 14.59 KM

m3/DIA	117.0000	EQ. 117.0000	Costo unitario directo por : m3			6.03
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
OFICIAL		hh	0.5000	0.0342	16.47	0.56
						0.56
Equipos						
CAMION VOLQUETE DE 15 m3		hm	1.0000	0.0684	80.00	5.47
						5.47

EXTRACCION, APILAMIENTO DE MATERIAL DE CANTERA PARA BASE (MATERIAL LIGANTE)

m3/DIA	250.0000	EQ. 250.0000	Costo unitario directo por : m3			8.27
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
OFICIAL		hh	1.0000	0.0320	16.47	0.53
PEON		hh	2.0000	0.0640	14.81	0.95
						1.48
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES		% mo		3.0000	1.48	0.04
TRACTOR DE ORUGAS DE 190-240 HP		hm	1.0000	0.0320	211.00	6.75
						6.79

ZARANDEO DE MATERIAL PARA BASE (MATERIAL LIGANTE)

m3/DIA	300.0000	EQ. 300.0000	Costo unitario directo por : m3			6.67
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
OFICIAL		hh	1.0000	0.0267	16.47	0.44
PEON		hh	1.0000	0.0267	14.81	0.40
						0.84
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES		% mo		3.0000	0.84	0.03
CARGADOR SOBRELLANTAS DE 125-135 HP 3 yd:hm			1.0000	0.0267	180.00	4.81
GRUPO ELECTROGENO 89 HP 50KW		hm	1.0000	0.0267	10.10	0.27
ZARANDA MECANICA		hm	1.0000	0.0267	27.10	0.72
						5.83

CARGUIO DE MATERIAL DE CANTERA PARA BASE-(MATERIAL LIGANTE)

m3/DIA	500.0000	EQ. 500.0000	Costo unitario directo por : m3			3.01
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra						
OFICIAL	hh	0.5000	0.0080	16.47	0.13	0.13
Equipos						
CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 125-135 HP 3 yd	hm	1.0000	0.0160	180.00	2.88	2.88

TRANSPORTE DE MATERIAL LIGANTE DE CANTERA PARA BASE A OBRA DIST.PROM3.09 KM

m3/DIA	409.0000	EQ. 409.0000	Costo unitario directo por : m3			3.45
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra						
OFICIAL	hh	1.0000	0.0196	16.47	0.32	0.32
Equipos						
CAMION VOLQUETE DE 15 m3	hm	2.0000	0.0391	80.00	3.13	3.13

EXTRACCION, APILAMIENTO,ZARANDEO Y TRANSPORTE DE MATERIAL PARA BASE (PIEDRA CHANCADA 1/2" A 3/4" - 25%)

m3/DIA	300.0000	EQ. 300.0000	Costo unitario directo por : m3			50.00
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Subcontratos						
SC M. MATERIAL DE PIEDRA CHANCADA DE 1/2 glb			1.0000	50.00	50.00	50.00

MEZCLA Y TRANSPORTE DE MATERIAL PARA CONFORMACIÓN DE BASE DIST.500 M.

m3/DIA	722.0000	EQ. 722.0000	Costo unitario directo por : m3			3.08
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra						
OFICIAL	hh	1.0000	0.0111	16.47	0.18	0.18
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	% mo		3.0000	0.18	0.01	
CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 125-135 HP 3 yd	hm	1.0000	0.0111	180.00	2.00	
CAMION VOLQUETE DE 15 m3	hm	1.0000	0.0111	80.00	0.89	
						2.90

CONFORMACION DE BASE INCLUIDO RIEGO CON AGUA

m2/DIA	350.0000	EQ. 350.0000	Costo unitario directo por : m2			11.93
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra						
OFICIAL	hh	1.0000	0.0229	16.47	0.38	
PEON	hh	3.0000	0.0686	14.81	1.02	
						1.40
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.40	0.04	
MOTOBOMBA DE 4" (10 HP)	hm	1.0000	0.0229	3.80	0.09	
RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO	hm	1.0000	0.0229	170.00	3.89	
MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1.0000	0.0229	175.00	4.01	
CAMION CISTERNA 4X2 (AGUA) 122 HP 1500 GLN	hm	1.0000	0.0229	109.00	2.50	
						10.53

IMPRIMADO RIEGO ASFALTICO MC-30

m2/DIA	4,500.0000	EQ. 4,500.0000	Costo unitario directo por : m2			4.54
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra						
OPERARIO	hh	2.0000	0.0036	20.07	0.07	
PEON	hh	6.0000	0.0107	14.81	0.16	
						0.23
Materiales						
ASFALTO LIQUIDO MC-30	gal		0.3329	11.86	3.95	
						3.95
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.23	0.01	
COMPRESORA NEUMATICA 125-175 PCM, 76 HP	hm	0.7313	0.0013	85.00	0.11	
CAMION IMPRIMADOR 6X2 178-210 HP 1,800 gl	hm	0.7313	0.0013	120.00	0.16	
BARREDORA MECANICA 10-20 HP	hm	0.7313	0.0013	60.00	0.08	
						0.36

MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y HERRRAMIENTAS DIST.PROM 14 KM

glb/DIA	1.0000	EQ. 1.0000	Costo unitario directo por : glb			5,000.00
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Subcontratos						
SC MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQU	glb		1.0000	5,000.00	5,000.00	
						5,000.00

TRANSPORTE DE MEZCLAS ASFALTICA EN CALIENTE

m3/DIA	117.0000	EQ. 117.0000	Costo unitario directo por : m3			26.23
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Subcontratos						
SC TRANSPORTE DE MEZCLA ASFALTICA	m3		1.0000	26.23	26.23	
						26.23

MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE

m3/DIA	200.0000	EQ. 200.0000	Costo unitario directo por : m3			525.00
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Subcontratos						
SC MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE, TIPO M ^A	m3		1.0000	525.00	525.00	
						525.00

COLOCACION DE MEZCLA ASFALTICA

m2/DIA	900.0000	EQ. 900.0000	Costo unitario directo por : m2			4.16
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra						
OPERARIO	hh	2.0000	0.0178	20.07	0.36	
PEON	hh	6.0000	0.0533	14.81	0.79	
						1.15
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	% mo		3.0000	1.15	0.03	
RODILLO TANDEM ESTATICO AUTOPROPULSADO	hm	1.0000	0.0089	63.20	0.56	
RODILLO NEUMATICO AUTOP. 81-100 HP 5.5-20 T	hm	1.0000	0.0089	135.60	1.21	
PAVIMENTADORA SOBRE ORUGAS 69 HP	hm	1.0000	0.0089	135.59	1.21	
						3.01

CONFORMACION DE BASE TRATADA INCLUIDO RIEGO CON AGUA

m3/DIA	350.0000	EQ. 350.0000	Costo unitario directo por : m3			57.30
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra						
OFICIAL	hh	1.0000	0.0229	16.47	0.38	
PEON	hh	3.0000	0.0686	14.81	1.02	
						1.40
Materiales						
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		2.4900	18.22	45.37	
						45.37
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	% mo		3.0000	1.40	0.04	
MOTOBOMBA DE 4" (10 HP)	hm	1.0000	0.0229	3.80	0.09	
RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO	hm	1.0000	0.0229	170.00	3.89	
MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1.0000	0.0229	175.00	4.01	
CAMION CISTERNA 4X2 (AGUA) 122 HP 1500 GLN	hm	1.0000	0.0229	109.00	2.50	
						10.53

COLOCACION DE ADOQUINES DE CONCRETO

m2/DIA	25.0000	EQ. 25.0000	Costo unitario directo por : m2			57.85
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra						
OPERARIO	hh	1.0000	0.3200	20.07	6.42	
OFICIAL	hh	1.0000	0.3200	16.47	5.27	
PEON	hh	1.0000	0.3200	14.81	4.74	
						16.43
Materiales						
ARENA FINA	m3		0.0400	39.99	1.60	
ADOQUIN DE CONCRETO RECTANGULAR DE 0.23	und		50.0000	0.77	38.50	
						40.10
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	% mo		3.0000	16.43	0.49	
COMPACTADORA VIBRATORIA TIPO PLANCHA	hm	0.2000	0.0640	12.99	0.83	
						1.32

CONCRETO PREMEZCLADO PISTA F'C=245KG/CM2

m3/DIA	100.0000	EQ. 100.0000	Costo unitario directo por : m3			413.17
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra						
OPERARIO	hh	4.0000	0.3200	20.07	6.42	
OFICIAL	hh	2.0000	0.1600	16.47	2.64	
PEON	hh	2.0000	0.1600	14.81	2.37	
						11.43
Materiales						
CONCRETO PREMEZCLADO F'C=245 kg/cm3	m3		1.0500	380.00	399.00	
						399.00
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	% mo		3.0000	11.43	0.34	
VIBRADOR A GASOLINA	hm	2.0000	0.1600	15.00	2.40	
						2.74

ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE PISTA

m2/DIA	20.0000	EQ. 20.0000	Costo unitario directo por : m2			29.61
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra						
OPERARIO	hh	1.0000	0.4000	20.07	8.03	
OFICIAL	hh	1.0000	0.4000	16.47	6.59	
PEON	hh	0.5000	0.2000	14.81	2.96	
						17.58
Materiales						
ALAMBRE NEGRO N° 8	kg		0.2600	3.68	0.96	
CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg		0.1300	3.02	0.39	
MADERA TORNILLO	p2		1.5000	4.50	6.75	
ROLLIZO DE EUCALIPTO	m		0.6800	5.00	3.40	
						11.50
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	% mo		3.0000	17.58	0.53	
						0.53

JUNTAS DE DILATACION CON SIKAFLEX Y CORDON DE POLIETILENO E=7MM

mml/DIA	200.0000	EQ. 200.0000	Costo unitario directo por : mml			7.17
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra						
OPERARIO	hh	1.0000	0.0400	20.07	0.80	
PEON	hh	1.0000	0.0400	14.81	0.59	
						1.39
Materiales						
SIKA FLEX	und		0.0924	26.17	2.42	
CORDON DE POLIETILENO 8MM	mml		1.0500	2.58	2.71	
						5.13
Equipos						
PISTOLA DE CALAFATEO MK6	und		0.0044	148.00	0.65	
						0.65

CURADO DE PISTA DE CONCRETO DURANTE 7 DIAS

m2/DIA	2,500.0000	EQ. 2,500.0000	Costo unitario directo por : m2			0.80
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra						
PEON	hh	2.0000	0.0064	14.81	0.09	
					0.09	
Materiales						
ARENILLA	m3		0.0250	26.01	0.65	
AGUA	m3		0.0250	2.50	0.06	
					0.71	
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.09		
					0.00	

CONFORMACION DE SUB BASE TRATADA INCLUIDO RIEGO CON AGUA

m3/DIA	350.0000	EQ. 350.0000	Costo unitario directo por : m3			57.30
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra						
OFICIAL	hh	1.0000	0.0229	16.47	0.38	
PEON	hh	3.0000	0.0686	14.81	1.02	
					1.40	
Materiales						
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		2.4900	18.22	45.37	
					45.37	
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.40	0.04	
MOTOBOMBA DE 4" (10 HP)	hm	1.0000	0.0229	3.80	0.09	
RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO	hm	1.0000	0.0229	170.00	3.89	
MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1.0000	0.0229	175.00	4.01	
CAMION CISTERNA 4X2 (AGUA) 122 HP 1500 GLN	hm	1.0000	0.0229	109.00	2.50	
					10.53	

Anexo E. Calculo de Rendimientos

CALCULO DE LA DISTANCIA MEDIA DE TRANSPORTE DE MATERIAL DE SUB BASE LIGANTE								
FACTOR DE ESPONJAMIENTO (%)		15.00%						
LONGITUD DE CARRETERA EN (MTS)		0		0		1183.75 m		
Ubicación de cantera		Acceso	Influencia		Distancia media	Distancia Total	Volumen	Dist. X volumen
CANTERA	m	m	m		Km	Km	m3	Km-m3
1	Vallecito	2500	0	1183.75	0.592	3.092	901.41	2787.05
							901.41	2787.05
DISTANCIA PROMEDIO=					3.09 KM			
CALCULO DE RENDIMIENTO								
DISTANCIA MEDIA=		3.09 KM		VOLUMEN DE VOLQUETE		15 M3		
VELOCIDADES PROMEDIO = 35-45 KM/H				EFICIENCIA		0.8		
TIEMPO DE CARGA CON CARGADOR FRONTAL CAT 950-155 HP, 2.4 YD3				ESPONJAMIENTO		-		
VELOCIDAD DE CARGADO:		35 KM/H						
VELOCIDAD DE DESCARGO:		45 KM/H						
PARA MATERIAL SUELTO								
TIEMPO DE CARGA				2.65 min				
TIEMPO DE DESCARGA				2 min				
TIEMPO DE RECORRIDO CARGADO (60D/A)						1.71 D	min	
TIEMPO DE RECORRIDO DESCARGADO (60D/B)						1.33 D	min	
CICLO:				4.65	+	3.05 D	min	
CICLO:				14.08 min				
Tiempo Util								
Nro VIAJES	8 h/d	x 60 min/h X 0.80 =		384 min/d				
				CICLO				
VOLUMEN TRANSPORTADO =				409 m3/dia				
APORTE DE HORAS-MAQUINA =				0.020				

CALCULO DE LA DISTANCIA MEDIA DE TRANSPORTE DE MATERIAL DE BASE

FACTOR DE ESPONJAMIENTO (%) 15.00%
 LONGITUD DE CARRETERA EN (MTS) 0 0 1183.75 m

Ubicación de cantera		Acceso	Influencia		Distancia media	Distancia Total	Volumen	Dist. X volumen
CANTERA	m	m	m		Km	Km	m3	Km-m3
1	Isla	14000	0	1183.75	0.592	14.592	1261.97	18414.51
							1261.97	18414.51

DISTANCIA PROMEDIO= 14.59 KM

CALCULO DE RENDIMIENTO

DISTANCIA MEDIA= 14.59 KM VOLUMEN DE VOLQUETE 15 M3

VELOCIDADES PROMEDIO = 35-45 KM/H EFICIENCIA 0.8

TIEMPO DE CARGA CON CARGADOR FRONTAL CAT 950-155 HP, 2.4 YD3 ESPONJAMIENTO -

VELOCIDAD DE CARGADO: 35 KM/H

VELOCIDAD DE DESCARGO: 45 KM/H

PARA MATERIAL SUELTO

TIEMPO DE CARGA 2.65 min

TIEMPO DE DESCARGA 2 min

TIEMPO DE RECORRIDO CARGADO (60D/A) 1.71 D min

TIEMPO DE RECORRIDO DESCARGADO (60D/B) 1.33 D min

CICLO: 4.65 + 3.05 D min

CICLO: 49.16 min

Tiempo Util

Nro VIAJES 8 h/d x 60 min/h X 0.80 =

384 min/d
CICLO

VOLUMEN TRANSPORTADO = 117 m3/dia

APORTE DE HORAS-MAQUINA = 0.068

CALCULO DE LA DISTANCIA MEDIA DE TRANSPORTE DE MATERIAL DE BASE (MEZCLA)

FACTOR DE ESPONJAMIENTO (%) 15.00%
 LONGITUD DE CARRETERA EN (MTS) 0 0 1183.75 m

Ubicación de cantera		Acceso	Influencia		Distancia media	Distancia Total	Volumen	Dist. X volumen
CANTERA	m	m	m		Km	Km	m3	Km-m3
1	MEZCLA	500	0	1183.75	0.592	1.092	3605.64	3936.91
							3605.64	3936.91

DISTANCIA PROMEDIO= 1.09 KM

CALCULO DE RENDIMIENTO

DISTANCIA MEDIA= 1.09 KM VOLUMEN DE VOLQUETE 15 M3

VELOCIDADES PROMEDIO = 35-45 KM/H EFICIENCIA 0.8

TIEMPO DE CARGA CON CARGADOR FRONTAL CAT 950-155 HP, 2.4 YD3 ESPONJAMIENTO -

VELOCIDAD DE CARGADO: 35 KM/H

VELOCIDAD DE DESCARGO: 45 KM/H

PARA MATERIAL SUELTO

TIEMPO DE CARGA 2.65 min

TIEMPO DE DESCARGA 2 min

TIEMPO DE RECORRIDO CARGADO (60D/A) 1.71 D min

TIEMPO DE RECORRIDO DESCARGADO (60D/B) 1.33 D min

CICLO: 4.65 + 3.05 D min

CICLO: 7.98 min

Tiempo Util

Nro VIAJES 8 h/d x 60 min/h X 0.80 =

384 min/d
CICLO

VOLUMEN TRANSPORTADO = 722 m3/dia

APORTE DE HORAS-MAQUINA = 0.011

CALCULO DE LA DISTANCIA MEDIA DE TRANSPORTE DE MATERIAL ASFALTO

FACTOR DE ESPONJAMIENTO (%) 0.00%
 LONGITUD DE CARRETERA EN (MTS) 0 0 1183.75 m

Ubicación de cantera		Acceso	Influencia		Distancia media	Distancia Total	Volumen	Dist. X volumen
CANTERA	Nombre	m	m		Km	Km	m3	Km-m3
1	Surupana	14000	0	1183.75	0.592	14.592	596.61	8705.66
							596.61	8705.66

DISTANCIA PROMEDIO= 14.59 KM

CALCULO DE RENDIMIENTO

DISTANCIA MEDIA= 14.59 KM VOLUMEN DE VOLQUETE 15 M3

VELOCIDADES PROMEDIO = 35-45 KM/H EFICIENCIA 0.8

TIEMPO DE CARGA CON CARGADOR FRONTAL CAT 950-155 HP, 2.4 YD: ESPONJAMIENTO -

VELOCIDAD DE CARGAD 35 KM/H

VELOCIDAD DE DESCAR 45 KM/H

PARA MATERIAL SUELTO

TIEMPO DE CARGA 2.65 min

TIEMPO DE DESCARGA 2 min

TIEMPO DE RECORRIDO CARGADO (60D/A) 1.71 D min

TIEMPO DE RECORRIDO DESCARGADO (60D/B) 1.33 D min

CICLO: 4.65 + 3.05 D min

CICLO: 49.16 min

Tiempo Util

Nro VIAJES 8 h/d x 60 min/h X 0.80 =

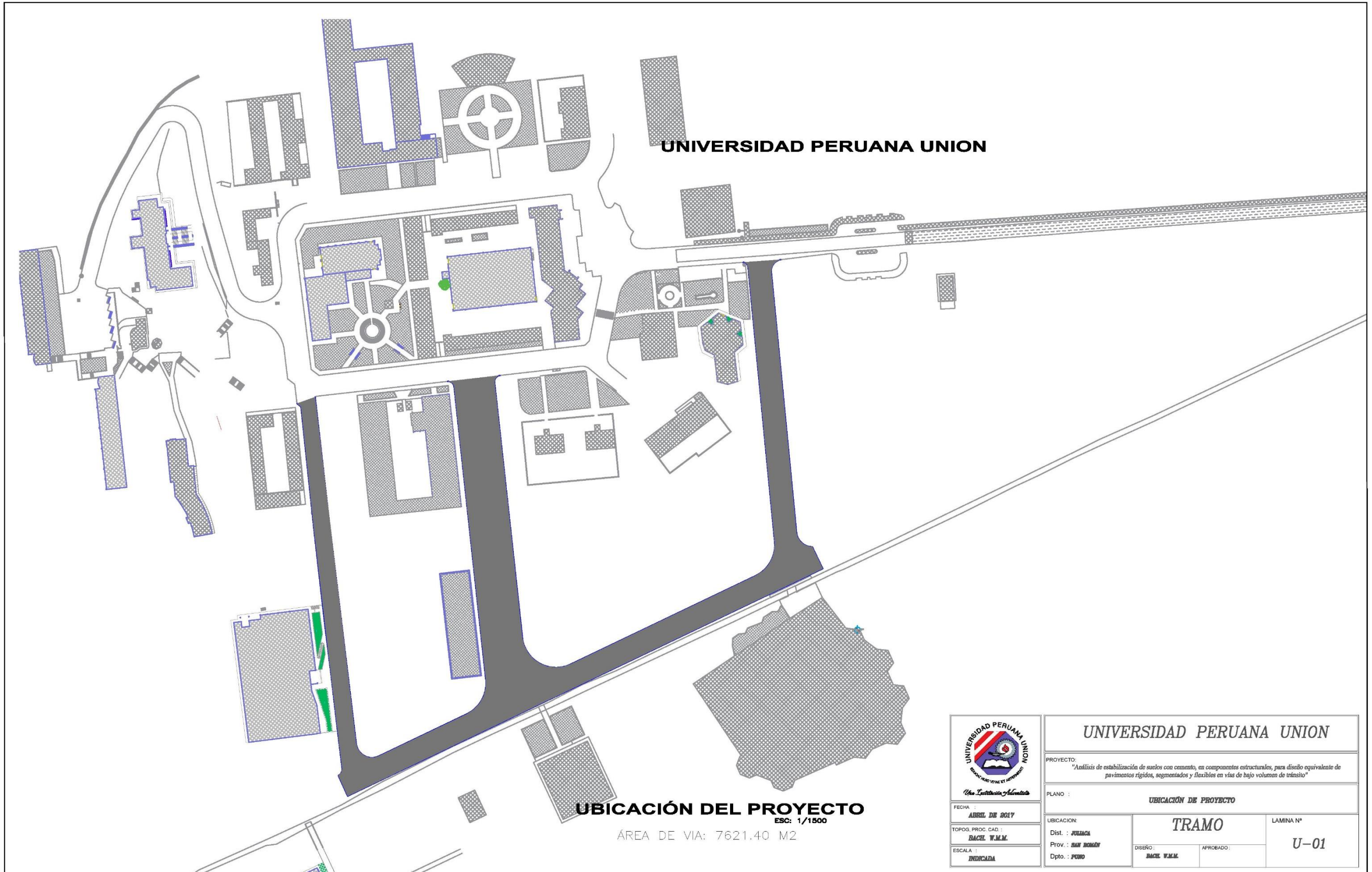
384 min/d

CICLO

VOLUMEN TRANSPORTADO = 117 m3/dia

APORTE DE HORAS-MAQUINA = 0.068

Anexo F. Planos



UNIVERSIDAD PERUANA UNION

UBICACIÓN DEL PROYECTO
 ESC: 1/1500

ÁREA DE VIA: 7621.40 M2



UNIVERSIDAD PERUANA UNION

PROYECTO:
 "Análisis de estabilización de suelos con cemento, en componentes estructurales, para diseño equivalente de pavimentos rígidos, segmentados y flexibles en vías de bajo volumen de tránsito"

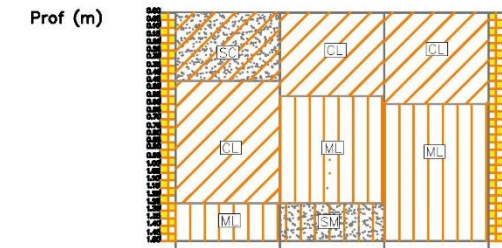
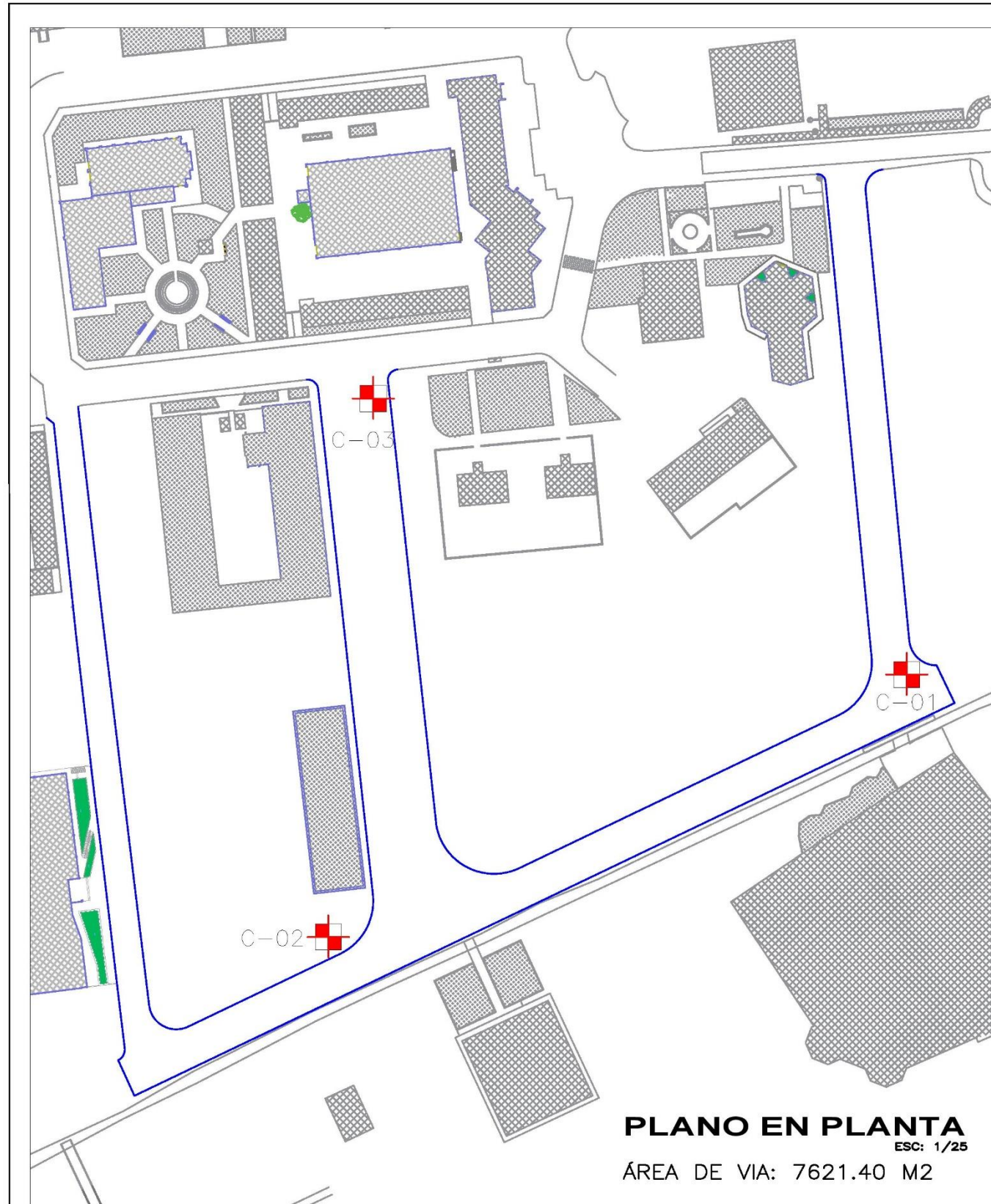
PLANO : **UBICACIÓN DE PROYECTO**

FECHA :
ABRIL DE 2017
 TOPOG. PROC. CAD. :
BACHE W.M.M.
 ESCALA :
INDICADA

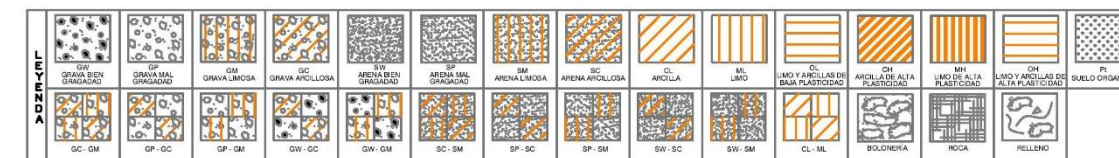
UBICACION:
 Dist. : **JUMACA**
 Prov. : **SAN ROMÁN**
 Dpto. : **POBO**

TRAMO
 DISEÑO :
BACHE W.M.M.
 APROBADO :

LAMINA Nº
U-01



CALICATA N°	C-01	C-02	C-03
PROFUNDIDAD DE CALICATA (mts)	1.50	1.50	1.50
PROFUNDIDAD (m)	0.00 - 0.45	0.00 - 0.55	0.00 - 0.60
HUMEDAD NATURAL (%)	4.6	24.50	23.78
L. L. (%)	44.90	38.49	38.55
L. P. (%)	21.80	21.38	18.75
I. P. (%)	23.10	17.11	19.80
%PASA MALLA N° 200	29.72	54.07	63.43
CLASIFICACION AASHTO	A-7-6(14)	A-6(7)	A-6(9)
CLASIFICACION SUCS	SC	CL	CL
PROCTOR AL MDS/95%MDS/OCH			
CBR AL 100% DEL MDS / 95% DEL MDS			
PROFUNDIDAD (m)	0.45 - 1.25	0.55 - 1.25	0.60 - 1.50
HUMEDAD NATURAL (%)	23.69	27.76	30.94
L. L. (%)	34.56	31.74	---
L. P. (%)	20.89	24.33	---
I. P. (%)	13.67	7.41	---
%PASA MALLA N° 200	82.40	72.58	54.04
CLASIFICACION AASHTO	A-6(10)	A-4(8)	A-4(4)
CLASIFICACION SUCS	CL	ML	ML
PROCTOR AL MDS/95%MDS/OCH			1.53/ 1.4535 / 17.59
CBR AL 100% DEL MDS / 95% DEL MDS			12.79 / 12.00
PROFUNDIDAD (m)	1.25 - 1.50	1.25 - 1.50	
HUMEDAD NATURAL (%)	30.29	21.39	
L. L. (%)	---	---	
L. P. (%)	---	---	
I. P. (%)	---	---	
%PASA MALLA N° 200	76.77	28.15	
CLASIFICACION AASHTO	A-4(9)	A-2-4(0)	
CLASIFICACION SUCS	ML	SM	
PROCTOR AL MDS/95%MDS/OCH		1.53/ 1.4535 / 10.31	
CBR AL 100% DEL MDS / 95% DEL MDS		17.19 / 14.30	



	UNIVERSIDAD PERUANA UNION		
	PROYECTO: "Análisis de estabilización de suelos con cemento, en componentes estructurales, para diseño equivalente de pavimentos rígidos, segmentados y flexibles en vías de bajo volumen de tránsito"		
	PLANO : ESTUDIO DE SUELOS		
	FECHA : OCTUBRE, 2018 TOPOG. PROC. CAD : BACHE F.M.M. ESCALA : INDICADA	UBICACION: Dist. : JULIACA Prov. : SAN ROMAN Dpto. : PUÑO	TRAMO DISEÑO : BACHE F.M.M. APROBADO :

CANtera DE AGREGADOS ISLA

UBICACIÓN GEOGRÁFICA

- LATITUD: 15°28'19.38"S
- LONGITUD: 70°13'20.93"O

COORDENADAS UTM

- NORTE : 8289089.00m
- ESTE : 368856.00m

DISTANCIA PROMEDIA= 14.59Km.



CANtera DE MATERIAL LIGANTE VALLECITO

UBICACIÓN GEOGRÁFICA

- LATITUD: 15°31'17.53"S
- LONGITUD: 70°10'22.05"O

COORDENADAS UTM

- NORTE : 8283645.00m
- ESTE : 374219.00m

DISTANCIA PROMEDIA= 3.09Km.



UNIVERSIDAD PERUANA UNION

CANtera DE PIEDRA CHANCADA SURUPUNA

UBICACIÓN GEOGRÁFICA

- LATITUD: 15°35'13.64"S
- LONGITUD: 70°16'32.90"O

COORDENADAS UTM

- NORTE : 8276319.00m
- ESTE : 363214.00m

DISTANCIA PROMEDIA= 14.737Km.



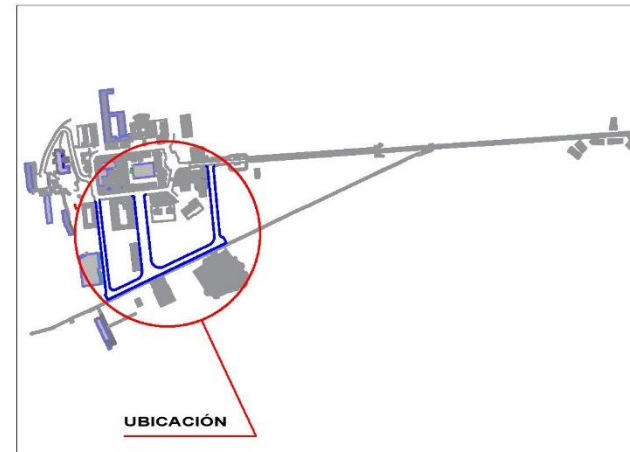
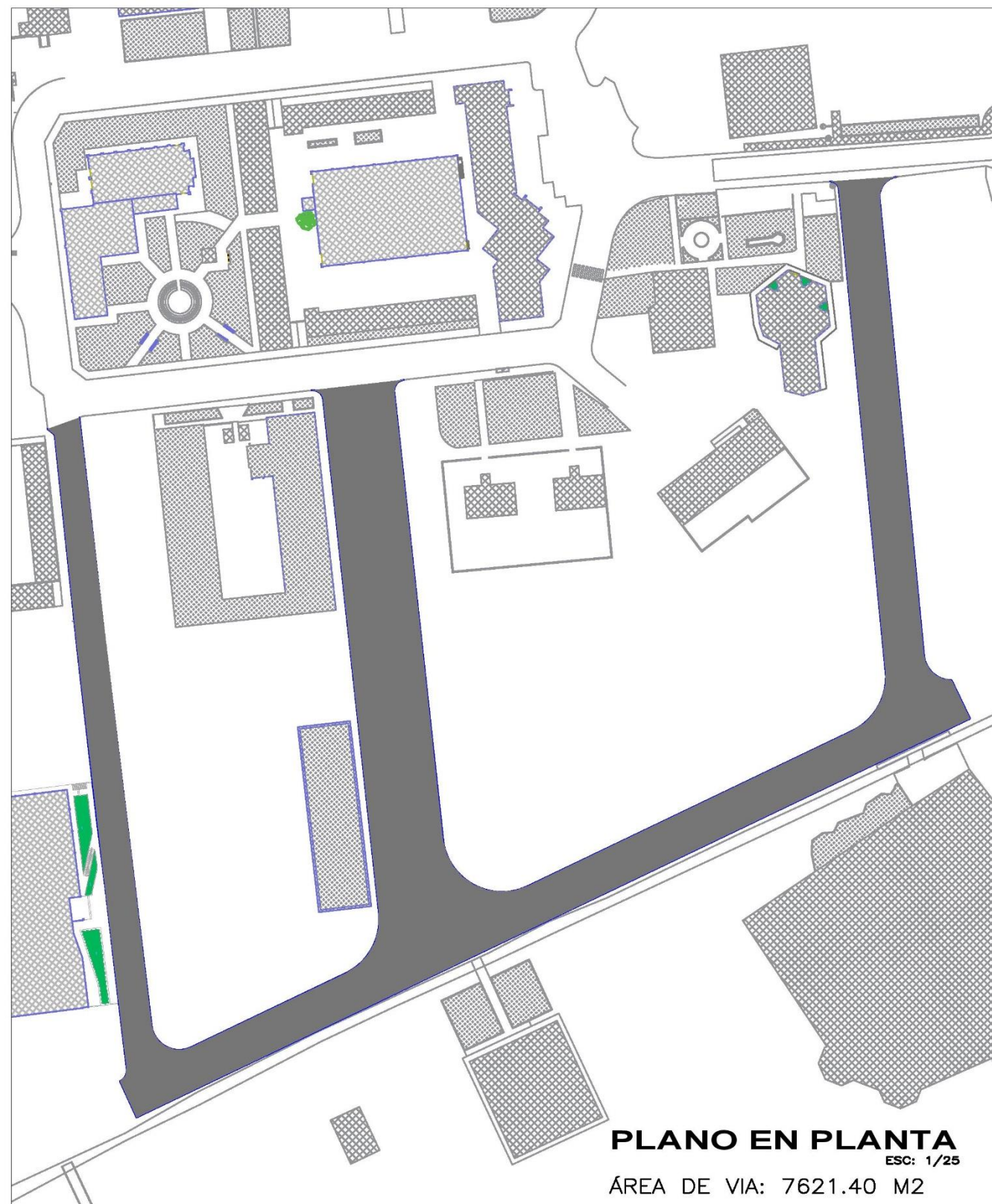

UNIVERSIDAD PERUANA UNION
DISEÑO, ANÁLISIS Y SERVICIO
Una Institución Académica

FECHA : OCTUBRE, 2018

TOPOG. PROC. CAD. : BACHE W.M.M.

ESCALA : INDEFINIDA

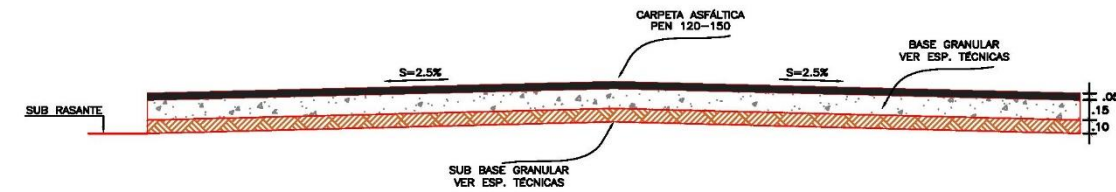
UNIVERSIDAD PERUANA UNION			
PROYECTO: "Análisis de estabilización de suelos con cemento, en componentes estructurales, para diseño equivalente de pavimentos rígidos, segmentados y flexibles en vías de bajo volumen de tránsito"			
PLANO : UBICACIÓN DE CANtera			
UBICACION:	TRAMO		LAMINA N°
Dist. : JULIACA			UC-01
Prov. : SAN ROMÁN	DISEÑO : BACHE W.M.M.	APROBADO :	
Dpto. : PUÑO			



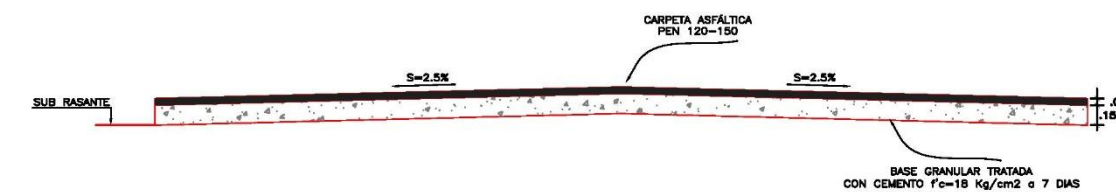
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

SUB RASANTE MEJORADA
CBR (diseño) : 12.79 %
ESTUDIO DE TRÁFICO
ESAL = 2.51 E+05
SUB BASE GRANULAR
CBR = 40% mínimo
Abrasión los Ángeles = 50 % máximo
Limite Liquido = 25% máximo
Indice de Plasticidad = 4% máximo
Equivalente de arena = 35% mínimo
Partículas Chatas y Alargadas = 20% máximo
BASE GRANULAR
CBR = 100% mínimo
Partículas con una cara fracturada = 80% mínimo
Partículas con dos o mas caras fracturadas = 50% mínimo
Abrasión los Ángeles = 40% máximo
Partículas chatas y alargadas = 15% máximo
Indice de plasticidad = 2% máximo
Equivalente de arena = 45% mínimo
BASE GRANULAR TRATADA CON CEMENTO
f'c = 18 Kg/cm2 (7 días de curado)
CARPETA ASFÁLTICA
CEMENTO ASFÁLTICO
Resistencia a la penetración 120-150 a 25°C, 100gr, 5 seg.
IMPRIMACIÓN
Asfalto liquido de curado medio MC-30 de 0.7 - 1.5 lt/m2

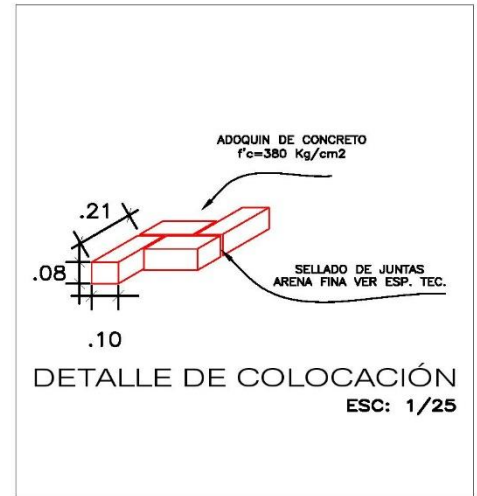
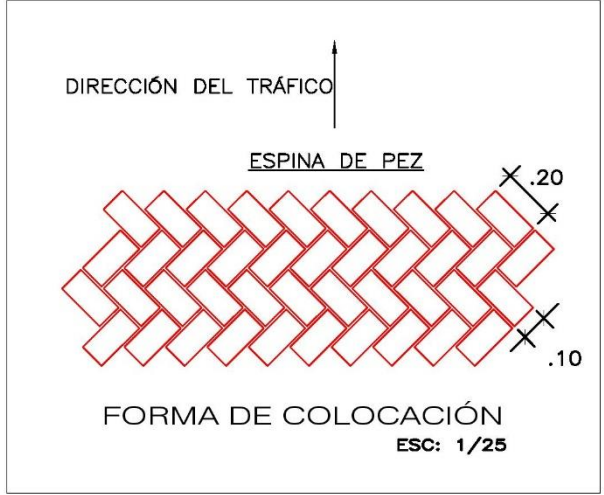
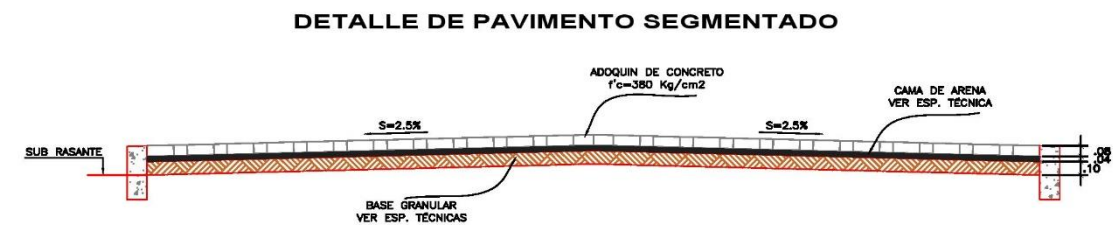
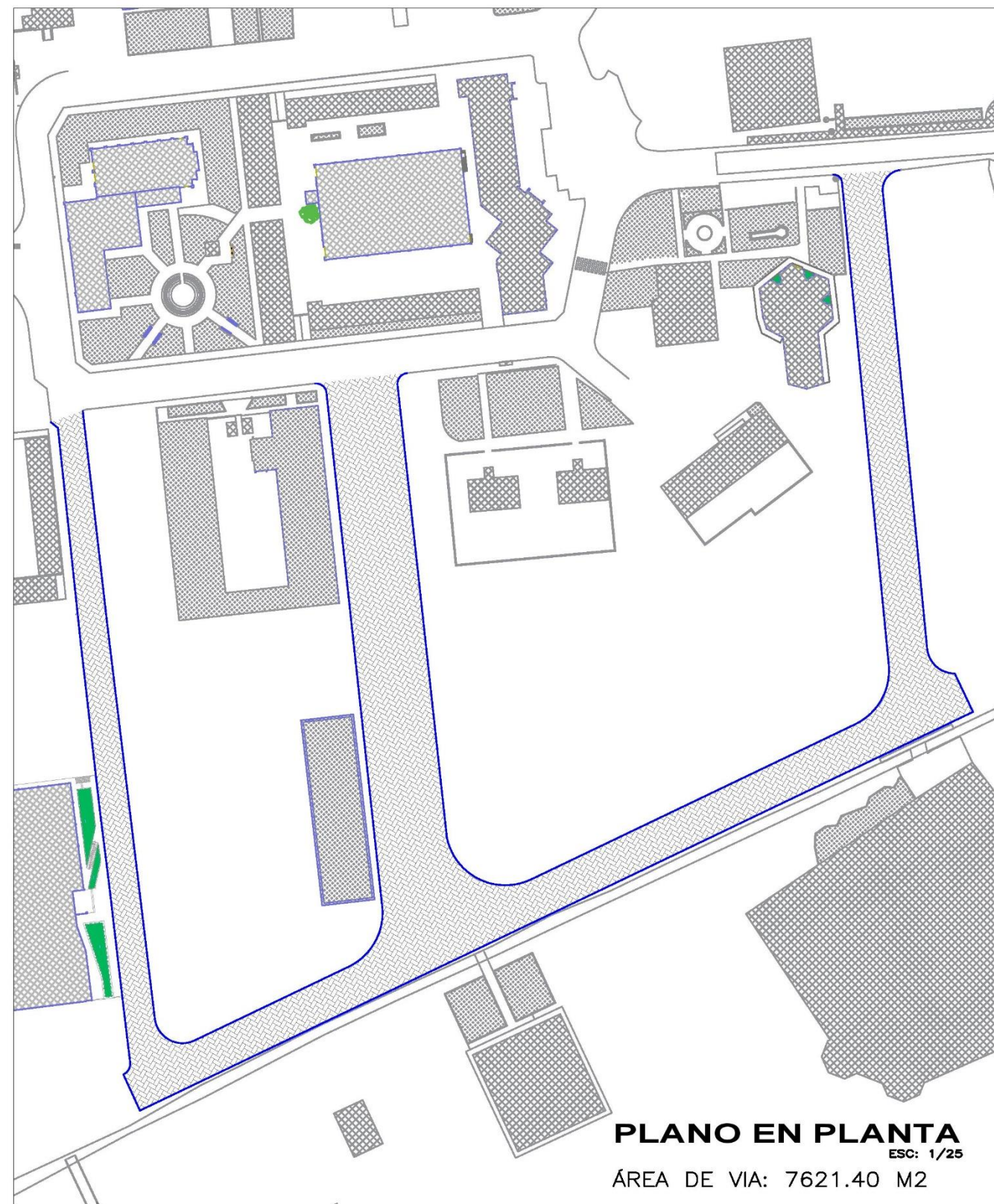
DETALLE DE PAVIMENTO FLEXIBLE



DETALLE DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON BASE ESTABILIZADA



 UNIVERSIDAD PERUANA UNION <i>Unión por el Progreso y el Bienestar</i>	UNIVERSIDAD PERUANA UNION		
	PROYECTO: "Análisis de estabilización de suelos con cemento, en componentes estructurales, para diseño equivalente de pavimentos rígidos, segmentados y flexibles en vías de bajo volumen de tránsito"		
	PLANO : PAVIMENTO FLEXIBLE		
	UBICACION: Dist. : JUMACA Prov. : SAN ROMÁN Dpto. : POBO	TRAMO	LAMINA Nº P-01
FECHA : OCTUBRE, 2018	TOPOG. PROC. CAD. : BACHE W.M.M.	ESCALA : INDICADA	DISEÑO : BACHE W.M.M.



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

SUB RASANTE MEJORADA
CBR (diseño) : 12.79 %
ESTUDIO DE TRÁFICO
ESAL = 2.51 E+05

BASE GRANULAR
CBR = 100% mínimo
Partículas con una cara fracturada = 80% mínimo
Partículas con dos o mas caras fracturadas = 50% mínimo
Abrasión los Ángeles = 40% máximo
Partículas chatas y alargadas = 15% máximo
Índice de plasticidad = 2% máximo
Equivalente de arena = 45% mínimo
BASE GRANULAR TRATADA CON CEMENTO
 $f'c = 18 \text{ Kg/cm}^2$ (7 días de curado)

CAMA DE ARENA
Equivalente de arena > 60%
Ligeramente húmeda

ADOQUINES DE CONCRETO
 $f'c = 380 \text{ Kg/cm}^2$

ARENA EN JUNTAS
De origen aluvial sin trituration
libre de finos plásticos

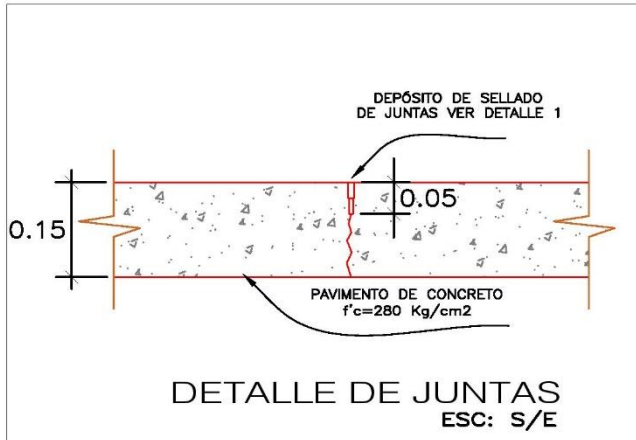
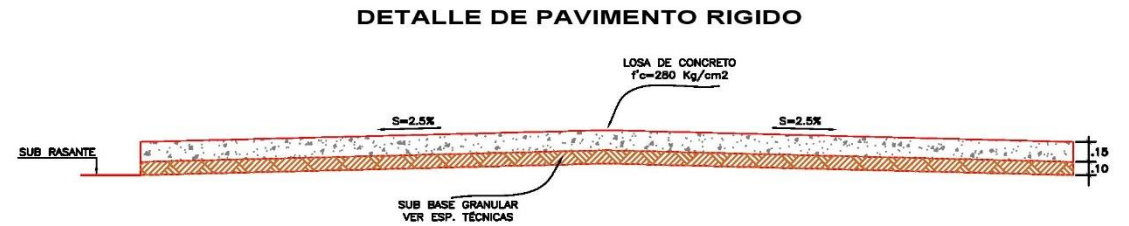
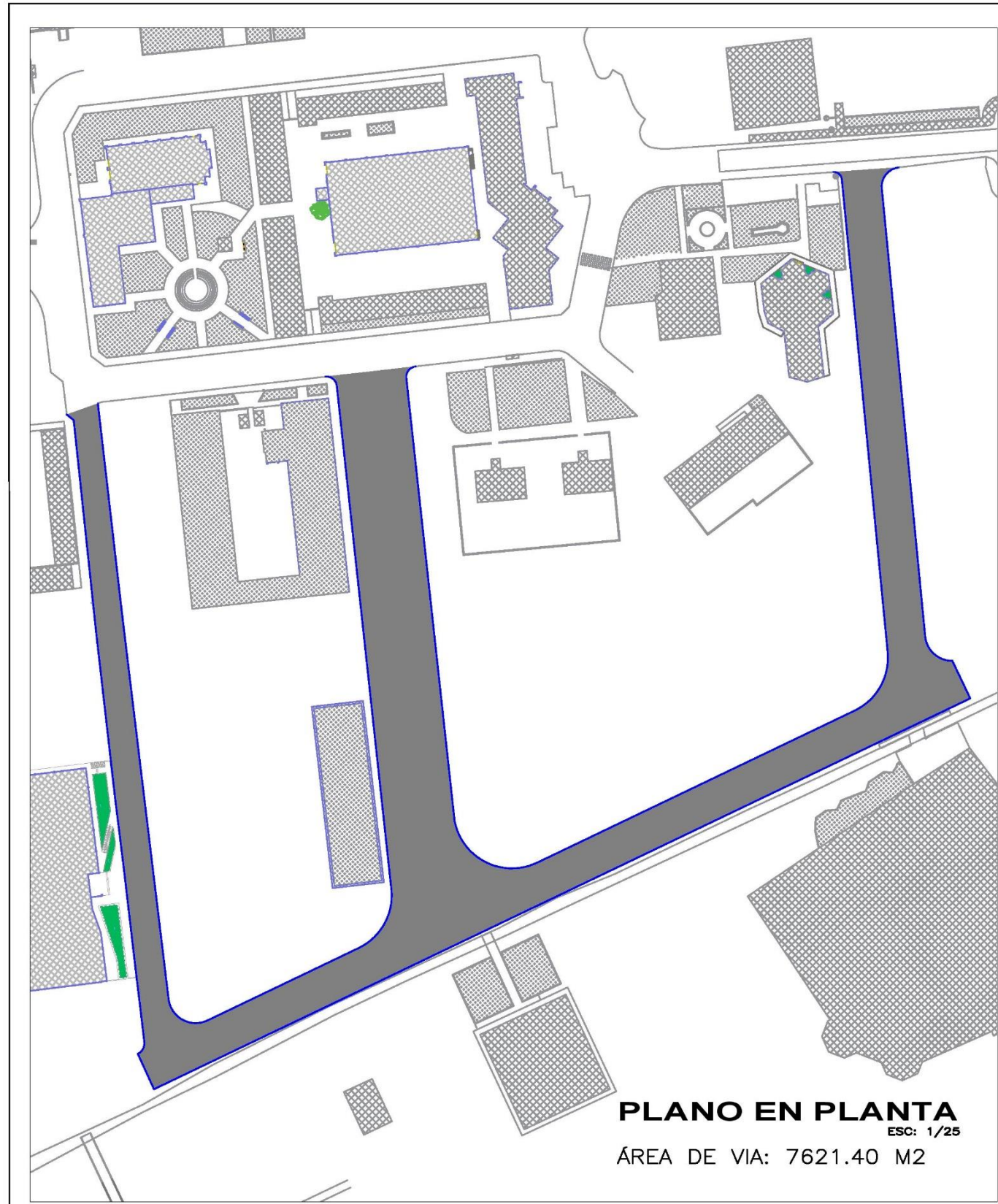
UNIVERSIDAD PERUANA UNION
Escuela de Ingeniería y Arquitectura
Instituto de Estudios de Avanzada

FECHA :
OCTUBRE, 2018

TOPOG. PROC. CAD.:
BACHE W.M.M.

ESCALA :
INDICADA

UNIVERSIDAD PERUANA UNION			
PROYECTO: "Análisis de estabilización de suelos con cemento, en componentes estructurales, para diseño equivalente de pavimentos rígidos, segmentados y flexibles en vías de bajo volumen de tránsito"			
PLANO : PAVIMENTO SEGMENTADO			
UBICACION: Dist. : JULIACA Prov. : SAN ROMÁN Dpto. : PUNO		TRAMO	
DISEÑO : BACHE W.M.M.		APROBADO : P-02	
		LAMINA N° P-02	



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

SUB RASANTE MEJORADA
 CBR (diseño) : 12.79 %
 K = 215 pci

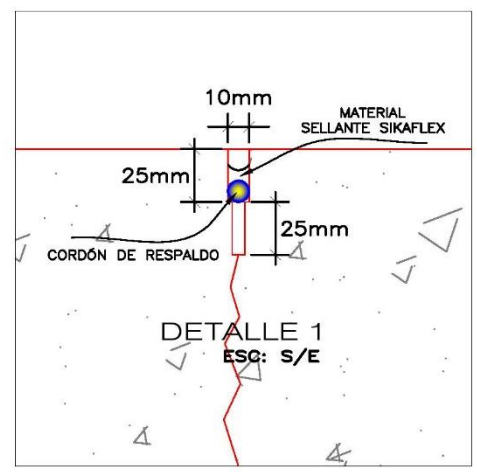
ESTUDIO DE TRÁFICO
 ESAL = 2.51 E+05

SUB BASE GRANULAR
 CBR = 40% mínimo
 Abrasión los Angeles = 50 % máximo
 Limite Líquido = 25% máximo
 Índice de Plasticidad = 4% máximo
 Equivalente de arena = 35% mínimo
 Partículas Chatas y Alargadas = 20% máximo

SUB BASE GRANULAR TRATADA CON CEMENTO
 $f'c = 18 \text{ Kg/cm}^2$ (7 días de curado)

CONCRETO HIDRÁULICO
 $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$
 MR > 34 Kg/cm²

DETALLE DE JUNTAS
 Respetar las separaciones máximas recomendadas
 Mantener la relación de esbeltez por debajo de 1.5, recomendado 1.25
 Coincidir con juntas de pavimentos existentes.
 No usar losas con anchos menor a 0.30 m.
 El ángulo entre juntas no debe de ser menor a 60°
 Mantener losas tan cuadradas como sea posible



			
UNIVERSIDAD PERUANA UNION			
PROYECTO: "Análisis de estabilización de suelos con cemento, en componentes estructurales, para diseño equivalente de pavimentos rígidos, segmentados y flexibles en vías de bajo volumen de tránsito"			
PLANO :		PAVIMENTO RIGIDO	
UBICACION: Dist. : JIYANGA Prov. : SAN ROMÁN Dpto. : PUÑO		TRAMO	LAMINA N° P-03
ESCALA : INDICADA		DISEÑO : BACHE W.M.M.	APROBADO :