

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

“MÉTODO AASHTO Y MÉTODO SHELL EN EL DISEÑO DE ESPESORES PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUANCAYO – JUNÍN”

Presentado por:

Bach. ACEVEDO ZARATE, Lisbeth Kelly

Línea de Investigación Institucional: Transporte Urbanismo

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERA CIVIL

Huancayo – Perú

2021

ASESOR

Ing. Rando, PORRAS OLARTE

DEDICATORIA

La presente tesis se la dedico a mi familia que es fuente de soporte e inspiración.

Dedicado a mis padres y Hermanos, por su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por su amor y brindarnos su energía positiva cada día.

A nuestros familiares que día a día apostaron por nosotros, brindándonos apoyo de forma incondicional y hasta ahora que logramos ser profesionales de éxito.

A nuestros maestros quienes impartieron en nosotros nuevos conocimientos, de esta manera aplicarlos para el beneficio de la sociedad.

A nuestra universidad alma mater, que nos cobijó durante nuestro crecimiento y desarrollo profesional.

HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADOS

Dr. RUBÉN DARÍO TAPIA SILGUERA
PRESIDENTE

MG. HENRY GUSTAVO PAUTRAT EGOAVIL
JURADO

ING. VLADIMIR ORDOÑEZ CAMPOSANO
JURADO

ING. NATALY LUCIA CÓRDOVA ZORRILLA
JURADO

MG. LEONEL UNTIVEROS PEÑALOZA
SECRETARIO DOCENTE

ÍNDICE

ASESOR	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE TABLA	ix
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	xv

CAPÍTULO I:

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad Problemática.....	1
1.2. Formulación del problema	2
1.2.1. Problema general	2
1.2.2. Problemas específicos.....	2
1.3. Justificación de la investigación.....	2
1.3.1. Justificación practica.....	2
1.3.2. Justificación científica	2
1.3.3. Justificación metodológica	3
1.4. Delimitación de la investigación.....	3
1.4.1. Delimitación Espacial.....	3
1.4.2. Delimitación Temporal	3
1.5. Limitaciones	3
1.5.1. Limitación de espacio	3
1.5.2. Limitación de tiempo	3
1.6. Objetivos de la investigación	3
1.6.1. Objetivo general.....	3

1.6.2. Objetivos específicos	4
------------------------------------	---

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

1.7. Antecedentes de la investigación	5
1.7.1. Antecedentes Internacionales	5
1.7.2. Antecedentes Nacionales	6
1.8. Bases conceptuales	7
1.8.1. Pavimentos flexibles	7
1.8.2. Pavimentos Rígidos	10
1.8.3. Métodos empíricos de diseño de pavimentos	11
1.8.4. Estudios preliminares del diseño	16
1.8.5. Elementos estructurales de un pavimento	24
1.8.6. Controles de calidad en bases granulares	30
1.8.7. Controles de calidad en pavimentos	35
1.9. Definición de términos	37
1.10. Formulación de Hipótesis	41
1.10.1. Hipótesis general	41
1.10.2. Hipótesis específicas	41
1.11. Variables	41
1.11.1. Definición conceptual de las variables	41
1.11.2. Definición operacional de las variables	42
1.12. Definición Operacional de variables	43

CAPÍTULO III:

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

1.13. Método de la Investigación	44
1.14. Tipo de Investigación	44

1.15.	Nivel de la Investigación	44
1.16.	Diseño de la Investigación	44
1.17.	Población, muestra	45
1.17.1.	Población.....	45
1.17.2.	Muestra	45
1.18.	Técnicas e instrumentos de investigación	46
1.18.1.	Fichas de Campo	46
1.18.2.	Técnicas de recolección de datos.....	47
1.19.	Técnicas y análisis de datos	49
1.19.1.	Controles en el proceso constructivo	49
1.19.2.	Imprimación asfáltica.....	50
1.19.3.	Colocación de la carpeta asfáltica	51

CAPITULO IV:

RESULTADOS

1.20.	Criterios para la aplicación de la metodología AASHTO 93	54
1.20.1.	Estudios de Tráfico.....	54
1.20.2.	Diseño del pavimento flexible	56
1.20.3.	Determinación de espesores por capas.....	62
1.20.4.	Análisis del diseño final con sistema multicapa.....	65
1.20.5.	Desarrollo Del Diseño del pavimento flexible:.....	67
1.20.6.	Parámetros de diseño.....	68
1.20.7.	Cálculo del número estructural según la metodología AASHTO	73
1.21.	Criterios para la aplicación de la metodología SHELL.....	74
1.21.1.	Parámetros para la aplicación de la metodología SHELL	77
1.21.2.	Cálculo de espesores según la metodología SHELL	80

**CAPITULO IV:
DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

1.22.	Discusión de resultados con antecedentes Internacionales	86
1.23.	Discusión de resultados con antecedentes Nacionales	86
	CONCLUSIONES	88
	RECOMENDACIONES	89
	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	90
	ANEXO N°01	
	ANEXO N°02	
	ANEXO N°03	

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1. Los valores de esfuerzo en la muestra patrón.....	19
Tabla 2. La clasificación y usos del suelo de acuerdo a los valores de CBR.....	19
Tabla 3. <i>EALF para pavimentos flexibles</i>	22
Tabla 4. <i>EALF para pavimentos flexibles</i>	23
Tabla 5. Los coeficientes estructurales de cada una de las capas del pavimento flexible según el CBR.....	24
Tabla 6. Los coeficientes de drenaje de las capas del pavimento rígido.	24
Tabla 7: Calidad de la subrasante.	25
Tabla 8: Categoría de subrasante.	25
Tabla 9: Requisitos de calidad de la subbase.....	27
Tabla 10: <i>Especificación granulométrica para base granular</i>	28
Tabla 11: <i>Características del agregado grueso para base granular</i>	29
Tabla 12: Ventajas y limitaciones del pavimento rígido.....	30
Tabla 13: Especificaciones del ensayo Proctor Estándar (ASTM D698-00).	33
Tabla 14: Ensayo Proctor modificado.	34
Tabla 15. <i>Requerimientos sobre el agregado grueso en el material granular</i>	49
Tabla 16. <i>Requerimientos sobre el agregado grueso en el material granular</i>	49
Tabla 17. Peso de vehículos por clasificación.....	55
Tabla 18. Tipo de vía y periodo de diseño	56
Tabla 19. Factores de conversión de temperatura	78
Tabla 20. Resumen de alternativas de diseño metodología Shell	81
Tabla 21. Espesor de pavimento flexible según la metodología Shell	81

Tabla 22. Tramo de prueba utilizando la Viga Benkelman (MTC E 1002).....	83
Tabla 23. <i>Análisis de la deflexión del tramo de prueba</i>	84

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Colocación de la base granular	47
Fotografía 2. Superficie de la base granular compactada para sacar pruebas de densidad de campo.	48
Fotografía 3. Medición de la densidad de campo o el grado de compactación de la base granular.	48
Fotografía 4. Prueba de densidad de campo	50
Fotografía 5. Imprimación asfáltica con emulsión.....	51
Fotografía 6. Carpeta asfáltica elaborada con diferentes métodos	52
Fotografía 7. Carpeta asfáltica elaborada para ensayo de deflexión	53
Fotografía 8. Tramo de prueba según la metodología AASHTO	74
Fotografía 9. Tramo de prueba elaborado con metodología Shell	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Capas que conforman el pavimento flexible	7
Figura 2. Los tipos de superficie de rodadura en pavimentos flexibles	10
Figura 3. Capas que conforman el pavimento rígido	11
Figura 4. El procedimiento de los diseños mediante el Método de AASHTO 1993 ..	12
Figura 5. La estructura del pavimento flexible	13
Figura 6. Correlación entre la clasificación y propiedades de los suelos con el Modulo de Resiliente	18
Figura 7: Vista en planta del molde usando el ensayo proctor estándar (ASTM D 698-00).....	30
Figura 8: Dimensiones en milímetros del molde usando para el ensayo Proctor estándar (ASTM D 698-00).	31
Figura 9: Martillo utilizado para el ensayo de Proctor.	32
Figura 10: Determinación de flujo para dos tipos de fallas en la muestra.	36
Figura 11: Viga Benkelman.	37
Figura 12. Emulsiones y su tipo de rotura para utilización de imprimación asfáltica	50
Figura 13. Requisitos del agregado grueso	51
Figura 14. Requisitos del agregado fino	52
Figura 15. Gradaciones por carpeta asfáltica	52
Figura 16. Factor de distribución por carril.....	58
Figura 17. Periodos de diseño en función del tipo de carretera.	59
Figura 18. Valores de “R” de confiabilidad, con diferentes clasificaciones funcionales.	59
Figura 19. Constantes por carpeta asfáltica	63

Figura 20. Capacidad del drenaje para remover la humedad.	63
Figura 21. Valores para los coeficientes estructurales en cada capa de bases y subbases.....	64
Figura 22. Espesores mínimos según los ejes equivalentes.....	64
Figura 23. Recomendaciones del AASHTO.....	65
Figura 24. Diseño de paquete estructural	65
Figura 25. Cálculo del Número Estructural	66
Figura 26. Cálculo del Número estructural según la metodología AASHTO	73
Figura 27. Curva que satisface el criterio de deformación por tracción	76
Figura 28. Curva que satisface el criterio de deformación por vertical	76
Figura 29. Envoltente que satisface simultáneamente la deformación vertical y horizontal	77
Figura 30. Chart HN 49	80
Figura 31. Cuenco de deflexiones	84

RESUMEN

La tesis titulada: “Método AASHTO y método Shell en el diseño de espesores para pavimentos flexibles, Huancayo - Junín”, partió del problema: ¿De qué manera influye el método AASHTO y el método SHELL en el diseño de espesores para pavimentos flexibles, Huancayo - Junín?, cuyo objetivo general fue Determinar de qué manera influye el método AASHTO y el método SHELL en el diseño de espesores para pavimentos flexibles, Huancayo – Junín, la hipótesis general que se verificó fue: Se determina que el método AASHTO y el método SHELL influyen significativamente en el diseño de espesores para pavimentos flexibles, Huancayo - Junín. Se utilizó un método Científico, de tipo de investigación Aplicada, de nivel Explicativo y de diseño de la investigación Experimental. Obteniendo resultados los cuales fueron llevados al tramo experimental y fueron analizados mediante la condición estructural evaluada en el pavimento flexible.

Palabras claves: Método, espesores, pavimento flexible, diseño.

ABSTRACT

The thesis entitled: "AASHTO method and Shell method in the design of thicknesses for flexible pavements, Huancayo - Junín", started from the problem: How does the AASHTO method and the SHELL method influence the design of thicknesses for flexible pavements, Huancayo - Junín ?, whose general objective was to determine how the AASHTO method and the SHELL method influence the design of thicknesses for flexible pavements, Huancayo - Junín, the general hypothesis that was verified was: It is determined that the AASHTO method and the method SHELL significantly influence the design of thicknesses for flexible pavements, Huancayo - Junín. A Scientific method, applied research type, Explanatory level and Experimental research design was used. Obtaining results which were taken to the experimental section and were analyzed through the structural condition evaluated in the flexible pavement.

Keywords: Method, thicknesses, flexible pavement, design

INTRODUCCIÓN

La presente ha sido desarrollada en los años 2019-2021 lo cual ha llevado a poder proponer un método de diseño de pavimentos flexibles que sea más eficiente para las características de nuestra zona siendo así la presente investigación hace énfasis al diseño de espesores de pavimento convencional y la aplicación de un nuevo método.

Durante mi estadía universitaria presente una afinidad por la especialidad de ingeniería de transportes en mi alma mater la Universidad Peruana Los Andes es por ello la realización de mi investigación en esta especialidad la cual ha sido desarrollada en 5 capítulos detallados de la siguiente manera :

EL CAPÍTULO I: Planteamiento del Problema

En este capítulo se plantea la problemática a investigar, el problema general, los problemas específicos, los objetivos específicos y el objetivo principal poniendo de conocimiento las delimitaciones y limitaciones que se presentaron en todo el proceso de desarrollo de esta investigación.

EL CAPÍTULO II: Marco Teórico

Este capítulo se especifica los antecedentes internacionales, antecedentes nacionales y el marco conceptual .

EL CAPÍTULO III: Metodología de la investigación

Este capítulo se detalla la metodología de la investigación aplicada en el desarrollo de esta investigación.

EL CAPÍTULO IV: Análisis de datos e Interpretación de Resultados

Este capítulo realiza los datos analizados en la presente investigación y también se da de conocimiento los resultados sobre los parámetros establecidos.

EL CAPÍTULO V: Discusión de Resultados

En este capítulo se realiza una comparación con investigaciones nacionales e internacionales.

Bach. Acevedo Zarate, Lisbeth Kelly

CAPÍTULO I:

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad Problemática

A lo largo del tiempo varios métodos se han empleado para la determinación de los espesores de las capas superpuestas de diferentes materiales y compactada en forma adecuada para pavimentos flexibles, con la finalidad de cumplir su funcionalidad; es así que el método SHELL determina el tránsito a través del número acumulado de los ejes equivalentes aplicándose por medio de sistemas de ruedas dobles con un área de contacto circular de igual manera determinara la temperatura, las propiedades de la sub rasante, sub base y base y por ultimo las características de la mezcla asfáltica. En el método AASHTO 93 determina la capacidad relativa de una unidad de espesor de una determinada capa para la funcionalidad como componente estructural del pavimento, es así que los coeficientes estructurales dependen mucho de la resistencia del material (CBR, modulo, etc), calidad de la construcción, estados de esfuerzos y relacionada a la mezcla asfáltica, haciendo asi un estudio del paquete estructural del pavimento .

La mecánica de los pavimentos es una parte del análisis estructural en donde el método SHELL abarca más a diferencia del método AASHTO 93. En muchos países de norte américa y Sudamérica como Colombia están estudiando a fondo estos métodos y analizando cómo se comporta la mecánica de pavimentos con cada método y nuestro Perú no es ajeno a todos estos avances que se están dando y es por ello que analizaremos la mecánica de pavimentos con cada método con la finalidad de lograr pavimentos flexibles que, si cumplan su funcionalidad, serviciabilidad, vida útil.

Ante este contexto en el marco aplicativo y normativo, el presente autor del plan de tesis de investigación aborda las variables: Método AASHTO y Método Shell, Asimismo, espesores para pavimento flexible, que al operacionalizar y correlacionar respectivamente en la unidad de análisis nos darán una nueva perspectiva en las ciencias de la ingeniería Civil cuales serán un aporte para la provincia de Huancayo .

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿De qué manera influye el método AASHTO y el método SHELL en el diseño de espesores para pavimentos flexibles, Huancayo - Junín?

1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿Cómo es el comportamiento del esfuerzo en el diseño de espesores por el método AASHTO y método SHELL para pavimento flexible, Huancayo - Junín?
- b) ¿Cómo es el comportamiento de la deformación en el diseño de espesores por el método AASHTO y método SHELL para pavimento flexible, Huancayo – Junín?
- c) ¿Cuáles son las consideraciones para el diseño de espesores por el método AASHTO y método SHELL para pavimento flexible, Huancayo - Junín?

1.3. Justificación de la investigación

1.3.1. Justificación practica

El aspecto práctico corresponde si la investigación resolverá un problema real y de ser el caso tenga relación con otros problemas prácticos (Hernández, Fernández, & Lucio, 2006) .

De acuerdo a lo descrito se establece que la investigación contribuirá a resolver un problema real al determinar los espesores para pavimento flexible con los métodos AASHTO y SHELL con la finalidad de determinar los esfuerzos, deformaciones, desgaste y resistencia del pavimento flexible .

1.3.2. Justificación científica

La justificación de la investigación recae en proponer una alternativa al determinar los espesores para pavimento flexible con los métodos AASHTO y SHELL con la finalidad de determinar los esfuerzos, deformaciones, desgaste y resistencia del pavimento flexible, Huancayo – Junín .

1.3.3. Justificación metodológica

La investigación contribuirá al conocimiento al determinarse los espesores para pavimento flexible con los métodos AASHTO y SHELL con la finalidad de determinar los esfuerzos, deformaciones, desgaste y resistencia del pavimento flexible, la determinación de los espesores del pavimento y al realizar el modelo estructural tendrá una aplicación menor en su costo de aplicación, pudiendo lograrse así una investigación análoga y con aplicaciones en las diferentes carreteras pavimentadas .

1.4. Delimitación de la investigación

1.4.1. Delimitación Espacial

La delimitación espacial de presente investigación es para la ciudad de Huancayo con una densidad vehicular media para los análisis respectivos con una preyección de diseño de 20 años.

1.4.2. Delimitación Temporal

La delimitación temporal de esta investigación fue desarrollada en los 2019-2020 para lo cual se ha desarrollado un tiempo de 15 meses .

1.5. Limitaciones

1.5.1. Limitación de espacio

La limitación de espacio es definida para la ciudad de Huancayo ubicada a una latitud promedio de 3249 m.s.n.m y presenta unas coordenadas 12°04'00" S y de coordenadas 75°13'00" .

1.5.2. Limitación de tiempo

La investigación tuvo una limitación de tiempo de 15 meses desde la obtención de datos, procesamiento de la información hasta la elaboración del primer ejemplar.

1.6. Objetivos de la investigación

1.6.1. Objetivo general

Determinar de qué manera influye el método AASHTO y el método SHELL en el diseño de espesores para pavimentos flexibles, Huancayo - Junín.

1.6.2. Objetivos específicos

- a) Evaluar como es el comportamiento del esfuerzo en el diseño de espesores por el método AASHTO y el método SHELL para pavimentos flexibles, Huancayo – Junín .
- b) Evaluar como es el comportamiento de la deformación en el diseño de espesores por el método AASHTO y el método SHELL para pavimentos flexibles, Huancayo – Junín .
- c) Determinar cuáles son las consideraciones para el diseño de espesores por el método AASHTO y método SHELL para pavimento flexible, Huancayo – Junín .

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

1.7. Antecedentes de la investigación

1.7.1. Antecedentes Internacionales

Según (Fontalba Gallardo, 2018), en la tesis para optar el Título profesional de Ingeniero Civil presento la tesis **Titulado:** *Diseño de un pavimento alternativo para la avenida circunvalación sector Guacamayo 1° Etapa*, en el cual fijó como **objetivo general:** Proyectar la construcción de un pavimento flexible en la Av. Circunvalación del sector de Guacamayo Primera Etapa en función a su solicitud vehicular, empleando una **metodología** aplicada con un método científico, tipo aplicada de nivel explicativo y un diseño experimental, teniendo como **resultado:** Ambos métodos de diseño son válidos y representan una alternativa variable para la solicitud de caminos nuevos, **concluyendo:** Los métodos usados son aplicables a la realidad requerida por la densidad vehicular solicitada ya que a la aplicación de AASHTO 93 y el diseño Dispav – 5 .

Según (Castillo Rivera , 2018), en la Tesis para optar el Título profesional de Ingeniero Civil presento la tesis **Titulado:** *Revisión de los métodos de diseño de pavimentos flexibles “AASHTO 93” y el “Modelo Elástico Lineal (Kenlayer)”, mediante el modelo viscoelástico propuesto por la ME PDG NCHRP 1-37ª (3D-MOVE)*, en el cual fijó como **objetivo general:** Realizar los métodos tradicionales aplicando el AASHTO93 y el modelo elástico lineal (Kenlayer). Aplicando una **metodología** aplicada con un método científico, tipo aplicada de nivel explicativo y un diseño experimental, Obteniendo los **resultados:** Los comportamientos de los esfuerzos va aumentando en relación del espesor de la carpeta y finalmente **concluyo:** La evaluación de los diferentes modelos de transferencia y va aumentando en correlación al tráfico evaluado .

Según (Cedeño Cevallos , 2017), en la Tesis para optar el Título profesional de Ingeniero Civil presento la tesis **Titulado:** *Propuesta de metodología complementaria a los diseños de pavimentos según AASHTO 93*, en el cual fijó como **objetivo general:** Elaborar una aplicación que pueda permitir un rápido diseño y un mejor análisis sobre la estructura de un pavimento. Aplicando una **metodología** aplicada

con un método científico, tipo aplicada de nivel explicativo y un diseño experimental, Obteniendo los **resultados**: Los métodos están relacionados a la temperatura de la ciudad de Guayaquil y finalmente **concluyo**: Este método permite al diseñador tener alternativas sobre los comportamientos de las variables.

1.7.2. Antecedentes Nacionales

Según (Irigoin Quesquén, 2018), en la tesis para optar el Título profesional de Ingeniero Civil presento la tesis **Titulado**: *Comparación entre los métodos AASHTO 93 e Instituto del asfalto para optimizar el diseño del pavimento flexible en el AH San Lorenzo – José Leonardo Ortiz – Chiclayo – Perú*, en el cual fijó como **objetivo general**: Realizar un análisis comparativo entre los métodos AASHTO 93 y el método del Instituto de asfalto para poder optimizar un pavimento flexible, empleando una **metodología** aplicada con un método científico, tipo aplicada de nivel explicativo y un diseño experimental, teniendo como **resultado**: Se aumento en un 27.28% en relación al valor obtenido por el AASHTO 93, **concluyendo**: El costo de una via construida con el método del AASHTO 93 es mucho más económico que el método del instituto de asfalto en un 8.22% de diferencia .

Según (Aliaga Arqui, 2017), en la Tesis para optar el Título profesional de Ingeniero Civil presento la tesis **Titulado**: *Análisis comparativo del material para base y sub base de las canteras Umuto y Sicaya en pavimento flexible de subrasante de CBR menor al 10% Huancayo 2017*, en el cual fijó como **objetivo general**: Analizar los resultados de los materiales para base y subbase en las canteras de Umuto y Sicaya. Aplicando una **metodología** aplicada con un método científico, tipo aplicada de nivel explicativo y un diseño experimental, Obteniendo los **resultados**: Los materiales cumplen con la normativa CE.010 y finalmente **concluyo**: La cantera de Umuto cumple con los requisitos aplicados como subbase alcanzando un 74.90% del valor del CBR .

Según (Escobar Bellido & Huincho Ochoa, 2017), en la Tesis para optar el Título profesional de Ingeniero Civil presento la tesis **Titulado**: *Diseño de pavimento flexible, bajo influencia de parámetros de diseño debido al deterioro del pavimento en Santa Rosa – Sachapite, Huancavelica – 2017*, en el cual fijó como **objetivo general**: Determinar cómo interviene los parámetros de diseño de un pavimento flexible

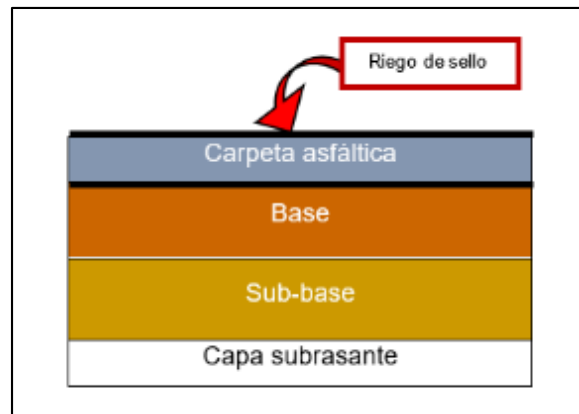
mediante el método de falla. Aplicando una **metodología** aplicada con un método científico, tipo aplicada de nivel explicativo y un diseño experimental, Obteniendo los **resultados**: El espesor de carpeta asfáltica calculada es de 4" para un tráfico de consideraciones pesadas y finalmente **concluyo**: El CBR del suelo influye directamente en el espesor de la carpeta asfáltica .

1.8. Bases conceptuales

1.8.1. Pavimentos flexibles

De acuerdo con (Olivera Bustamante, 2009) dice que la parte superficial de rodadura esta adecuado por una carpeta asfáltica, el peso de vehículos se reparte por medio del rozamiento y adhesión entre las partículas, mientras eso sucede lo que ocurre con la carpeta asfáltica en la parte interna son pliegues reducidos, pero sin que se pueda quebrar.

Figura 1. Capas que conforman el pavimento flexible



Fuente: elaboración propia

1.8.1.1. Elementos del pavimento flexible

A. Sub-rasante

Como afirma (Iturbide Consultor, 2002) la sub-rasante es la capa que tolera el peso de una estructura de pavimento, esta dicha capa se formara gracias al corte o relleno, después de estar bien consistente debe cumplir con las pendientes bien detalladas y las secciones transversales bien precisas como nos mencionan en los planos finales. Para poder determinar el espesor del pavimento se debe tener en cuenta de cómo está formado la sub-rasante por tal motivo que esta debe obedecer los siguientes requisitos (pág. 94):

- i. Resistencia
- ii. Contracción
- iii. Inmunidad a la expansión
- iv. Contracción por efecto de humedad

a) Materiales

De acuerdo con (Iturbide Consultor, 2002) nos dice que el material que debe contener la sub-rasante no debe contener materia orgánica por lo contrario si eso pasa el material debe ser cambiado por otro más adecuado.

b) Compactación

materia orgánica por lo contrario si eso pasa el material debe ser cambiado por otro más adecuado.

c) Compactación

Para que el material que conformara la capa de sub-rasante esta debe estar bien mezclada, homogenizada y bien conformada hasta poder alcanzar una densidad máxima según AASHTO T-180. (Iturbide Consultor, 2002)

B. Sub-base

Tal como menciona (Iturbide Consultor, 2002) la sub base tiene la función de aguantar, emitir y repartir las cargas uniformemente hacia la superficie de rodadura, para que la capa de sub-rasante pueda tolerar atrayendo cada una de las variaciones connaturales que puedan alterar a la sub base. Una de las

características de la sub-base es de poder dominar la elasticidad y el volumen que afectaran al pavimento.

Como indica (Garcia Vargas, Gutierrez Romero, & Hernandez Soriano, 2014) la sub-rasante puede ser sustituido por métodos de mejora como: Geo-textil, estabilización con cal, asfalto o cemento hidráulico.

d) Materiales

La sub-base deberá estar conformado por un material que haya sido seleccionado deberá tener un buen valor de soporte (CBR) a diferencia de la sub-rasante, el espesor variara por tramos y eso dependerá cada una de las características y condiciones del material que conformara la sub-rasante. (pág. 96)

e) Compactación

El espesor de la base deberá no ser mayor de 20 cm y será esparcido en capas, el material deberá estar homogenizado y compactado con la ayuda de una cierta cantidad de agua para obtener una buena consistencia hasta lograr alcanzar la densidad máxima según el método AASHTO T-180. (pág. 96)

C. Base granular

Según (Iturbide Consultor, 2002) la función de la base es de poder repartir y emitir las cargas de los vehículos hacia la sub-base y después a la sub-rasante, encima de la base es donde se acomoda la capa de rodadura; el material granular está compuesto por piedra triturada de una mejor calidad combinada con material de relleno o también se puede mezclar con piedra o grava con arena en su estado natural, antes de ser utilizados los materiales se deberá clasificar para formar una base en la estructura del pavimento. (pág. 98)

Como manifiesta (Garcia Vargas, Gutierrez Romero, & Hernandez Soriano, 2014) existen una variedad de mezclas para material de base:

f) Bases granulares

Se conforman con los materiales granulares.

g) Bases granulares estabilizados

Es la combinación de material pétreo con una sustancia (aglomerante) con el fin de poder ganar más resistencia.

h) Bases bituminosas

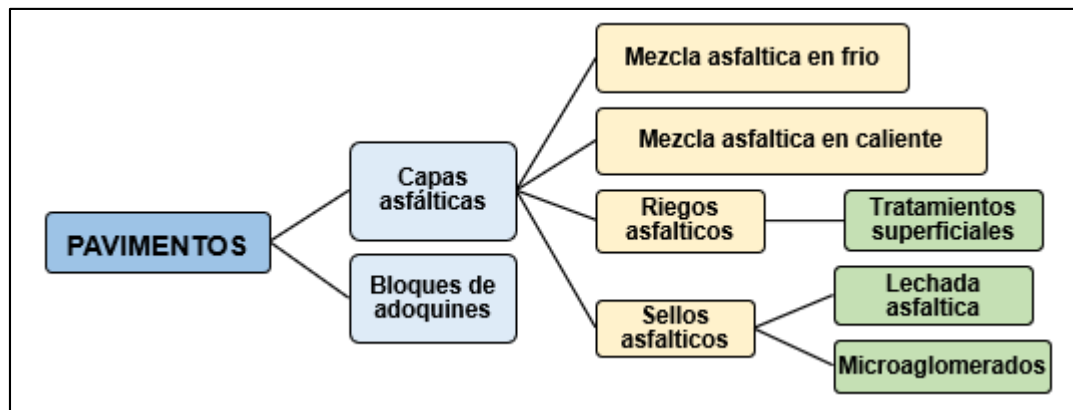
Se componen con mezclas de materiales bituminosos en frío o caliente con menores cantidades a diferencia de las que se utiliza en las capas de los pavimentos. (García Vargas, Gutiérrez Romero, & Hernández Soriano)

D. Superficie de rodadura

Como señala (Iturbide Consultor, 2002) la superficie de rodadura se sitúa sobre la base, su finalidad es de cuidar toda la estructura del pavimento, impermeabilizando la superficie previniendo la filtración de agua que cae de la lluvia y eso podría ocasionar que las capas se saturen (pág. 104)

La superficie de rodadura se divide en:

Figura 2. Los tipos de superficie de rodadura en pavimentos flexibles



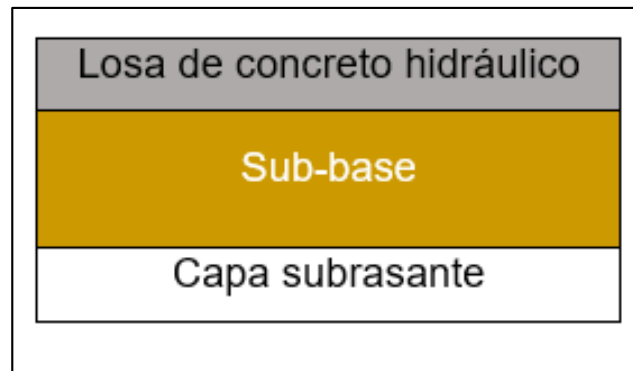
Fuente: elaboración propia

1.8.2. Pavimentos Rígidos

Tal como dice (Olivera Bustamante, 2009) en el caso del pavimento rígido, la parcela de rodamiento se adecua por la estructura de losa de concreto hidráulico por medio de estas el peso de los vehículos se transmite por toda la superficie hacia las capas inferiores. A diferencia del pavimento flexible, el pavimento rígido no sufre deformaciones en sus capas inferiores hasta que el pavimento no sufra alguna deficiencia. Aunque a veces se dice que el concreto hidráulico se puede ubicarse

directamente lo mejor es antes de ubicarlo, construir una capa se será como una sub-base para poder prevenir que las partículas finas sean dirigidas.

Figura 3. Capas que conforman el pavimento rígido



Fuente: elaboración propia

1.8.3. Métodos empíricos de diseño de pavimentos

1.8.3.1. Método AASHTTO 93 (Asociación de Autoridades Estatales de Carreteras y Transporte)

A. La evolución del método AASHTTO

a) Descripción general

Como señala (Garcia Vargas, Gutierrez Romero, & Hernandez Soriano, 2014), en la antigüedad no existían métodos de diseño para pavimento sino por lo contrario los ingenieros se basaban en su experiencia algunas veces se obtenía buenos resultados y las otras veces no porque los suelos no eran del mismo tipo, el tráfico no era el mismo y el clima variaba por todo eso no se podía asegurar que se podía obtener un diseño 100% confiable.

Cada uno de los métodos (AASHTO) se realizaron a base de investigación, practicas conjuntamente con los resultados conclusiones que se obtuvieron se realizaron en la (AASHO) “Asociación Americana de Autoridades Estatales de Carreteras” en Estados Unidos de América, el método se convirtió en el punto de inicio para la práctica del diseño donde empezaron a surgir ecuaciones empíricas. (pág. 30)

Con el pasar del tiempo (Garcia Vargas, Gutierrez Romero, & Hernandez Soriano)nos dice que hubo un cambio en las velocidades y cantidades de

vehículos por ello surgió la necesidad de realizar un enfoque de diseño que se ejecutó durante los años 90.

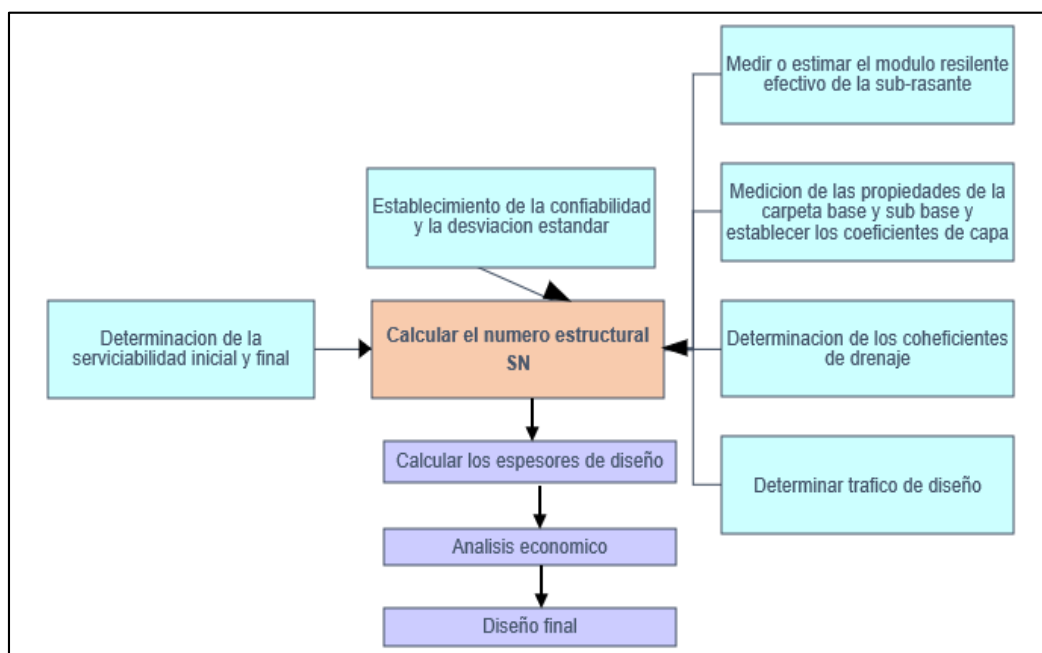
Según el método AASHTO 93 nos dice que el servicio que nos da un pavimento recién elaborado nos brindara un buen servicio de tal manera que según pasa el tiempo el servicio bajara conforme a las repeticiones de carga vehicular. (pág. 33)

b) Procedimiento de diseño

Como plantea (Menendez Acurio, 2010), el fin de realizar el diseño es de establecer los espesores que se utilizará para las capas del pavimento que se denominará como D1, D2 Y D3; deduciendo que el pavimento se compondrá de la superficie, base y sub-base. Los pasos que se deberán seguir son los siguientes:

- i. (w_{18}) el calculo des tráfico para realizar el periodo del diseño.
- ii. (S_o) se determinará la desviación estándar y "R" confiabilidad.
- iii. (M_r) se establecerán el módulo de resiliencia efectivo.
- iv. Se hallará la perdida de serciviabilidad.
- v. (SN) se consigue el número estructural.
- vi. Fijar los espesores que puedan satisfacer el número estructural. (pág. 84)

Figura 4. El procedimiento de los diseños mediante el Método de AASHTO 1993

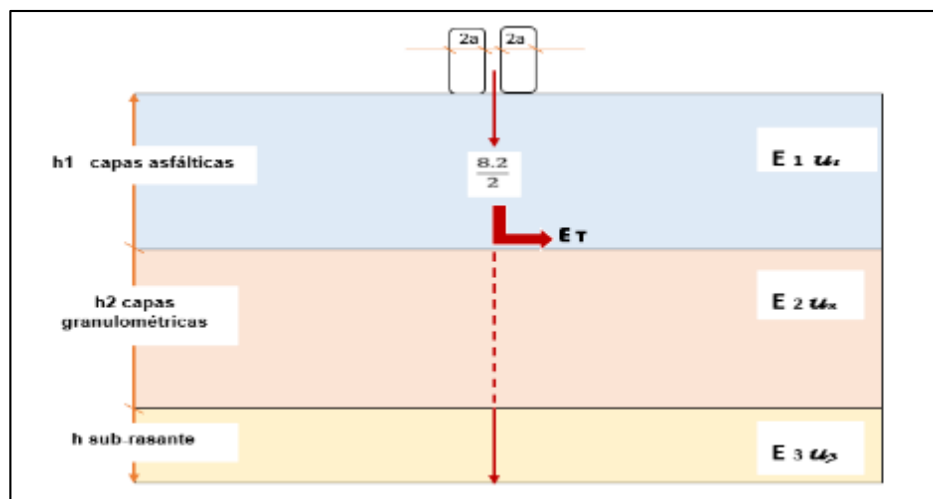


Fuente: (Menendez Acurio, 2010)

1.8.3.2. Método Shell

Desde su posición (Montejo Fonseca, 2002) nos afirma que la estructura del pavimento está conformada por un sistema de multicapas donde los materiales se caracterizan por el módulo de Young y su relación de Poisson. los términos que se utiliza para la expresión del tránsito son en ejes simples equivalentes de 8.2 ton que se harán uso por el sistema de rueda doble con un diámetro de 210mm y un contacto de área circular .

Figura 5. La estructura del pavimento flexible



Fuente: ("Ingeniería de Pavimentos: Fundamentos, estudios básicos y diseño", 2002)

Según el método nos menciona que existen dos motivos por el cual podría fallar el pavimento y ellas son:

- a. Pueden ocasionar algunas deformaciones horizontales por medio de tracción en el interior de las capas asfálticas causa de la flexión que sucede por el peso, por lo tanto, se ocasionara algunas fallas en las capas.
- b. También hay posibilidades que exista deformaciones verticales a causa de la compresión en la sub-rasante y eso ocasiona que puede haber deformaciones permanentes. (pág. 360):

Se presume que el proceso del diseño básico del pavimento se refiere a una estructura que tiene 3 capas como se puede observar anteriormente donde (pág. 360):

I. Capa inferior

Se puede decir que es una capa infinita en el sentido vertical (sub-rasante).

II. Capa intermedia

Es representada por materiales granulares de base y sub-base (capas ligadas con cemento, cal o escorias)

III. Capa superior

Son todas las capas del pavimento que se encuentra sujetas al asfalto.
(pág. 361)

B. Parámetros de diseño

Según (Montejo Fonseca, 2002) los elementos que se debe evaluar para el diseño son las siguientes (pág. 364):

a) Transito

(Montejo Fonseca, pág. 364), para obtener el dato de tránsito según el método Shell se tiene que utilizar el numero acumulado de los ejes equivalentes de 8.2 ton que se supone que circulen sobre el pavimento durante su proceso de diseño .

La sección de suelos y Pavimentos del Manual de Carreteras emplea para determinar el número de repeticiones de ejes equivalentes de 8.2 toneladas en el proceso de diseño emplea las siguientes formulas (pág. 364):

$$N_{rep\ de\ EE_{8.2tn}} = \sum EE_{dia-carril} * F_{ca} * 365$$

$$EE_{dia-carril} = IMD_{pi} * F_d * F_c * F_{vpi} * F_{PI}$$

Donde:

$N_{rep\ de\ EE_{8.2tn}}$ es el número de repeticiones de 8.2 toneladas

$EE_{dia-carril}$ son los ejes equivalentes por cada tipo de vehículo pesado, por día para el carril de diseño

IMD_{pi} corresponde al índice medio diario según tipo de vehículo pesado seleccionado

F_d es el factor direccional

F_c es el factor carril de diseño

F_{vpi} es el factor vehículo pesado del tipo seleccionado, calculado según su composición de ejes

Fca es factor de crecimiento acumulado por tipo de vehículo pesado”

365 es número de días del año

b) Temperatura

La temperatura influirá en las propiedades de cada una de las capas asfálticas gracias a la susceptibilidad térmica del asfalto; la combinación asfáltica tiene un comportamiento muy diferente en un clima frío que en un clima caliente . (pág. 365)

c) Propiedades de la sub-rasante, sub-base y base

Lo que se requiere en el método sobre la sub-rasante es saber el módulo dinámico de elasticidad que es igual al módulo de resiliencia, dicho modulo se determinará con ensayos triaxiales hechos en laboratorio; caso contrario de no contar con los materiales para realizar los ensayos se podrá realizar ensayos tradicionales de resistencia para poder hallar indirecta el módulo dinámico, el CBR es el ensayo más conocido en y con las siguientes formulas podremos hallar el módulo dinámico.

$$MR = 10^7 * CBR N/m^2$$

$$MR = 100 * CBR kg/cm^2$$

En el método Shell se realiza lo mismo que se desarrolla en la sub-rasante para hallar el módulo resiliente en la base y sub-base (pág. 366)

d) Características de la mezcla asfáltica

El método Shell nos menciona dos propiedades importantes en las mezclas asfálticas:

- a. El módulo de elasticidad a reducidos tiempos de utilización de la carga .

b. Falla (agrietamiento) por su flexión reiterada bajo el efecto de las cargas .

Según la relación de Stiffness nos mencionan dos clases de combinaciones (pág. 366):

- I. **S1**=mezclas a base de cementos asfálticos donde la rigidez es mayor cuenta con contenidos comunes de vacíos con aire, asfalto y agregados
- II. **S2**=son lo contrario del S1 ya que la rigidez es menor, las mezclas poseen un alto contenido de vacíos con un bajo contenido de asfalto”
- III. De acuerdo a la fatiga también existen dos tipos de combinaciones (pág. 366)”
- IV. **F1**=se refiere que poseen una alta resistencia y cantidades moderadas de vacíos de asfalto y aire
- V. **F2**=se refiere a que posee una resistencia baja con altos volúmenes de vacíos de aire
- VI. Existen dos clases de cementos asfálticos para realizar la elaboración de las mezclas
- VII. Penetración 50(1/10mm) se utiliza en temperaturas cálidas
- VIII. Penetración 100(1/100) se utiliza en temperaturas frías

1.8.4. Estudios preliminares del diseño

1.8.4.1. CBR (California Bearing Ratio)

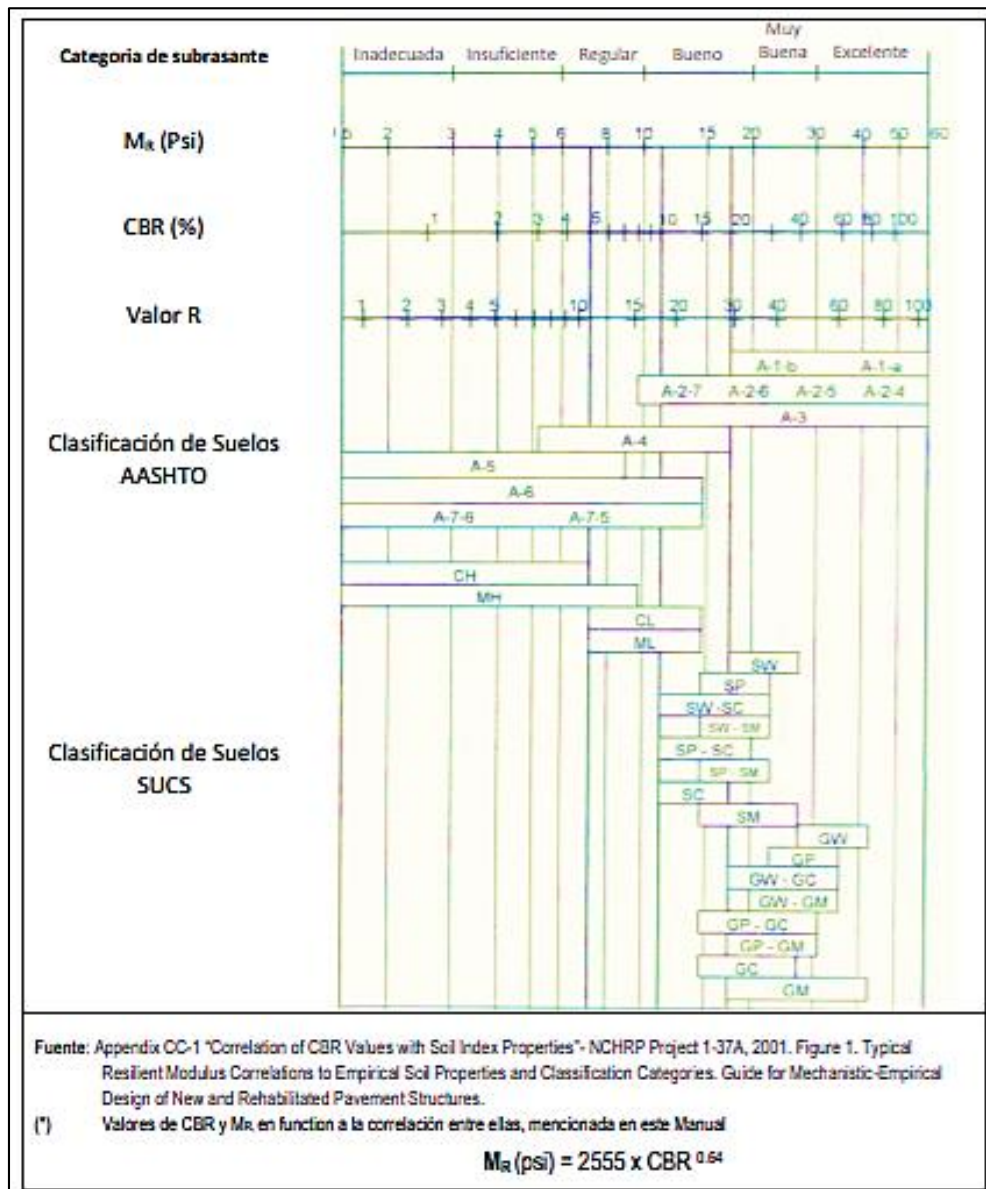
Como se menciona en el (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2014) después que se haya hecho la clasificación de los suelos, se realizará el perfil estratigráfico según cada tramo y después de ellos se hará el ensayo de CBR (valor de soporte del suelo o la resistencia) que se refiere al 95% de la Máxima Densidad Seca y una penetración de carga 0.254 cm.

Algunas condiciones que se debe cumplir para determinar el resultado de CBR (pág. 37):

- I. Cuando exista de 6 a más valores de CBR por la clase de suelo se realizará el ensayo de CBR de la sub-rasante, pero tomando el dato del promedio de todos los valores que fueron obtenidos.

- II. Pero cuando exista menos de 6 valores de CBR, se hallará el CBR de la sub-rasante según algunos criterios:
 - a. Cuando los valores no varían mucho se deberá tomar el promedio.
 - b. Si los valores no son semejantes se tomará el valor más crítico o de lo contrario se deberá dividir entre valores similares y de la misma forma tomar el valor promedio. Se debe tener cuidado ya que los subsectores no deben ser menos de 100m.
- III. Se considera valores semejantes si se encuentran en una determinada categoría y eso se mostrara en la tabla de categorías de Sub-rasante:
 - c. Después de determinar el valor de CBR se hará la clasificación a que categoría de la sub-rasante corresponde.

Figura 6. Correlación entre la clasificación y propiedades de los suelos con el Módulo de Resiliente



Fuente: (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2014, pág. 38)

1.8.4.2. Ensayo de CBR

(Monsalve Escobar, Giraldo Vasquez, & Maya Gaviria, 2012) nos dice, el objetivo del ensayo es poder hallar la capacidad de soporte de suelos y agregados que se compactaron en el laboratorio, dicho ensayo calcula la Resistencia a corte de algún suelo que se encuentra en estado húmedo y densidad controlada para calcular el porcentaje de soporte.

Para determinar el CBR se deberá efectuar la siguiente fórmula.

$$CBR = \frac{\text{esfuerzo en el suelo ensayado (penetracionx)}}{\text{esfuerzo en la muestra patron (penetracion x)}}$$

En la siguiente tabla se mostrará los esfuerzos para diferentes profundidades, patrón que se ensayo en California en 1929 por Poter O.J.

Tabla 1. Los valores de esfuerzo en la muestra patrón

Penetración del pistón		Esfuerzo	
0.1 pulg	2.5 mm	1000 Lb/Pg2	6.89 Mpa
0.2 pulg	5 mm	1500 Lb/Pg2	10.34 Mpa
0.3 pulg	7.5 mm	1900 Lb/Pg2	13.1 Mpa
0.4 pulg	10 mm	2300 Lb/Pg2	15.86 Mpa
0.5 pulg	12.5 mm	2600 Lb/Pg2	17.93 Mpa

Fuente: (Monsalve Escobar, Giraldo Vasquez, & Maya Gaviria, pág. 42)

Se continúa realizando una grafica entre esfuerzo y penetración del pistón y luego se pasa a calcular el valor de CBR: en el caso de penetración de 0.1 pulg es igual a 2.5mm y en 0.2 es igual a 5mm con las fórmulas que se muestran a continuación. (pág. 42)

$$CBR_{0.1"} = \frac{\sigma_{0.1"}}{1000 \text{ psi}} * 100$$

$$CBR_{0.2"} = \frac{\sigma_{0.2"}}{1500 \text{ psi}} * 100$$

El parámetro de los valores estará entre 0 y 100 mientras mayor resulte el valor, mejor es la capacidad portante del suelo y si se obtiene valores menos de 6 se eliminarán. (pág. 42)

Tabla 2. La clasificación y usos del suelo de acuerdo a los valores de CBR

CBR	2-5	5-8	8-20	20-30	30-60	60-80	80-100
-----	-----	-----	------	-------	-------	-------	--------

Clasificación cualitativa del suelo	Muy mala	Mala	Regular-buena	Excelente	Buena	Buena	Excelente
Uso	Sub-rasante	Sub-rasante	Sub-rasante	Sub-rasante	Sub-base	Base	Base

Fuente: (Monsalve Escobar, Giraldo Vasquez, & Maya Gaviria, pág. 43)

1.8.4.3. Conteo vehicular

(Martinez Rodriguez, 2015) señala que para realizar el conteo vehicular se deberá tener el IMDA del año que se va a trabajar dependiendo de los conteos y encuestas que se realizaron, cuando los conteos son manuales no se realizan de periodos largos como de un mes ya que el tráfico sufre variaciones según pasa el tiempo; después de determinar el volumen promedio de tránsito según e tipo de vehículo, hora y sentido se realizara el cálculo de la variación de hora, se hará la clasificación vehicular, se obtendrá el índice Medio Diario Semanal y por último el Índice Medio Diario Anual. (pág. 67)

$$IMD_A = FC * IMD_S$$

Donde:

IMD_A es volumen clasificado promedio de la semana.

FC es el factor de corrección estacional.

IMD_S es el Índice Medio Diario Anual.

Cabe mencionar que los factores de corrección son los valores que tienen como fin descartar unas variaciones de comportamiento del tránsito. Donde se incluirá todo tipo de acontecimientos donde se realizan eventos nacionales, épocas escolares u otros eventos.

Para determinar los factores de corrección estacional se hallarán con la ayuda de una histórica anual de los 10 años últimos.es mucho mejor tomar los años inmediatos del cual se pudo encontrar información según los Peajes de la Red Vial Nacional. (pág. 68)

A. Objetivo del estudio de tráfico

Según (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2015), el objetivo principal es determinar el (IMD) Índice medio diario en cada uno de los tramos en que se realizara el estudio.

B. Descripción del proceso para realizar el trabajo en campo

El (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2015), nos da a conocer cómo se realiza el conteo vehicular en el campo:

a. 1° Planificación, programación, coordinación y la movilización

Este primer paso consiste en alistar todo lo que se utilizará para desarrollar las actividades en el lugar donde se desarrollará el estudio, la planeación se realiza previa coordinación con Provias (pág. 4).

b. 2° Identificación de las estaciones de conteo

En ese caso se utilizará el diagrama Vial que dispone el MTC (Ministerio de Transporte y Comunicación), también se deberá ver la seguridad de la persona que hará el conteo y darle algunas facilidades para el trabajo (mayormente se realiza en horario de noche) (pág. 4).

c. 3° Selección y capacitación personal

Para la capacitación de las personas que realizaran la activa se hace una capacitación antes de 24 horas, para ellos se hará las siguientes actividades:

d. Reclutamiento del personal

Las personas que se reclutaran para el desarrollo de la actividad deben ser personas que tengan más de 18 años, que haya terminado la secundaria y debería haber realizado trabajos similares y lo más importante que tengue disponibilidad de tiempo e interés en trabajar. (pág. 4).

e. Capacitación del personal

Los participantes deben tener una capacitación de personas que hayan realizado la misma actividad ya sea de forma teórica y práctica para luego realizar una selección de personal. (pág. 4).

f. 4° Captación de la información

Antes de empezar a realizar el conteo vehicular se deberá hacer un reconocimiento del lugar y de las estaciones de conteo. El conteo se debe realizar 3 días en las estaciones de encuesta y 7 días en las estaciones de conteo durante todo el día (24 horas), los días que se efectuará el conteo será todos los días incluyendo sábado y domingo. (pág. 5).

g. 5° Verificación y consistencia de la información recopilada

La comprobación de la actividad se realiza en el campo con el objetivo de verificar la información que se recogió antes de realizar el informe final. (pág. 5).

1.8.4.4. Carga vehicular

A. Factor de carga equivalente

Según el método de AASHTO igualar las cargas que resulten de los ejes que tienen una variedad de magnitudes ya que se necesita estandarizarlo los efectos producidos en la estructura. En la siguiente tabla podremos ver los factores de las cargas equivalentes según el tipo de eje.

Tabla 3. *EALF para pavimentos flexibles*

Tipo de eje	Carga por eje	Carga por eje	EALF
Simple	1 ton	2.2 kips	0.0004
Simple	7 ton	15.4 kips	0.557
Simple	7+7 ton	2(15.4) kips	1.154
Dual	11 ton	24.2 kips	2.691
Tándem	16 ton	35.3 kips	1.285
Tándem	18 ton	39.7 kips	1.929
Trídem	23 ton	50.7 kips	1.327
Trídem	25 ton	55.1 kips	1.782

Fuente: (American Association of State Highway and Transportation Officials –AASHTO , 1986)

Tabla 4. EALF para pavimentos flexibles

Tipo de eje	Carga por eje	Carga por eje	EALF
Simple	1 ton	2.2 kips	0.0004
Simple	7 ton	15.4 kips	0.525
Simple	7+7 ton	2(15.4) kips	1.050
Dual	11 ton	24.2 kips	3.523
Tándem	16 ton	35.3 kips	2.293
Tándem	18 ton	39.7 kips	3.769
Trídem	23 ton	50.7 kips	3.223
Trídem	25 ton	55.1 kips	4.558

Fuente: (American Association of State Highway and Transportation Officials –AASHTO, 1993)

1.8.4.5. Cálculo del número estructural

Con la ayuda del a propuesta de AASHTO se podrá obtener el numero estructural según al coeficiente estructural y de drenaje de cada una de las capas.

Con la siguiente formula hallaremos el numero estructural de un pavimento flexible:

$$SN = a_1xD_1 + a_2xm_2xD_2 + a_3xm_3xD_3$$

Donde:

SN es el numero estructural

a_i es el coeficiente estructural de cada capa

D_i es el espesor de cada capa

m_i es el coeficiente de drenaje de cada capa

A. Número estructura

De acuerdo con (Zelada Rojas, 2019), nos dice que el numero estructural es la máxima capacidad de carga que puede soportar un pavimento dependiendo sus propiedades de cada una de las capas que lo constituye.

B. Coeficientes estructurales

Se dice que el coeficiente estructural se refiere al aporte que se asigna según cada capa dependiendo a la clase de material que se escoge. (Zelada Rojas, 2019).

Con la ayuda de la Guía de AASHTO podremos determinar el coeficiente de cada una de las capas según su CBR, así como se ve en la siguiente tabla. (pág. 38).

Tabla 5. Los coeficientes estructurales de cada una de las capas del pavimento flexible según el CBR

Coeficiente estructural	0.14	0.12	0.4
Tipo de capa	BASE CBR 100%	SUB-BASE CBR 40%	CARPETA ASFALTICA

Fuente: Guía de AASHTO

C. Coeficientes de drenaje

El coeficiente de drenaje se refiere a la capacidad de drenaje de cada material según el porcentaje de tiempo bajo el estado de saturación. Para poder calcular el coeficiente de drenaje del material que se seleccionó se realizara mediante el CBR de dicha capa. (pág. 39)

Tabla 6. Los coeficientes de drenaje de las capas del pavimento rígido.

Coeficiente de drenaje	1 m	1 m
Tipo de capa	SUB-BASE	BASE

Fuente: guía de AASHTO

1.8.5. Elementos estructurales de un pavimento

1.8.5.1. Subrasante

Se define como aquel apoyo normal, específico y condensado por lo que se logra elaborar un pavimento rígido, este tiene como función fundamenta que la subrasante tienda a dar un soporte lógicamente homogéneo sin tener modificaciones bruscas en el valor de resistencia en pocas palabras quiere decir que es la más fundamental con

respecto a la subrasante por lo que ofrece un soporte constante a que obtenga una elevada capacidad de apoyo, es por ello que se logra tener demasiado cuidado con la ampliación de las superficie terrestres. (pág. 30)

Tabla 7: Calidad de la subrasante.

Características	Calidad	
	Deseable	Correcta
Dimensión máxima del árido TMA (mm)	70	70
Porcentaje de finos (material<0.074mm)	25% máximo	35% máximo
Límite líquido (LL%)	30% máximo	40% máximo
Índice plástico (IP %)	10% máximo	20% máximo
Compactación (Prueba Proctor modificada AASHTO T-180)	100% mínimo	100% mínimo
CBR (Valor Relativo de Soporte)	30% mínimo	20% mínimo

Fuente: Zagaceta Iván; Romero, Ramiro. "El pavimento de concreto hidráulico premezclado en la modernización y rehabilitación de la Avenida Arboledas", Pág. 29.

Tabla 8: Categoría de subrasante.

Categorías 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%

Fuente: MTC-2013.

Para (Yela Quijada, 2017) obtener una subrasante correcta se logra considerar algunos pasos, estas son:

- a. Se considera obtener la rasante lo más elevado considerables para así lograr excavar algunas zanjas laterales que sean correctamente profundas como para llenar la longitud que existe entre el pavimento y el nivel freático.

- b. La existencia de la compactación de las superficies terrestres con algunos valores de contenido de agua y de peso volumétrico de tal manera que se logren obtener un soporte homogéneo y constante para el pavimento adecuado.
- c. Uso de la nivelación selecta de la rasante en algunas zonas de terraplén con el fin de ubicar algunas superficies mejoradas que se encuentra cerca a la parte de arriba de la elevación final de la subrasante.
- d. Mejoramiento de las superficies terrestres de poca calidad a través de algunos tratamientos que se realiza a base de cemento o cal, entre otros; o de otra manera importar excelentes suelos a través de lo que resulte menos costoso.
- e. Descarga lateral y el mezclado de la superficie terrestre para obtener algunas condiciones homogéneas en algunas zonas donde se logran tener modificaciones bruscas en sentido horizontal de acuerdo con el tipo de suelo. (pág. 35)

Algunas de las funciones que presenta la capa son la siguiente:

- a. Lograr transmitir y repartir correctamente las cargas del tránsito al cuerpo del terraplén.
- b. Soportar y recibir algunas cargas del tránsito por lo que son transportadas por el pavimento.
- c. No ocasionar cuando el cuerpo del terraplén forme algunos materiales finos plásticos por lo cual dañen al pavimento.
- d. Homogenizar los espesores del pavimento fundamentalmente cuando se logre obtener mucha diferencia de algunos materiales de terracería después del camino.
- e. Evitar que el pavimento sea absorbido a causa de las terracerías cuando estas se logran formar fundamentalmente por algunos fragmentos de roca.
- f. Economizar los espesores de pavimento en principal cuando los materiales de las terracerías necesiten un espesor grande. (pág. 36)

A. Subbase granular

Es aquella capa que es conocida como una parte de la estructura del pavimento rígido que se encuentra entre la subrasante y la losa rígida por lo que trata decir

de una o varias capas comprimidas de aquel material granular o estabilizado; como función fundamental de la subbase es no ocasionar el bombeo de las superficies terrestres de los granos finos, por lo que la subbase es precisa cuando la mezcla de los suelos, agua y tráfico logran provocar el bombeo, así como algunas circunstancias se tienen con regularidad el diseño de pavimentos para algunas vías fundamentales y de tránsito pesado, existen diferentes funciones como lo menciona el autor (Bernaola Chuquillanqui, 2014) y estas son:

- i. Proporcionar homogeneidad.
 - ii. Estabilidad y soporte homogéneo.
 - iii. Aumentar el módulo (k) de reacción de la subrasante.
 - iv. Descender algunos efectos dañinos de la acción de las heladas.
 - v. Abastecer drenaje cuando sea adecuado.
 - vi. Proveer una plataforma de trabajo para algunos equipos de construcción.
- (pág. 31)

Tabla 9: Requisitos de calidad de la subbase.

Características	Calidad	
	Deseable	Correcta
Granulometría	1-2	1-3
Tamaño máximo del árido TMA (mm)	51	51
Porcentaje de finos (material<0.074mm)	15% máximo	25% máximo
Límite líquido (LL%)	25% máximo	30% máximo
Índice plástico (IP %)	6% máximo	10% máximo
Compactación (Prueba Proctor modificada AASHTO T-180)	100% mínimo	100% mínimo
Equivalente de arena %	40% mínimo	30% mínimo
CBR (Valor Relativo de Soporte)	40% mínimo	30% mínimo
Abrasión	40% máximo	---

Fuente: Dirección General de Caminos. Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes.

B. Base granular

La base es la capa responsable de aspirar los trabajos trasferir por las cargas de los automóviles, y de distribuirlos igualmente a las capas de la sub-rasante y sub-base. (Taipe Sarmiento & Salas Tocasca, 2012, pág. 19)

a. Características de la base Granular

En la tabla siguiente se puede observar los tipos de gradaciones para una base granular, de la cual los materiales a ensayar deben tener una granulometría adecuada según el uso.

Los elementos a utilizar tienen que acatar uno de los usos granulométricos indicados en la tabla siguiente planteado por el (Manual de Carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones y según la norma ASTM D 1241), referente a los requerimientos para bases granulares.

Tabla 10: Especificación granulométrica para base granular .

Tamiz	Porcentaje que Pasa en Peso			
	Gradación A	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm (Nº 2)	100	100	-----	-----
25 mm (Nº 1)	-----	75 - 95	100	100
9.5 mm (Nº 3/8)	30 - 65	40 - 75	50 - 85	60 - 100
4.75 mm (Nº 4)	25 - 55	30 - 60	35 - 65	50 - 85
2.0 mm (Nº 10)	15 - 40	20 - 45	25 - 50	40 - 70
4.25 um (Nº 40)	8 - 20	15 - 30	15 - 30	25 - 45
75 um (Nº 200)	2 - 8	5 - 15	5 - 15	8 - 15

Fuente: (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2013)

Para las cualidades del agregado grueso de la base granular se expone en la siguiente tabla que se observa en él (Manual del Ministerio de Transporte y Comunicaciones , 2013), y según las normas del ASTM D-422; AASHTO T27-88 y la norma nacional del MTC E107, donde nos explican sobre el agregado grueso que es retenido en la malla o tamiz N° 4 según se muestra el análisis granulométrico del material, este agregado grueso puede ser hallado de manera natural, procesadas o también la combinación de ambas .

Tabla 11: Características del agregado grueso para base granular .

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma ASSHTO	Requerimiento	
				Altitud	
				< Menor de 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 Ángeles	MTC E 207	C 131	T 96	40% máx.	40% máx.
Partículas chatas y alargadas (1)	-----	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	C 88	T 104	-----	18% máx.

Fuente: (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2013)

b. Carpeta asfáltica

Es aquella capa superficial del pavimento, también, es aquella capa que impermeabiliza el pavimento en dichas capas inferiores para que logren sostener su capacidad de soporte, esta capa se encontrará en contacto

directo a algunas condiciones adversas entre otros . **Fuente especificada no válida.**

Tabla 12: *Ventajas y limitaciones del pavimento rígido.*

Pavimento Rígido	
Durabilidad	Se tiene vidas útiles de hasta 70 años con mantenimiento rutinario.
Seguridad	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mayor luminosidad ▪ Pocos baches. ▪ Gran lisura superficial. ▪ Inalterable.
Velocidad	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Alta velocidad de ejecución en rutas. ▪ Baja velocidad en pavimento Urbano. ▪ Rápida habilitación con tecnología Fast-Track y HCRV.
Flexibilidad	Idem anterior o mano de obra intensiva con equipamiento mínimo de campo.
Costo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mayor costo de construcción. ▪ Menor costo de mantenimiento. ▪ En lo general menor costo final. ▪ Mínimo costo para el usuario. ▪ Mínimo costo de iluminación

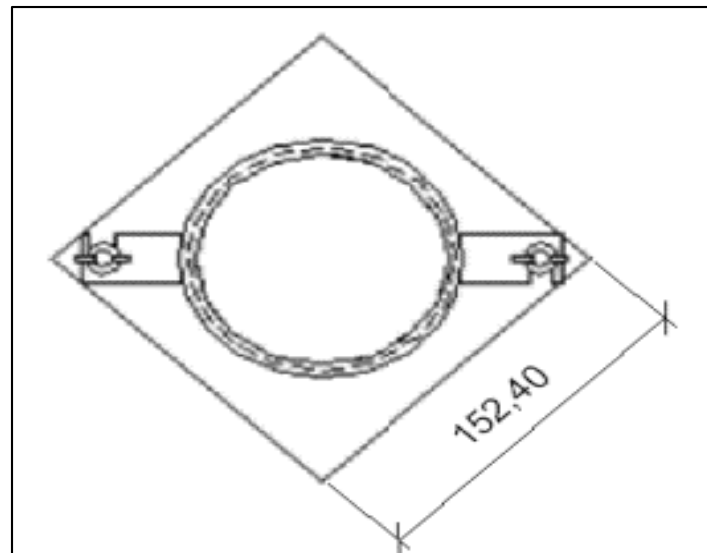
Fuente: Elaboración propia.

1.8.6. Controles de calidad en bases granulares

1.8.6.1. Proctor estándar

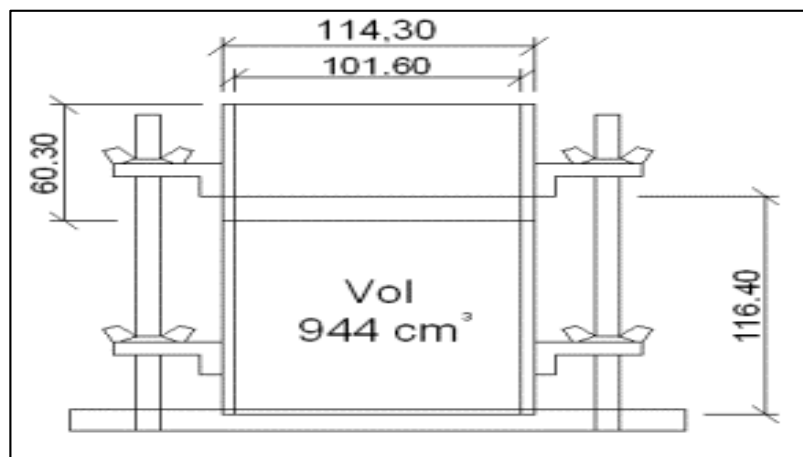
El Proctor estándar es aquel método desarrollado en un molde en la cual algunas de sus mediciones en milímetros se observan en las siguientes figuras. (Revolorio González, 2013)

Figura 7: *Vista en planta del molde usando el ensayo proctor estándar (ASTM D 698-00) .*



Fuente: “Incidencia de resultados del ensayo Proctor por la influencia de clima, humedad, equipo y superficie de base de compactación durante su desarrollo” – Revolorio González, Fernando José Carlos – 2013.

Figura 8: Dimensiones en milímetros del molde usado para el ensayo Proctor estándar (ASTM D 698-00) .

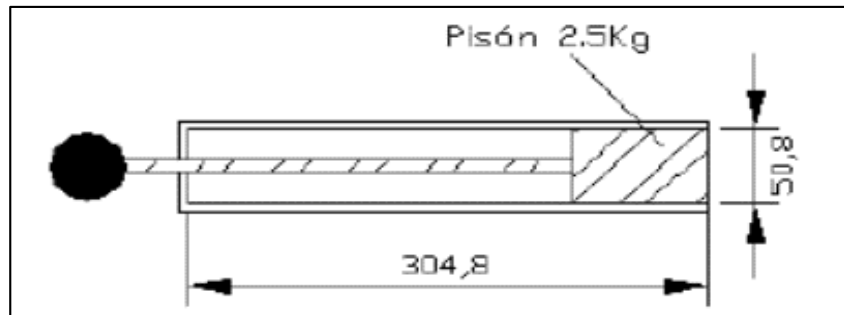


Fuente: “Incidencia de resultados del ensayo Proctor por la influencia de clima, humedad, equipo y superficie de base de compactación durante su desarrollo” – Revolorio González, Fernando José Carlos – 2013.

De acuerdo con (Revolorio González, 2013) explica sobre el ensayo de Proctor estándar que el molde presenta un diámetro interno de 4”, juntado o agrupado a una superficie cuadrada de 152.4 mm por lado que presenta un volumen de 944 cm³ con una altura de 116.4 mm. También está formada por una extensión que se favorece al molde de por mínimo 50.8 mm de alto por lo que la superficie terrestre se compacta a través de los golpes, utilizando algunas capas del material, en la cual se golpea 25 repeticiones dejando que el martillo desde una altura de 304.8 mm por encima de la

muestra en la cual se considera en el molde. El diámetro del pisón es de 50.8 mm en la cual pesa 2.5 kg o hasta 24.4N .

Figura 9: Martillo utilizado para el ensayo de Proctor.



Fuente: “Incidencia de resultados del ensayo Proctor por la influencia de clima, humedad, equipo y superficie de base de compactación durante su desarrollo” – Revolorio González, Fernando José Carlos – 2013.

La energía de la compactación es usada en el ensayo de 12400 pies/libras que sobrepasa los pie³ de 600kn/m sobre m³ y está realizada por la siguiente fórmula (pág. 29):

$$E = \frac{NnWh}{V}$$

Donde:

E es la energía de compactación específica

N es el número de golpes por capa

n es el número de capas

W es el peso del martillo

H es la altura de caída del pisón

V es el volumen del suelo compactado

Debido a que en el ensayo de Proctor estándar y su respectiva energía de compactación llegaron a reproducir algunas condiciones de compactación del campo, en cual se le cambia para llegar a tener algunos niveles de compactación máxima, llegando a tener con el buen avance de la maquinaria . (pág. 30)

Tabla 13: Especificaciones del ensayo Proctor Estándar (ASTM D698-00) .

Ensayo Proctor estándar ASTM D698-00			
Concepto	Proceso A	Proceso B	Proceso C
Molde	101.60 mm	101.60 mm	152.40 mm
Volumen del molde	944 cm ³	944 cm ³	2124 cm ³
Peso del martillo	2.50 kg	2.50 kg	2.50 kg
Altura de caída del martillo	304.80 mm	304.80 mm	304.80 mm
Nº de golpes	25	25	56
Nº de capas	3	3	3
Energía de compactación	591 kNm/m ³	591 kNm/m ³	591 kNm/m ³
Material a ser utilizado	Sección en la que pasa por el tamiz N°4 en la cual se utiliza si el 20% o menos por el peso retenido en el tamiz N°4 .	Parte en la que pasa por el tamiz 3/8, en la cual se utiliza si la superficie terrestre es retenida en el tamiz N°4 por lo que no es menos del 20% y 20% o menos por el peso es retenido en el tamiz 3/8 .	Parte en la que pasa por el tamiz ¾ en la que se utiliza no menos del 20% por peso del material que es retenido en el tamiz 3/8, y no más del 30% por el peso que es retenido en el tamiz ¾ .

Fuente: "Incidencia de resultados del ensayo proctor por la influencia de clima, humedad, equipo y superficie de base de compactación durante su desarrollo" – Revolorio González, Fernando José Carlos – 2013.

1.8.6.2. Proctor modificado

Según explica que el ensayo Proctor modificado es usado con el mismo molde del ensayo Proctor estándar por lo cual se concede en el número de las capas a lograr ser compactadas por lo que es de 5, la altura de la caída del martillo por lo que es de 457.2 mm, que presenta un diámetro de la superficie de contacto de 50.80 mm y un peso de 4.54 kg o 44.5 N. Al modificar algunas condiciones, el ensayo es aplicable en una máxima energía de compactación a la superficie, como se logra cerciorarse utilizando la fórmula de la energía . (pág. 30)

$$E = \frac{25 * 5 * 44.5N * 0.4572m}{944E - 06m^3} = 2694 kN * \frac{m}{m^3}$$

Tabla 14: Ensayo Proctor modificado.

Ensayo proctor modificado ASTM D 1557-91			
Concepto	Proceso A	Proceso B	Proceso C
Molde	101.60 mm	101.60 mm	152.40 mm
Volumen del molde	944 cm ³	944 cm ³	2124 cm ³
Peso del martillo	4.54 kg	4.54 kg	4.54 kg
Altura de caída del martillo	457.20 mm	457.20 mm	457.20 mm
Nº de golpes	25	25	56
Nº de capas	5	5	5
Energía de compactación	2700 kNm/m ³	2700 kNm/m ³	2700 kNm/m ³
Material al ser utilizado	Parte en la que pasa por el tamiz N°4, se utiliza el 20% o menos debido al peso que se encuentra retenido en el tamiz N°4	Parte en la que pasa por el tamiz 3/8, por lo que se utiliza el suelo retenido en el tamiz N°4 es más del 20% o igual al 20% o menos debido al peso que se encuentra retenido en el tamiz 3/8 .	Parte en la que pasa por el tamiz ¾ por lo que se utiliza si no es menos al 20% por el peso del material que se encuentra retenido en el tamiz 3/8 y no más del 30% por el peso que se encuentra retenido en el tamiz ¾ .

Fuente: ASTM D – 1557.

Para (Revolorio González, 2013, pág. 30) algunos ensayos se presenta moldes alternativos en las cuales presentan una superficie cuadrada de 203.3 mm por lado y un radio interno del molde cilíndrico de 152.24 mm y uno que está afuera de 156.1 mm y un volumen de 2124 cm³, pero para llegar una energía igual de compactación específica en los ensayos tanto en Proctor estándar y modificado por lo que es fundamental aumentar el número de los golpes a 56 sosteniendo muchos parámetros firmes para cada ensayo respectivamente .

1.8.6.3. Densidad de campo

De acuerdo con (Guerrón AVECILLAS, 2013) la densidad de campo es aquella que sirve para llegar a tener en cuenta y controlar la compactación de los terraplenes y distintas capas para la construcción de las carreteras, además se utiliza para hallar la densidad “in situ” y algunos porcentajes de contracción o el hinchamiento de algunos materiales

en la cual los pesos unitarios logran representarse en las unidades tales como: gr/cm³, kg/m³, lb/pie³. El objetivo principal de este ensayo es aquel en la que se encarga de hallar a través de un ensayo de la densidad o el peso unitario de la superficie terrestre utilizando los métodos del cono y arena, volumétrico y densímetro nuclear. La compactación de los suelos es aquel procedimiento artificial en que las partículas del suelo son realizadas a estar más unidas las unas con las otras a través de la reducción de los vacíos, aplicando el medio mecánico en la cual se desarrolla para el mejoramiento de algunas propiedades ingenieriles del suelo, en la cual la importancia de la compactación de los suelos se realiza en la ascendencia de la resistencia y cuando se disminuye la capacidad de la alteración en la que se tiene al domar al suelo a métodos que aumenten el peso específico seco, disminuyendo algunos vacíos. Algunas de las técnicas usadas para la compactación de los suelos son aquellos que dependen de los diferentes tipos de materiales en las que se realice cada situación; en los materiales puramente friccionantes como el agregado fino como la arena, las técnicas vibratorias son las más eficazes za<saqaaq en algunos suelos plásticos por el cual el proceso de la carga equilibrada resulta con demasiada ventaja .

1.8.7. Controles de calidad en pavimentos

1.8.7.1. Ensayo Marshall

C. Estabilidad

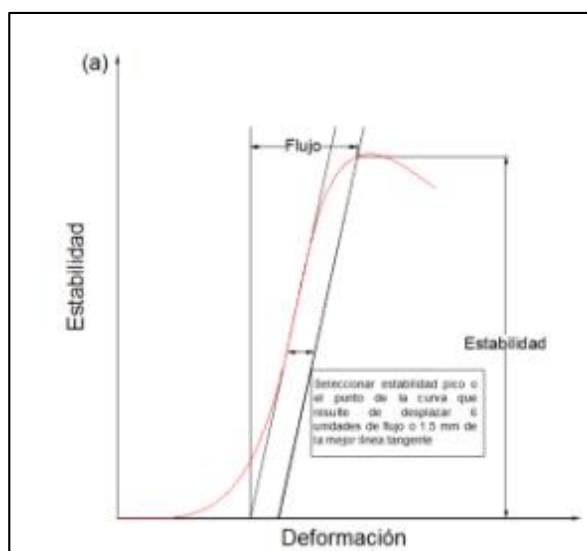
Según (Flores Siguenza & Vásquez Flores, 2017) es aquella que presenta la capacidad de soportar los movimientos y alteraciones bajo cargas de tránsito, en la cual el pavimento es constante por lo que es capaz de sostener la textura y lisura bajo las cargas multiplicadas de modo contrario el pavimento que no es estable llegara a tener canales y ondulaciones. Algunas de las especificaciones del equilibrio dependen del tránsito para el cual se diseña por lo que es fundamental presentar un análisis completo del mismo, el valor de la estabilidad logra ser en lo general elevado para el tráfico esperado, pero esto no logra ser mucho elevado de acuerdo a como se realiza el pavimento demasiado rígido en la que menoran su durabilidad. La estabilidad se relaciona con la fricción y cohesión que se encuentra adentro de la mezcla por lo que la fricción interna se relaciona con la forma

superficial de los áridos. La cohesión es aquella capacidad de ligar que presenta el asfalto .

D. Flujo

Para (Flores Siguenza & Vásquez Flores, 2017) el flujo es aquella medida de la alteración de la mezcla de asfalto en la cual halla la prueba de la estabilidad, en la cual la alteración total de la muestra desde el punto donde la tangente es proyectada de la parte lineal de la curva corta el eje X hasta el punto en el que se logre que la curva empiece a ser de manera horizontal como se detalla en la siguiente figura, el punto corresponde normalmente al pico de la estabilidad, pero cuando la condición de falla no se encuentra clara o definida logra ser puntualizado como aquel punto por encima de la curva en la que se encuentra unidades de flujo .

Figura 10: Determinación de flujo para dos tipos de fallas en la muestra.



Fuente: "Relación de las propiedades marshall de estabilidad y flujo de una mezcla asfáltica en caliente" – Flores Siguenza, Cristian Antonio; Vásquez Flores, Mario Estuardo – 2017.

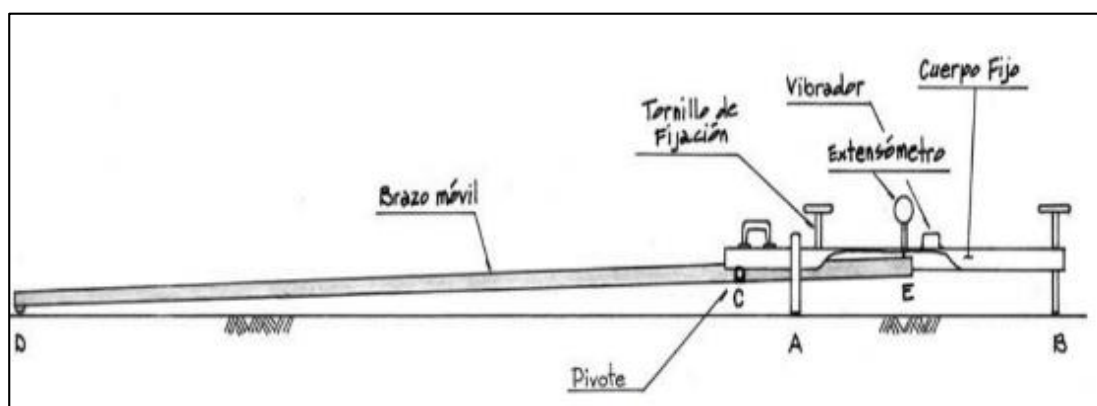
1.8.7.2. Ensayos Deflectometricos

A. Viga Benkelman

Según (Escobedo Rubio & Herrera Aguilar, 2017) la viga Benkelman es totalmente mecánico en la cual presenta como función de la palanca. La viga es aquella que está compuesta por dos partes, la primera parte representa un cuerpo fijo en la cual se ubica en la superficie terrestre a

través de los tres apoyos, dos de ellos puntuales en el punto “A” y uno detrás regulable en el punto “B”. La segunda parte está compuesta del brazo en movimiento el cual se ubica de forma completa a la articulación en el punto “D” que se apoya por encima de la superficie, en la otra parte se llega a tener en contacto con el extensómetro de desplazamiento vertical en el punto “E” por lo que realiza 39 desplazamientos en el vástago del micrómetro en la cual se apoya en él ocasión así una lectura en el dial indicador, se retiran después las llantas cargadas, el punto “D” se recupera en lo que la alteración elástica comprende por igual mecanismo en la que se ocasiona otra lectura en el dial del micrómetro. La realización que se expone presenta el inicio de la medida con la viga benkelman, por lo que realiza luego solo los resultados y cálculos en base a los datos recolectados, de tal manera que las dos lecturas son obtenidas al desarrollar cuando reflectó el pavimento en la parte subyacente al punto “D” de la viga durante el proceso detallado, es por ello que se logra describir lo que mide la recuperación del punto “D” al rebote elástico y no la alteración de ubicar esta .

Figura 11: Viga Benkelman.



Fuente: Manual de Carreteras: Ensayo de Materiales, (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016).

1.9. Definición de términos

Las bases conceptuales que a continuación se detallan son recopiladas del “Glosario De Términos De Uso Frecuente En Proyectos De Infraestructura Vías del Ministerio de Transportes y Comunicaciones” (agosto 2008), a continuación, se detalla :

a. Afirmado

Capa compactada de material granular natural ó procesado con gradación específica que soporta directamente las cargas y esfuerzos del tránsito. Debe poseer la cantidad apropiada de material fino cohesivo que permita mantener aglutinadas las partículas. Funciona como superficie de rodadura en carreteras y trochas carrozables .

b. Agregado

Material granular de composición mineralógica como arena, grava, escoria, o roca triturada, usado para ser mezclado en diferentes tamaños.

c. Agregado bien graduado

Agregado cuya gradación va desde el tamaño máximo hasta el de un relleno mineral y que se encuentra centrado a una curva granulométrica “huso” especificada.

d. Agregado fino

Material proveniente de la desintegración natural o artificial de partículas cuya granulometría es determinada por las especificaciones técnicas correspondientes. Por lo general pasa la malla N° 4 (4,75 mm) y contiene finos.

e. Agregado grueso

Material proveniente de la desintegración natural o artificial de partículas cuya granulometría es determinada por las especificaciones técnicas correspondientes. Por lo general es retenida en la malla N°4 (4,75 mm).

f. Análisis granulométrico o mecánico

Procedimiento para determinar la granulometría de un material ó la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños.

g. Asfalto

Material cementante, de color marrón oscuro a negro, constituido principalmente por betunes de origen natural u obtenidos por refinación del petróleo. El asfalto se encuentra en proporciones variables en la mayoría del crudo de petróleo.

h. Asfalto de imprimación

Asfalto fluido de baja viscosidad (muy líquido) que por aplicación penetra en una superficie no bituminosa.

i. Base

Capa de material selecto y procesado que se coloca entre la parte superior de una subbase o de la subrasante y la capa de rodadura. Esta capa puede ser también de mezcla asfáltica o con tratamientos según diseños. La base es parte de la estructura de un pavimento

j. Bitumen

Un tipo de sustancia cementante de color negro u oscuro (sólida, semisólida, o viscosa), natural o fabricada, compuesta principalmente de hidrocarburos de alto peso molecular, siendo típicos los asfaltos, las breas (o alquitranes), los betunes y las asfálticas.

k. Cantera

Deposito natural de material apropiado para ser utilizado en la construcción, rehabilitación, mejoramiento y/o mantenimiento de las carreteras

l. Cemento Asfáltico

Un asfalto con flujo o sin flujo, especialmente preparado en cuanto a calidad o consistencia para ser usado directamente en la construcción de pavimentos asfálticos

m. Certificado de control de calidad

Documento que permite conocer los resultados de ensayos de laboratorio o de campo, durante el proceso constructivo de una carretera

n. Control de calidad

Pruebas técnicas para comprobar la correcta ejecución de las diferentes etapas o fases de un trabajo con relación a las especificaciones técnicas o requisitos específicos establecidos.

o. Concreto Asfáltico

Mezcla procesada, compuesta por agregados gruesos y finos, material bituminoso y de ser el caso aditivo de acuerdo a diseño y especificaciones técnicas. Es utilizada como capa de base o de rodadura y forma parte de la estructura del pavimento.

p. Ensayo Marshall

Procedimiento para obtener el contenido de asfalto y diferentes parámetros de calidad de una mezcla bituminosa.

q. Estabilidad

Propiedad de una mezcla asfáltica de pavimentación de resistir deformación bajo las cargas impuestas. La estabilidad es una función de la cohesión y la fricción interna del material

r. Filler

Material proveniente por lo general de la caliza pulverizada, polvos de roca, cal hidratada, cemento Pórtland, y ciertos depósitos naturales de material fino, empleado en la fabricación de mezclas asfálticas en caliente como relleno de vacíos, espesante de la mezcla ó como mejorador de adherencia.

s. Grado de penetración

Sistema de Clasificación de los cementos asfálticos basado en la penetración a una temperatura de 25°C. Existen grados patrones de clasificación tales: 40-50, 60-70, 85-100, 120-150 y 200-300.

t. Granulometría

Representa la distribución de los tamaños que posee el agregado mediante el tamizado según especificaciones técnicas.

u. Impermeabilidad

Capacidad de un pavimento asfáltico de resistir el paso de aire y agua dentro o a través del mismo.

v. Imprimitación

Aplicación de un material bituminoso, de baja viscosidad, para recubrir y aglutinar las partículas minerales, previamente a la colocación de una capa de mezcla asfáltica.

1.10. Formulación de Hipótesis

1.10.1. Hipótesis general

Se determina que el método AASHTO y el método SHELL influyen significativamente en el diseño de espesores para pavimentos flexibles, Huancayo - Junín.

1.10.2. Hipótesis específicas

- a) El comportamiento del esfuerzo influye de gran manera al diseñarse los espesores por el método AASHTO y método SHELL del pavimento flexible, Huancayo - Junín.
- b) El comportamiento de la deformación influye de gran forma al diseñarse los espesores por el método AASHTO y método SHELL del pavimento flexible, Huancayo - Junín.
- c) Las consideraciones varían según el diseño de espesores por el método AASHTO y el método SHELL para pavimentos flexibles, Huancayo - Junín.

1.11. Variables

1.11.1. Definición conceptual de las variables

Variable independiente (X):

Método AASHTO y método SHELL

El método AASHTO-93 para el diseño de pavimentos flexibles, se basa principalmente en identificar un “número estructural (SN)” para el pavimento, que pueda soportar el nivel de carga requerido. Para determinar el número estructural, el método se apoya en una ecuación que relaciona los coeficientes, con sus respectivos números estructurales, los cuales se calculan con ayuda de un software, (AASHTO 93) el cual requiere unos datos de entrada como son el número de ejes equivalentes, el rango de serviciabilidad, la confiabilidad y el módulo resiliente de la capa a analizar .

EL método SHELL determina el tránsito a través del número acumulado de los ejes equivalentes aplicándose por medio de sistemas de ruedas dobles con un área de

contacto circular de igual manera determinara la temperatura, las propiedades de la subrasante, subbase y base y por ultimo las características de la mezcla asfáltica .

Variable dependiente (Y):

Espesores para pavimento flexible

Los espesores para pavimento flexible están constituidos por capas superpuestas de diferentes materiales y compactadas de manera adecuada, asimismo los espesores estarán sujeto a las condiciones de diseño de cada uno de los métodos .

1.11.2. Definición operacional de las variables

Variable Independiente (X): Método AASHTO y método SHELL. – Estos métodos permiten obtener valores tentativos de los espesores de un paquete estructural de un pavimento flexible ya que dentro de las consideraciones mínimas que debe de tener para poder cumplir la serviciabilidad de la vía, estos métodos tienen como referencia para el cálculo de un numero estructural referente a los ejes equivalentes o también conocido como conteo vehicular.

Variable dependiente (Y): Espesores para pavimento flexible. – Los espesores del pavimento flexible están referenciadas a la serviciabilidad que presentará una vía ya que estos al ser sometidos a una carga o un eje equivalente dentro de la vía esta generará una carga el cual será asimilada por las capas del pavimento flexible.

1.12. Definición Operacional de variables

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA				
						1	2	3	4	5
1: Variable Independiente Método AASHTO y método SHELL	EL método SHELL determina el tránsito a través del número acumulado de los ejes equivalentes aplicándose por medio de sistemas de ruedas dobles con un área de contacto circular de igual manera determinara la temperatura, las propiedades de la subrasante, subbase y base y por ultimo las características de la mezcla asfáltica.	Estos métodos permiten obtener valores tentativos de los espesores de un paquete estructural de un pavimento flexible ya que dentro de las consideraciones mínimas que debe de tener para poder cumplir la serviciabilidad de la vía, estos métodos tienen como referencia para el cálculo de un numero estructural referente a los ejes equivalentes o también conocido como conteo vehicular.	Ejes equivalentes	Conteo Vehicular	Ficha de control	X				
			CBR	Resistencia de la subrasante	EMS	X				
			Temperatura del asfalto	Adherencia de los agregados	Termómetros	X				
			Modulo resiliente	Serviciabilidad	Formula empírica	X				
2: Variable Dependiente Espesores para pavimento flexible	Los espesores para pavimento flexible están constituidos por capas superpuestas de diferentes materiales y compactadas de manera adecuada, asimismo los espesores estarán sujeto a las condiciones de diseño de cada uno de los métodos.	Los espesores del pavimento flexible están referenciados a la serviciabilidad que presentará una vía ya que estos al ser sometidos a una carga o un eje equivalente dentro de la vía esta generará una carga el cual será asimilada por las capas del pavimento flexible.	Numero estructural	Espesores del paquete estructural	Dimensiones	X				
			Deflectometría	Deflexiones	Curva deflectometría	X				
			Asimilación de carga	Bulba de presión	Eje equivalente	X				

CAPÍTULO III:

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

1.13. Método de la Investigación

Según Lino Q, (2004). *“Se manejó como técnicas teóricas el estudio y sumario; y como técnicas definidos se manejará la información y la prueba”*.

La presente investigación tuvo una aplicación *Cuantitativa*.

1.14. Tipo de Investigación

Según Carrasco, (2005), menciona: *“Trata de percibir y solucionar el problema, así mismo como esta genera mejora y afianza a la gestión del recurso”*.

La presente investigación es Aplicada ya que se está utilizando la ciencia y teoría existente para el desarrollo del mismo

1.15. Nivel de la Investigación

Según (Sabino Muñoz, Ledesma (2008, p. 19), *“Admite referir las expresiones de las variables y emplear un desconocido tipo, técnica para optimizar el contexto indeterminada”*.

La presente investigación fue de nivel Explicativo.

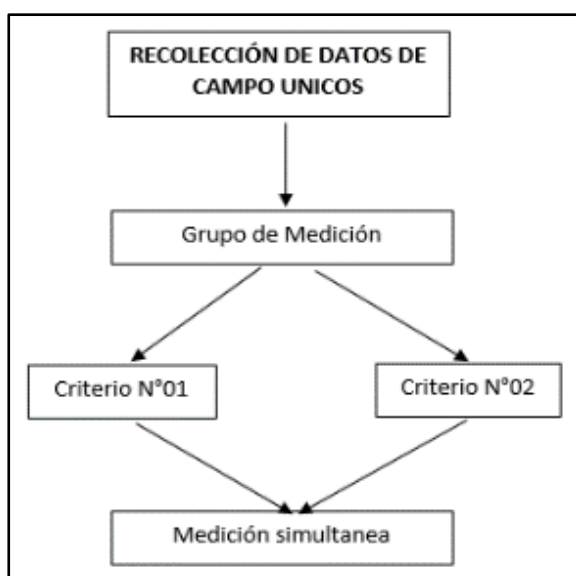
1.16. Diseño de la Investigación

La presente exploración es diseño Experimental .

Según (Hernández Fernández y Bonilla, 2010, pág. 120) menciona : *“El procedimiento de exploración empírico es aquella en donde se logra manejar las variables, ya que se fundamenta en las reflexiones de los desemejantes acontecimientos en un argumento nativo para una potestad ser examinados en un época extensa”*.

Siendo el diseño sintetizado manifestado de la subsiguiente manera:

Ilustración 1. Esquema del diseño de la investigación



Fuente: (Zelada Rojas, 2019)

1.17. Población, muestra

En la presente investigación presenta los siguientes lineamientos de población y muestra.

1.17.1. Población

Según Hernández Sampieri, (2014), define que: *“Una población es un grupo de todos los casos que concuerdan con una sucesión de detalles”*.

La población está determinada por los pavimentos flexibles para ello se elaboraron y se probaron un total de 90 briquetas de mezcla asfáltica en caliente .

1.17.2. Muestra

Según (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014, pág. 125) refiere que el espécimen es un sub conjunto de recapitulaciones y que serán sometidos a una porción fundamental de la localidad ya que con nuevas frases es un subgrupo de la urbe con peculiaridades equivalentes que desempeñan las descripciones .

La muestra es de tipo no probabilístico intencional o dirigido, en este caso la muestra corresponde a los resultados del modelo AASHTO y modelo SHELL (estructural) del pavimento flexible y a los especímenes elaborados en laboratorio

Se elaboraron 90 briquetas determinadas de la subsiguiente manera :

- Cálculo de PEN (30 Briquetas)
- Diseño de Asfalto Método Marshall (60 Briquetas).

Se elaboraron un tramo de prueba con las dosificaciones optimas :

Tramo de prueba de 3x5 metros (Diseñado con el método SHELL y el método AASHTO) .

1.17.2.1. Método de Muestreo

Esta investigación presenta un tipo de muestreo No proba listico o Dirigido, para lo cual es una parte del conjunto de la población que será medido a la elección de los elementos siendo así que no dependerá de la probabilidad sino será directamente sobre las características sobre el estudio y sus objetivos .

En el procedimiento sobre la elección de la muestra no será desarrollada de un nivel mecánico ya que las diferentes probabilidades representan estadísticamente un conjunto determinado, sino que en la elección de estos criterios dependerán directamente de los criterios analizados .

1.18. Técnicas e instrumentos de investigación

Las técnicas y los instrumentos utilizados en el desarrollado de esta investigación son detallados de la siguiente manera:

- a. Topografía del terreno
- b. Análisis de mecánica de suelos
- c. Conteo vehicular
- d. Nivel de ingeniero.
- e. Herramientas

1.18.1. Fichas de Campo

Se ha escogido como información como:

- a. Conteo vehicular
- b. Análisis de densidad de campo

- c. Densidad vehicular
- d. Brújula
- e. Wincha
- f. Picota
- g. Libreta de campo

1.18.2. *Técnicas de recolección de datos*

Las técnicas de recolección de datos sobre los diferentes métodos empleados en el proceso de recolección de datos por el evaluador, esta desarrolla en esta investigación permitirá utilizar y poder obtener datos que nos permitirán emplearlos en la zona a evaluar logrando así poder obtener criterios o referencias de diseño .

Fotografía 1. Colocación de la base granular



Fotografía 2. Superficie de la base granular compactada para sacar pruebas de densidad de campo.



Fotografía 3. Medición de la densidad de campo o el grado de compactación de la base granular.



1.19. Técnicas y análisis de datos

Para la obtención de datos se ha realizado un tramo de prueba que ha llevado a poder realizar un grado comparativo entre los métodos analizados para lo cual se ha venido realizando la simulación de una vía de pavimento flexible construido a una escala menor.

1.19.1. Controles en el proceso constructivo

Para la realización de un tramo de prueba (3x5 metros) se ha desarrollado mediante un proceso constructivo habitual, llevando los controles de calidad en cada material ejecutado tanto en la base granular como en la carpeta asfáltica para lo cual ha seguido de la siguiente manera:

1.19.1.1. Material Granular

El material utilizado como base granular tiene que cumplir con los requerimientos mínimos que debe cumplir para ser colocado como base granular.

Tabla 15. *Requerimientos sobre el agregado grueso en el material granular*

Ensayo	NORMA MTC	ASTM	AASHTO	Requerimientos Altitud	
				< 3 000 msnm	≥ 3 000 msnm
Partículas con una cara fracturada	MTC E 210	D 5821		80 % mín.	80 % mín.
Partículas con dos caras fracturadas	MTC E 210	D 5821		40 % mín.	50 % mín.
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	C 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	C 88	T 104		18 % máx.

Fuente: Manual de especificaciones Técnicas

Tabla 16. *Requerimientos sobre el agregado grueso en el material granular*

Ensayo	NORMA MTC	Requerimientos Altitud	
		< 3 000 msnm	≥ 3 000 msnm
Índice Plástico	MTC E 111	4% máx.	80 % mín.

Equivalente de arena	MTC E 114	35 % mín.	50 % mín.
Salas Solubles	MTC E 207	0,05 % máx.	40 % máx.
Durabilidad al sulfato		-	15 %.

Fuente: Manual de especificaciones Técnicas

Fotografía 4. Prueba de densidad de campo



1.19.2. Imprimación asfáltica

La imprimación asfáltica fue desarrollada según los parámetros establecidos que pueda impermeabilizar la base granular y colocar la carpeta asfáltica.

Figura 12. Emulsiones y su tipo de rotura para utilización de imprimación asfáltica

Rotura Rápida				Rotura Media				Rotura Lenta			
CRS-1		CRS-2		CMS-2		CMS-2h		CSS-1		CSS-1h	
mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	
-	-	-	-	-	-	-	-	20	100	20	
20	100	100	400	50	450	50	450	-	-	-	
-	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-	
40	-	40	-	-	-	-	-	-	-	-	
				Bueno				Bueno			
				Aceptable				Aceptable			
				Aceptable				Aceptable			
				Aceptable				Aceptable			
Positivo		Positivo		Positivo		Positivo		Positivo		Positivo	
-	0,1	-	0,10	-	0,10	-	0,10	-	0,10	-	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,0	-	
-	3	-	3	-	12	-	12	-	-	-	
60	-	65	-	65	-	65	-	57	-	57	
100 ^(a)	250 ^(a)	100 ^(a)	250 ^(a)	100	250	40	90	100	250	40	
50 ^(b)	150 ^(b)	50 ^(b)	150 ^(b)	40	-	40	-	40	-	40	
40	-	40	-	40	-	40	-	40	-	40	
97,5	-	97,5	-	97,5	-	97,5	-	97,5	-	97,5	

Fuente: Manual de especificaciones Técnicas EG-2013

Se ha utilizado la cantidad de 0.95 litros por metro cuadrado con una grado de penetración de 5 mm como se puede apreciar en la fotografía.

Fotografía 5. *Imprimación asfáltica con emulsión*



1.19.3. **Colocación de la carpeta asfáltica**

Para la colocación en la carpeta asfáltica se manejó con el diseño Marshall calculado en laboratorio así con la combinación granulométrica y utilizando una gradación MAC 2, se ha colocado en nuestra carpeta de rodadura siguiente lo requerimientos que se debe de tener en consideración.

Figura 13. *Requisitos del agregado grueso*

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (msnm)	
		≤3.000	>3.000
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	18% máx.	15% máx.
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	40% máx.	35% máx.
Adherencia	MTC E 517	+95	+95
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35% mín.	35% mín.
Partículas chatas y alargadas	ASTM 4791	10% máx.	10% máx.
Caras fracturadas	MTC E 210	85/50	90/70
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0,5% máx.	0,5% máx.
Absorción *	MTC E 206	1,0% máx.	1,0% máx.

Fuente: Manual de especificaciones Técnicas EG-2013

Figura 14. Requisitos del agregado fino

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (m.s.n.m.)	
		≤ 3.000	> 3.000
Equivalente de Arena	MTC E 114	60	70
Angularidad del agregado fino	MTC E 222	30	40
Azul de metileno	AASTHO TP 57	8 máx.	8 máx.
Índice de Plasticidad (malla N.º 40)	MTC E 111	NP	NP
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	-	18% máx.
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35 mín.	35 mín.
Índice de Plasticidad (malla N.º 200)	MTC E 111	4 máx.	NP
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0,5% máx.	0,5% máx.
Absorción* *	MTC E 205	0,5% máx.	0,5% máx.

Fuente: Manual de especificaciones Técnicas EG-2013

Figura 15. Gradaciones por carpeta asfáltica

Tamiz	Porcentaje que pasa		
	MAC -1	MAC-2	MAC-3
25,0 mm (1")	100		
19,0 mm (3/4")	80-100	100	
12,5 mm (1/2")	67-85	80-100	
9,5 mm (3/8")	60-77	70-88	100
4,75 mm (N.º 4)	43-54	51-68	65-87
2,00 mm (N.º 10)	29-45	38-52	43-61
425 µm (N.º 40)	14-25	17-28	16-29
180 µm (N.º 80)	8-17	8-17	9-19
75 µm (N.º 200)	4-8	4-8	5-10

Fuente: Manual de especificaciones Técnicas EG-2013

Fotografía 6. Carpeta asfáltica elaborada con diferentes métodos

Fotografía 7. *Carpeta asfáltica elaborada para ensayo de deflexión*



CAPITULO IV:

RESULTADOS

En esta investigación se ha realizado el diseño de espesores de un pavimento flexible con la metodología AASHTO y la metodología SHELL lo cual ha llevado a obtener diferentes espesores del paquete y para ello se ha tomado en consideración diferentes parámetros en consideración por cada método.

Se ha puesto en construcción un tramo de prueba con cada método planteado logrando así poder obtener un análisis sobre la deflectometría a través de la condición estructural de la vía para lo cual se analizó la asimilación de la carga en todo el paquete estructural.

1.20. Criterios para la aplicación de la metodología AASHTO 93

1.20.1. *Estudios de Tráfico*

1.20.1.1. Índice Medio Diario IMD

Es el promedio del número de vehículos que pasan por un punto durante un periodo de tiempo.

Según el periodo de análisis para medir el volumen, podrá ser Índice Medio Diario Anual (IMDS) Índice Medio Diario Mensual (IMDM) o Índice Medio Diario Semanal (IMDS).

1.20.1.2. Pesos y dimensiones de vehículos

Los pesos y dimensiones de los vehículos, se encuentran reglamentado mediante el D.S. N ° 034-2001-MTC Titulado “Reglamento Nacional de Vehículos”, donde se clasifica a los vehículos de acuerdo a su capacidad de carga, dimensiones y tipo de ejes.

De acuerdo a la clasificación del “Reglamento Nacional de Vehículos”, los vehículos que transitan en el tramo son:

Peso de vehículo de diseño

Tabla 17. *Peso de vehículos por clasificación*

VEHÍCULO	EJE	PESO TM
V. L.	EJE DELANTERO	1.5
	EJE POSTERIOR	2
C-3	EJE DELANTERO	7
	EJE POSTERIOR	18
T253	EJE DELANTERO	7
	EJE MEDIO	11
	EJE POSTERIOR	25

Fuente: Manual de especificaciones Técnicas EG-2013

1.20.1.3. Periodo de Diseño

El Afirmado puede ser diseñado para separar el efecto acumulativo del tránsito durante cualquier periodo de tiempo.

El periodo seleccionado en años, para el cual se diseña el Afirmado, se denomina periodo de diseño. Al final de este periodo puede esperarse que el Afirmado requiera trabajos de rehabilitación, para devolver a la vía un adecuado nivel de transitabilidad.

El periodo de diseño se recomienda también en función del tipo de la carretera .

Tabla 18. Tipo de vía y periodo de diseño

TIPO DE CARRETERA	PERIODO DE DISEÑO
Urbana con altos de tránsito	30 – 50 años
Interurbana con alto volumen de tránsito	20 – 50 años
Pavimentada con bajos volumen de tránsito	15 – 25 años
Revertido con bajo volumen de tránsito	10 – 20 años

Fuente: Manual de especificaciones Técnicas EG-2013

Para nuestro caso, asumiremos pavimentada con una densidad media vehicular de tránsito y nuestro periodo de diseño promedio será: 20 años

1.20.2. Diseño del pavimento flexible

Para el diseño estructural del pavimento se siguió los lineamientos establecidos por el método AASHTO 1993.

1.20.2.1. Método de la AASHTO 1993 para el diseño de la sección estructural de los pavimentos.

El actual método de la AASHTO, versión 1993, describe con detalle los procedimientos para el diseño de la sección estructural de los pavimentos flexibles y rígidos de carreteras. En el caso de los pavimentos flexibles, el método establece que la superficie de rodamiento se resuelve solamente con concreto asfáltico y tratamientos superficiales, pues asume que tales estructuras soportarán niveles significativos de tránsito (mayores de 50,000 ejes equivalentes acumulados de 8.2 ton. durante el período de diseño), dejando fuera pavimentos ligeros para tránsitos menores al citado, como son los caminos revestidos o de terracería .

En este trabajo únicamente se resume el procedimiento para pavimentos flexibles, con el objeto de que el usuario disponga de una metodología práctica y sencilla de uso frecuente en su ámbito de trabajo .

1.20.2.2. Método de diseño.

Los procedimientos involucrados en el actual método de diseño, versión 1993, están basados en las ecuaciones originales de la AASHO que datan de 1961, producto de

las pruebas en Ottawa, Illinois, con tramos a escala natural y para todo tipo de pavimentos. La versión de 1986 y la actual de 1993 se han modificado para incluir factores o parámetros de diseño que no habían sido considerados y que son producto de la experiencia adquirida por ese organismo entre el método original y su Versión más moderna, además de incluir experiencias de otras dependencias y consultores independientes .

El diseño está basado primordialmente en identificar o encontrar un “número estructural SN” para el pavimento flexible que pueda soportar el nivel de carga solicitado. Para determinar el número estructural SN requerido, el método proporciona la ecuación general y la gráfica de la Figura 4.1, que involucra los siguientes parámetros :

“**W18**”: El tránsito en ejes equivalentes acumulados para el período de diseño seleccionado

“**R**” : El parámetro de confiabilidad

“**So**” : La desviación estándar global

“**Mr**” : El módulo de resiliencia efectivo, del material usado para la subrasante

ΔPSI : La pérdida o diferencia entre los índices de servicios inicial y final deseados

1.20.2.3. Tránsito.

Para el cálculo del tránsito, el método actual contempla los ejes equivalentes sencillos de 18,000 lb (8.2 ton) acumulados durante el período de diseño, por lo que no ha habido grandes cambios con respecto a la metodología original de AASHTO. Solamente se aconseja que para fines de diseño en “etapas o fases” se dibuje una gráfica donde se muestre año con año, el crecimiento de los ejes acumulados (ESAL) vs tiempo, en años, hasta llegar al fin del período de diseño o primera vida útil del pavimento. La ecuación siguiente puede ser usada para calcular el parámetro del tránsito W18 en el carril de diseño.

$$W_{18} = D_D \times D_L \times N_{18}$$

Donde:

W_{18} = Tránsito acumulado en el primer año, en ejes equivalentes sencillos de 8.2 ton, en el carril de diseño.

D_D = Factor de distribución direccional; se recomienda 50% para la mayoría de las carreteras, pudiendo variar de 0.3 a 0.7, dependiendo de en qué dirección va el tránsito con mayor porcentaje de vehículos pesados.

N_{18} = Ejes equivalentes acumulados en ambas direcciones.

D_L = Factor de distribución por carril, cuando se tengan dos o más carriles por sentido. Se recomiendan los siguientes valores:

Figura 16. Factor de distribución por carril

Nº CARRILES EN CADA SENTIDO		PORCENTAJE DE W_{18} EN EL CARRIL DE DISEÑO
1		100
2		80 - 100
3		60 - 80
4 o más		50 - 75

Fuente: Instituto de la construcción y gerencia - ICG

Una vez calculados los ejes equivalentes acumulados en el primer año, el diseñador deberá estimar con base en la tasa de crecimiento anual y el período de diseño en años, el total de ejes equivalentes acumulados y así contar con un parámetro de entrada para la ecuación general o para el nomograma .

Es importante hacer notar que la metodología original de AASHTO usualmente consideraba períodos de diseño de 20 años; en la versión actual de 1993, recomienda los siguientes períodos de diseño en función del tipo de carretera :

Figura 17. *Periodos de diseño en función del tipo de carretera.*

TIPO DE CARRETERA:	PERIODO DE DISEÑO
Urbana con altos volúmenes de tránsito.	30 - 50 años
Interurbana con altos volúmenes de tránsito.	20 - 50 años
Pavimentada con bajos volúmenes de tránsito.	15 - 25 años
Revestidas con bajos volúmenes de tránsito.	10 - 20 años

Fuente: Instituto de la construcción y gerencia - ICG

1.20.2.4. Confiabilidad “R”.

Con el parámetro de Confiabilidad “R”, se trata de llegar a cierto grado de certeza en el método de diseño, para asegurar que las diversas alternativas de la sección estructural que se obtengan, durarán como mínimo el período de diseño. Se consideran posibles variaciones en las predicciones del tránsito en ejes acumulados y en el comportamiento de la sección diseñada .

El actual método AASHTO para el diseño de la sección estructural de pavimentos flexibles, recomienda valores desde 50 y hasta 99.9 para el parámetro “R” de confiabilidad, con diferentes clasificaciones funcionales, notándose que los niveles más altos corresponden a obras que estarán sujetas a un uso intensivo, mientras que los niveles más bajos corresponden a obras o caminos locales y secundarios .

Figura 18. *Valores de “R” de confiabilidad, con diferentes clasificaciones funcionales.*

* NIVELES DE CONFIABILIDAD	
CLASIFICACIÓN FUNCIONAL:	NIVEL RECOMENDADO POR AASHTO PARA CARRETERAS
Carretera Interestatal o Autopista.	80 - 99.9
Red Principal o Federal.	75 - 95
Red Secundaria o Estatal.	75 - 95
Red Rural o Local.	50 - 80

Fuente: Instituto de la construcción y gerencia - ICG

1.20.2.5. Desviación estándar global “SO”.

Este parámetro está ligado directamente con la Confiabilidad (R), habiéndolo determinado, en este paso deberá seleccionarse un valor So “Desviación Estándar Global”, representativo de condiciones locales particulares, que considera posibles variaciones en el comportamiento del pavimento y en la predicción del tránsito.

Valores de “So” en los tramos de prueba de AASHO no incluyeron errores en la estimación del tránsito; sin embargo, el error en la predicción del comportamiento de las secciones en tales tramos, fue de 0.25 para pavimentos rígidos y 0.35 para los flexibles, lo que corresponde a valores de la desviación estándar total debidos al tránsito de 0.35 y 0.45 para pavimentos rígidos y flexibles respectivamente.

1.20.2.6. Módulo de resiliencia efectivo.

En el método actual de la AASHTO, la parte fundamental para caracterizar debidamente a los materiales, consiste en la obtención del Módulo de Resiliencia, con base en pruebas de laboratorio, realizadas en materiales a utilizar en la capa subrasante (Método AASHTO T-274), con muestras representativas (esfuerzo y humedad) que simulen las estaciones del año respectivas. El módulo de resiliencia “estacional” será obtenido alternadamente por correlaciones con propiedades del suelo, tales como el contenido de arcilla, humedad, índice plástico, etc .

Finalmente, deberá obtenerse un “módulo de resiliencia efectivo”, que es equivalente al efecto combinado de todos los valores de módulos estacionales .

Para la obtención del módulo estacional, o variaciones del Mr a lo largo de todas las estaciones del año se ofrecen dos procedimientos: uno, obteniendo la relación en el laboratorio entre el módulo de resiliencia y el contenido de humedad de diferentes muestras en diferentes estaciones del año y, dos, utilizando algún equipo para medición de deflexiones sobre carreteras en servicio durante diferentes estaciones del año .

Sin embargo, para el diseño de pavimentos flexibles, únicamente se recomienda convertir los datos estacionales en módulo de resiliencia efectivo de la capa subrasante, con el auxilio que proporciona un valor sopesado en función del “daño equivalente anual” obtenido para cada estación en particular .

También puede utilizarse la siguiente ecuación:

$$U_f = 1.18 \times 10^8 \times M_R^{-2.32}$$

Donde:

U_f : Daño relativo en cada estación (por mes o quincenal).

M_R : Módulo de Resiliencia de la capa subrasante, obtenido en laboratorio o con deflexiones cada quincena o más.

Y, por último:

$$U_f = \text{promedio de daño relativo} = \frac{\sum U_f}{n}$$

1.20.2.7. Pérdida o diferencia entre índices de servicio inicial y terminal

El cambio o pérdida en la calidad de servicio que la carretera proporciona al usuario, se define en el método con la siguiente ecuación :

PSI = Índice de Servicio Presente

$$\Delta\text{PSI} = P_o - P_t$$

Donde:

ΔPSI = Diferencia entre los índices de servicio inicial u original y el final o Terminal deseado

P_o = Índice de servicio inicial (4.5 para pavimentos rígidos y 4.2 para flexibles)

P_t = Índice de servicio Terminal, para el cual AASHTO maneja en su versión 1993 valores de 3.0, 2.5 y 2.0, recomendando 2.5 ó 3.0 para caminos principales y 2.0 para secundarios

Se hace notar que aún en la versión actual, AASHTO no ha modificado la escala del índice de servicio original de 0 a 5 para caminos intransitables hasta carreteras

perfectas, respectivamente. Sin embargo, se sugiere que el criterio para definir el índice de servicio Terminal o mínimo de rechazo (menor índice tolerado antes de realizar alguna operación de rehabilitación, recarpetado o reconstrucción) esté en función de la aceptación de los usuarios de la carretera .

Para el caso de diseños de pavimentos en climas muy extremos, en especial los fríos, la guía de diseño del método actual recomienda evaluar adicionalmente la pérdida del índice de servicio original y Terminal debida a factores ambientales por congelamiento y deshielo, que producen cambios volumétricos notables en la capa subrasante y capas superiores de la estructura del pavimento. En tales casos, el diseñador deberá remitirse al método AASHTO 1993 .

1.20.3. Determinación de espesores por capas.

Una vez que el diseñador ha obtenido el Número Estructural SN para la sección estructural del pavimento, utilizando el gráfico o la ecuación general básica de diseño, (Figura 4.1) donde se involucraron los parámetros anteriormente descritos (tránsito, R, So, MR , ΔPSI), se requiere ahora determinar una sección multicapa que en conjunto provea de suficiente capacidad de soporte equivalente al número estructural de diseño original. La siguiente ecuación puede utilizarse para obtener los espesores de cada capa, para la superficie de rodamiento o carpeta, base y sub base, haciéndose notar que el actual método de AASHTO, versión 1993, ya involucra coeficientes de drenaje particulares para la base y sub base .

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

Donde:

a_1 , a_2 y a_3 = Coeficientes de capa representativos de carpeta, base y sub base respectivamente.

D_1 , D_2 y D_3 = Espesor de la carpeta, base y sub base respectivamente, en pulgadas.

m_2 y m_3 = Coeficientes de drenaje para base y sub base, respectivamente.

Para la obtención de los coeficientes de capa a_1 , a_2 y a_3 en donde se representan valores de correlaciones hasta de cinco diferentes pruebas de laboratorio: Módulo Elástico, Texas Triaxial, R - valor, VRS y Estabilidad Marshall .

Figura 19. *Constantes por carpeta asfáltica*

Para carpeta asfáltica.	(a ₁)
Para bases granulares.	(a ₂)
Para subbases granulares.	(a ₃)
Para bases estabilizadas con cemento.	
Para bases estabilizadas con asfalto.	

Fuente: Instituto de la construcción y gerencia - ICG

Para la obtención de los coeficientes de drenaje, m_2 y m_3 , correspondientes a las capas de base y sub base respectivamente, el método actual de AASHTO se basa en la capacidad del drenaje para remover la humedad interna del pavimento, definiendo lo siguiente :

Figura 20. *Capacidad del drenaje para remover la humedad.*

CALIDAD DEL DRENAJE:	AGUA REMOVIDA EN:
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Malo	agua no drena

Fuente: Instituto de la construcción y gerencia - ICG

Se presentan los valores recomendados para m_2 y m_3 (bases y sub bases granulares sin estabilizar) en función de la calidad del drenaje y el porcentaje del tiempo a lo largo de un año, en el cual la estructura del pavimento pueda estar expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación .

Figura 21. Valores para los coeficientes estructurales en cada capa de bases y subbases

Calidad del Drenaje	Porcentaje de Tiempo al cual está Expuesta la Estructura del Pavimento a Niveles de Humedad Próxima a la Saturación			
	Menor del 1%	1 - 5%	5 - 25%	Mayor del 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

Fuente: Instituto de la construcción y gerencia - ICG

Para capas estabilizadas con cemento o asfalto y para la superficie de rodamiento elaborada con concreto asfáltico, el método no considera un posible efecto por el drenaje, por lo que en la ecuación de diseño sólo intervienen valores de m_2 y m_3 y no se asigna valor para m_1 correspondiente a la carpeta .

Para el cálculo de los espesores D_1 , D_2 y D_3 (en pulgadas), el método sugiere respetar los siguientes valores mínimos, en función del tránsito en ejes equivalentes sencillos acumulados :

Figura 22. Espesores mínimos según los ejes equivalentes

TRÁNSITO (ESAL's) EN EJES EQUIVALENTES	CARPETAS DE CONCRETO ASFÁLTICO	BASES GRANULARES
Menor de 50,000	1.0 ó T.S.	4.0
50,001 - 150,000	2.0	4.0
150,001 - 500,000	2.5	4.0
500,001 - 2'000,000	3.0	6.0
2'000,001 - 7'000,000	3.5	6.0
Mayor de 7'000,000	4.0	6.0

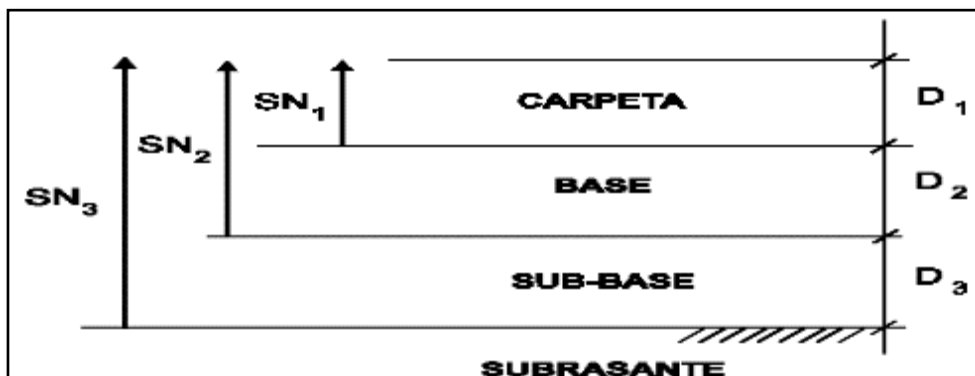
Fuente: Instituto de la construcción y gerencia - ICG

1.20.4. Análisis del diseño final con sistema multicapa.

Deberá reconocerse que, para pavimentos flexibles, la estructura es un sistema de varias capas y por ello deberá diseñarse de acuerdo a ello. Como ya se describió al principio del método, el “número estructural SN” sobre la capa subrasante o cuerpo del terraplén es lo primero a calcularse. De la misma manera deberá obtenerse el número estructural requerido sobre las capas de la sub base y base, utilizando los valores de resistencia aplicables para cada uno. Trabajando con las diferencias entre los números estructurales que se requieren sobre cada capa, el espesor máximo permitido de cualquier capa puede ser calculado. Por ejemplo, el número estructural máximo permitido para material de la capa de sub base, debe ser igual al número estructural requerido sobre la sub base restado del SN requerido sobre la subrasante .

El Método AASHTO recomienda el empleo de la siguiente figura y ecuaciones :

Figura 23. Recomendaciones del AASHTO



Fuente: Instituto de la construcción y gerencia - ICG

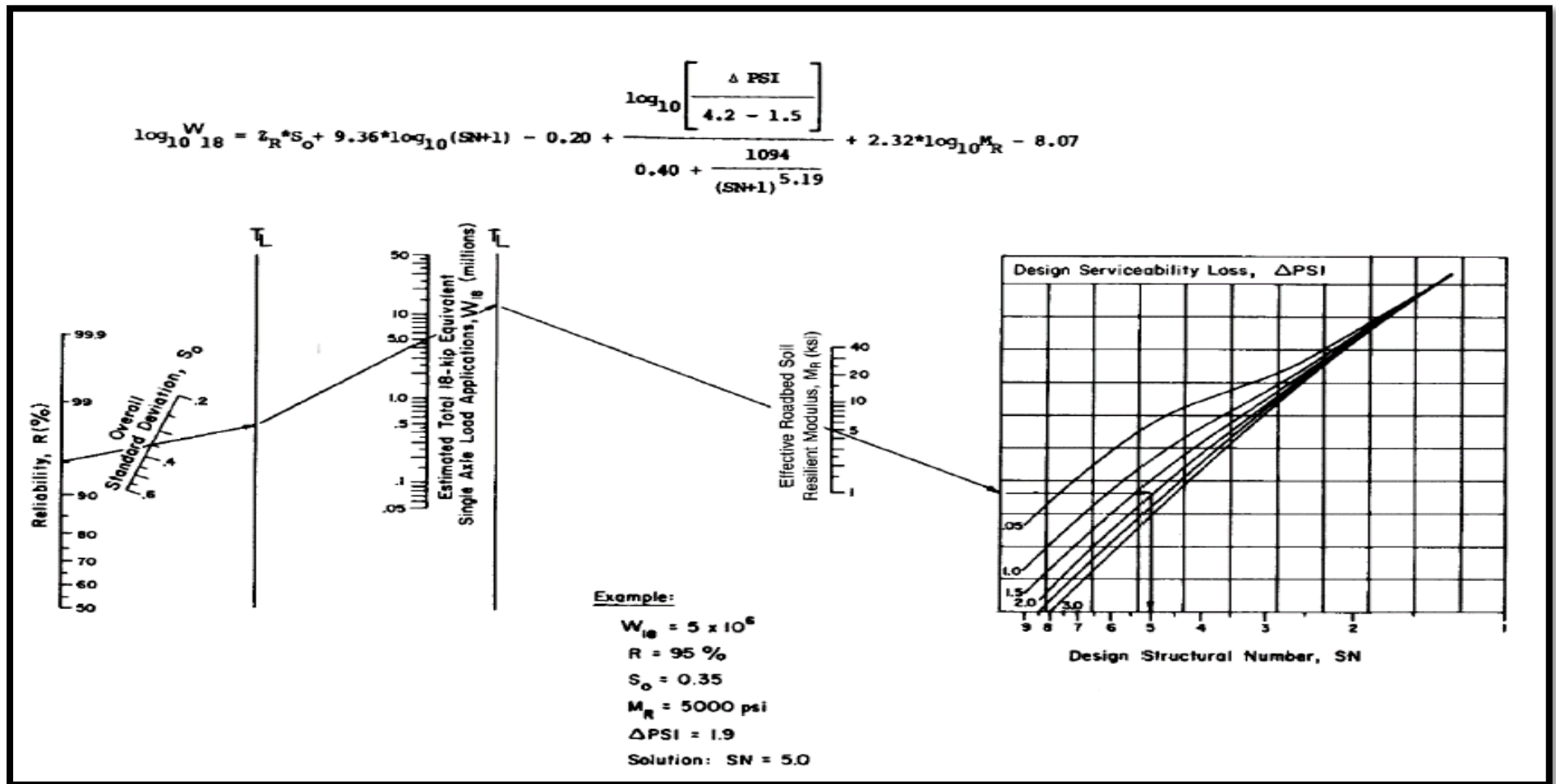
Figura 24. Diseño de paquete estructural

$$D_3^* \geq \frac{SN_3 - (SN_1^* + SN_2^*)}{a_3 m_3}$$

NOTAS: 1) a, D, m, y SN corresponden a valores mínimos requeridos.
2) D* y SN* representan los valores finales de diseño.

Fuente: Instituto de la construcción y gerencia - ICG

Figura 25. Cálculo del Número Estructural



Fuente: Instituto de la construcción y gerencia - ICG

1.20.5. Desarrollo Del Diseño del pavimento flexible:

1.20.5.1. Factores destructivos del pavimento

En cuanto a los factores de carga, o destructivos, se presentan en el siguiente cuadro de “Factores de Carga”, que relacionan al tipo de vehículos con valores tomados para la estación contemplada en el estudio de tráfico de referencia.

Los factores destructivos considerados son el factor de carga y el factor de presión neumática, debido a que ambos influyen sobre las superficies asfaltadas. Para conocer las cargas por ejes de cada tipo de vehículo, se considera la información contenida en el “Reglamento Nacional de Vehículos”.

1.20.5.2. Número de ejes equivalentes a 8.20 tn. acumulados en ambas direcciones.

Para determinar el Número de ejes equivalentes a 8.20 tn, se utilizará la siguiente expresión:

$$ESALi = F_d \times G_{jt} \times AADTi \times 365 \times Ni \times FEi$$

Donde:

ESALi = Carga acumulada equivalente de 18 000 lb (80 KN) en un solo eje, para la categoría i de eje

Fd = factor de diseño de carril

Gjt = factor de crecimiento para determinar tasa de crecimiento j y periodo de diseño t

AADTi = transito anual diario promedio (TPDA) en el primer año para la categoría de eje i

Ni = Número de ejes en cada vehículo de la categoría i

FEi = factor de equivalencia de carga para la categoría de eje i

1.20.6. Parámetros de diseño

NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)	
Clasificación Funcional	Nivel Recomendado por AASHTO para Carreteras
Carretera Interestatal o Autopista	80 - 99.9
Red Principal o Federal	75 - 95
Red Secundaria o Estatal	75 - 95
Red Rural o Local	50 - 80

R=	80
----	----

Confiabilidad R (%)	Desviación Estándar Normal (Zr)
50	- 0.00
60	- 0.253
70	- 0.524
75	- 0.674
80	- 0.841
85	- 1.037
90	- 1.282
.	.
.	.
99.99	- 3.750

Zr =	- .841
------	--------

DESVIACION ESTANDAR (So)	
PAVIMENTO FLEXIBLE	PAVIMENTO RÍGIDO
0.40 - 0.50	0.35 - 0.45

So =	0.4
------	-----

PERDIDA DE SERVICIABILIDAD	
El cambio de pérdida en la calidad de servicio que la carretera proporciona al usuario, se define en el método con la siguiente ecuación:	
PSI =	Índice de Servicio Presente
Δ PSI =	Diferencia entre los índices de servicio inicial u original y el final o terminal.
Po =	índice de servicio final (4,5 para pavimentos rígido y 4.2 para flexibles)
Pt =	índice de servicio termina, para el cual aashto maneja en su versión 1993 valores de 3.0, 2.5 y 2.0, recomendando 2.5 ó 3.0 para caminos principales y 2.0 para secundarios.

$$\Delta\text{PSI} = P_o - P_t$$

Po=	4.2
Pt=	2.5
Δ PSI =	1.7

TIPOS DE DRENAJE PARA CAPAS GRANULARES

CAPACIDAD DEL DRENAJE PARA REMOVER LA HUMEDAD		
CALIDAD DE DRENAJE	AGUA REMOVIDA EN:	
	50% saturación	85% saturación
Excelente	2 horas	2 horas
Bueno	1 día	2 a 5 horas
Regular	1 semana	5 a 10 horas
Pobre	1 mes	de 10 a 15 horas
Malo	no drena	mayor a 15 horas

COEFICIENTES DE DRENAJE PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES

CALIDAD DEL DRENAJE	P = % del tiempo que el pavimento está expuesto a niveles de humedad cercanos a la saturación			
	< 1%	1% - 5%	5% - 25%	>25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Regular		1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
Pobre	1.15 - 1.05	1.15 - 1.05	0.80 - 0.60	0.60
Muy Pobre	1.15 - 1.05	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

m2=

1

RESUMEN ESTUDIO DE TRAFICO

LUNES

AUTO	STATION WAGON	CAMIONETA		COMBI	MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			
		PICK UP	PANEL			2E	>=3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3
63	8	10	15	6	3	3	2	4	9	5	3	1	1	0	1	0	0	0
76	25	14	23	15	2	2	5	6	9	7	3	2	1	0	0	0	0	0

MARTES

AUTO	STATION WAGON	CAMIONETA		COMBI	MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			
		PICK UP	PANEL			2E	>=3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3
61	42	12	1	7	1	5	7	5	7	6	4	2	3	0	0	0	0	0
93	63	18	6	10	0	4	5	9	8	4	1	1	2	0	0	0	0	0

MIERCOLES

AUTO	STATION WAGON	CAMIONETA		COMBI	MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			
		PICK UP	PANEL			2E	>=3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3
56	38	23	15	6	3	10	9	8	5	4	3	3	3	0	0	0	0	0
82	42	11	36	8	5	3	6	7	6	6	5	5	3	0	0	0	0	0

JUEVES

AUTO	STATION WAGON	CAMIONETA		COMBI	MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			
		PICK UP	PANEL			2E	>=3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3
63	21	23	18	6	1	6	7	9	12	5	4	3	8	0	1	0	0	0
91	32	28	13	10	3	6	5	7	8	2	3	3	2	0	1	0	0	0

VIERNES

AUTO	STATION WAGON	CAMIONETA		COMBI	MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			
		PICK UP	PANEL			2E	>=3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3
38	32	18	8	5	1	6	6	7	5	8	2	2	1	0	0	0	0	0
72	42	30	20	10	0	7	3	9	10	8	3	2	3	0	0	0	0	0

SABADO

AUTO	STATION WAGON	CAMIONETA		COMBI	MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			
		PICK UP	PANEL			2E	>=3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3
38	35	18	12	3	3	5	7	12	5	8	5	3	1	0	0	0	0	0
92	63	32	37	12	1	4	6	6	9	7	3	1	1	0	0	0	0	0












DOMINGO

AUTO	STATION WAGON	CAMIONETA		COMBI	MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			
		PICK UP	PANEL			2E	>=3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3
56	43	43	15	8	3	6	5	3	5	3	2	1	1	0	0	0	0	0
93	93	38	18	14	9	9	5	6	6	5	2	1	2	0	0	0	0	0

TOTAL

AUTO	STATION WAGON	CAMIONETA		COMBI	MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			
		PICK UP	PANEL			2E	>=3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3
375	219	147	84	41	15	41	43	48	48	39	23	15	18	0	2	0	0	0
599	360	171	153	79	20	35	35	50	56	39	20	15	14	0	1	0	0	0
TOTAL	579	318	237	120	35	76	78	98	104	78	43	30	32	0	3	0	0	0
VEHICULOS LIGEROS						B2	B3-1	C2	C3	C4	T2S2	T2S3	T3S1	T3S2	3T2		3T3	
1289						76	78	98	104	78	43	30	32	0	3		0	

Diseño de Pavimento Flexible (Metodo AASHTO 1993)

																	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2036	2041		
Tipo de vehiculo		Cargas por ejes en ln					IMD	G _r	Bx				B ₁₈	FD				r (%)	ESAL												
		eje delantero	ejes posteriores			2013			eje delantero	ejes posteriores				eje delantero	ejes posteriores				total	1	2	ESAL									
			simple	tandem	tridem					simple	tandem	tridem			simple	tandem	tridem					3	4	5	6	7	8	9	10	15	20
Vehiculos Ligeros		1	1			1289	-0.20	0.40	0.40	-	-	0.44	0.000	0.000	-	-	0.00	70.0%	1.05E+02	2.83E+02	5.86E+02	1.10E+03	1.98E+03	3.46E+03	5.99E+03	1.03E+04	1.76E+04	3.00E+04	4.28E+05	3.45E+06	
Omnibus 2 ejes	B2 	7	11			76	-0.20	0.43	0.51	-	-	0.44	0.519	3.401	-	-	3.92	3.0%	5.44E+04	1.10E+05	1.68E+05	2.27E+05	2.89E+05	3.52E+05	4.17E+05	4.83E+05	5.52E+05	6.23E+05	1.01E+06	8.28E+05	
Omnibus+2 ejes	B3-1 	7		16		78	-0.20	0.43	-	0.44	-	0.44	0.519	-	1.261	-	1.78	3.0%	2.53E+04	5.14E+04	7.83E+04	1.06E+05	1.35E+05	1.64E+05	1.94E+05	2.25E+05	2.57E+05	2.90E+05	4.71E+05	6.81E+05	
Camión 2 ejes	C2 	7	11			98	-0.20	0.43	0.51	-	-	0.44	0.519	3.401	-	-	3.92	3.0%	7.01E+04	1.42E+05	2.17E+05	2.93E+05	3.72E+05	4.53E+05	5.37E+05	6.23E+05	7.12E+05	8.04E+05	1.30E+06	1.01E+06	
Camion 3 ejes	C3 	7		18		104	-0.20	0.43	-	0.46	-	0.44	0.519	-	2.066	-	2.58	3.0%	4.91E+04	9.96E+04	1.52E+05	2.05E+05	2.60E+05	3.17E+05	3.76E+05	4.36E+05	4.98E+05	5.62E+05	9.12E+05	7.08E+05	
camion 4 ejes	C4 	7			23	78	0.19	0.43	-	-	0.44	0.44	0.479	-	-	1.223	1.70	3.0%	2.42E+04	4.92E+04	7.49E+04	1.01E+05	1.29E+05	1.57E+05	1.86E+05	2.15E+05	2.46E+05	2.78E+05	4.51E+05	3.50E+05	
Acoplados 4 ejes	T2S2 	7	11	18		43	-0.20	0.43	0.51	0.46	-	0.44	0.519	3.401	2.066	-	5.99	3.0%	4.70E+04	9.53E+04	1.45E+05	1.97E+05	2.49E+05	3.04E+05	3.60E+05	4.18E+05	4.77E+05	5.38E+05	8.74E+05	6.78E+05	
Acoplados 5 ejes	T2S3 	7	11		25	30	-0.20	0.43	0.51	-	0.45	0.44	0.519	3.401	-	1.804	5.72	3.0%	3.13E+04	6.36E+04	9.69E+04	1.31E+05	1.66E+05	2.03E+05	2.40E+05	2.79E+05	3.18E+05	3.59E+05	5.83E+05	4.52E+05	
Acoplado 5 ejes	T3S1 	7	11	18		32	-0.20	0.43	0.51	0.46	-	0.44	0.519	3.401	2.066	-	5.99	3.0%	3.50E+04	7.10E+04	1.08E+05	1.46E+05	1.86E+05	2.26E+05	2.68E+05	3.11E+05	3.55E+05	4.01E+05	6.50E+05	5.04E+05	
Acoplado 6 ejes	T3S2 	7		11	25	0	-0.20	0.43	-	0.41	0.45	0.44	0.519	-	0.253	1.804	2.58	2.0%	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	
Trayler 5 ejes	3T2 	7	11	18		3	-0.20	0.43	0.51	0.46	-	0.44	0.519	6.801	2.066	-	9.39	2.0%	5.14E+03	1.04E+04	1.57E+04	2.12E+04	2.67E+04	3.24E+04	3.82E+04	4.41E+04	5.01E+04	5.63E+04	8.89E+04	6.70E+04	
Trayler 6 ejes	3T3 	7	11	18		0	-0.20	0.43	0.51	0.46	-	0.44	0.519	3.401	4.131	-	8.05	2.0%	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	
TOTAL																		3.42E+05	6.93E+05	1.06E+06	1.43E+06	1.81E+06	2.21E+06	2.62E+06	3.05E+06	3.48E+06	3.94E+06	6.77E+06	8.73E+06		

1.20.7. **Cálculo del número estructural según la metodología AASHTO**

Según lo obtenido anteriormente vamos a obtener el número estructural para poder determinar los espesores de cada componente estructural del pavimento flexible, logrando así poder optimizar los espesores para la asimilación de la carga.

Figura 26. Cálculo del Número estructural según la metodología AASHTO

The screenshot shows the 'Ecuación AASHTO 93' software interface. The window title is 'Ecuación AASHTO 93'. The interface is divided into several sections:

- Tipo de Pavimento:** Radio buttons for 'Pavimento flexible' (selected) and 'Pavimento rígido'.
- Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So):** A dropdown menu for '80 % Zr=-0.841' and a text box for 'So' with the value '0.4'.
- Serviciabilidad inicial y final:** Text boxes for 'PSI inicial' (4.2) and 'PSI final' (2.5).
- Módulo resiliente de la subrasante:** A text box for 'Mr' with the value '23846 psi'.
- Información adicional para pavimentos rígidos:** Four empty text boxes for 'Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)', 'Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)', 'Coeficiente de transmisión de carga - (J)', and 'Coeficiente de drenaje - (Cd)'.
- Tipo de Análisis:** Radio buttons for 'Calcular SN' (selected) and 'Calcular W18'. A text box shows 'W18 = 8730000'.
- Número Estructural:** A text box shows 'SN = 2.92'.

At the bottom, there are two buttons: 'Calcular' and 'Salir'.

Se obtiene el valor del número estructural de 2.92 para las condiciones de la vía analizada logrando así poder determinar que para la serviciabilidad de una vía se necesita iterar con este número estructural.

Fotografía 8. Tramo de prueba según la metodología AASHTO



1.21. Criterios para la aplicación de la metodología SHELL

El método SHELL es un método racional que considera a la estructura del pavimento (carpeta asfáltica, capas granulares, subrasante) considerado como un sistema multicapas linealmente elástico, para lo cual los materiales se encuentran definidos por el módulo de elasticidad (E) y su relación del módulo de Poisson ya que los materiales utilizados en la construcción de vías con esta metodología se consideran que son homogéneos e isotrópicos con una extensión infinita en el sentido horizontal para ejes equivalentes de 8.2 ton, empleadas sobre una zona de contacto de 210 mm .

El método aplicado tiene ciertas restricciones donde puede fallar la estructura del pavimento flexible .

- a. La deformación horizontal por la tracción en la capa inferior, ya que al flexionar estas por debajo de las cargas este supere ciertas capacidades asfálticas .
- b. Que la deformación vertical a través de la compresión de la subrasante supere el límite admitido el cual produce una deformación permanente y consecuente sobre el pavimento .
- c. El cálculo de los espesores de capa del pavimento es considerado como una estructura tricapa, la cual son representadas que la capa inferior es considerada la subrasante y la capa intermedia son las base granulares y las subbases granulares, siendo la capa superior la carpeta asfáltica.

- d. Se considera que las capas se encuentran ligadas con el asfalto y existe una fricción entre una capa y la otra.

Este método consiste en poder elegir una combinación de los elementos en relación a sus características de módulo de poisson y la elasticidad para así lograr deformaciones sea de manera horizontal o vertical que sean inversamente proporcionales al tránsito representando de la siguiente manera.

$$\epsilon_T = a \left(\frac{1}{N}\right)^b$$

Donde:

ϵ_T : Deformación por la tracción sobre la capas asfálticas.

N : Numero de repeticiones

a, b : Coeficientes considerados por las condiciones de campo y laboratorio.

De la misma forma se hace el cálculo de la deformación vertical.

$$\epsilon_V = c \left(\frac{1}{N}\right)^d$$

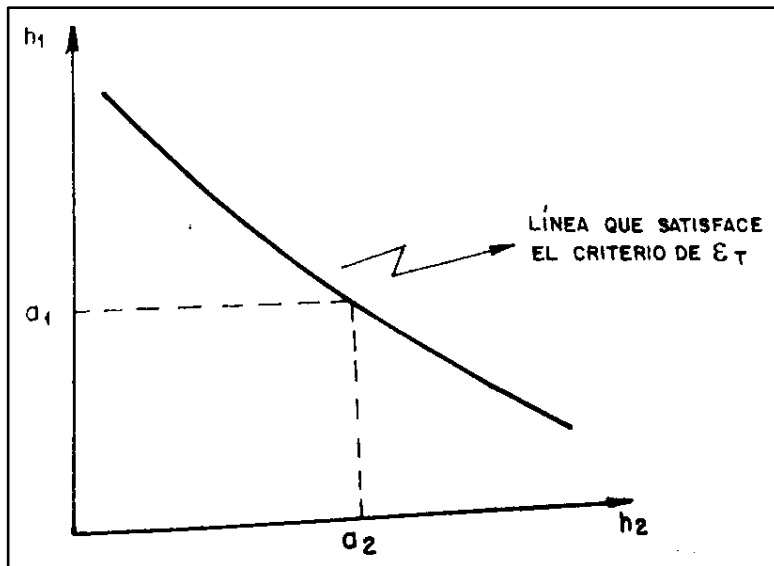
ϵ_V : Deformación vertical sobre la capas asfálticas.

N : Numero de repeticiones

c, d : Coeficientes considerados por las condiciones de campo y laboratorio.

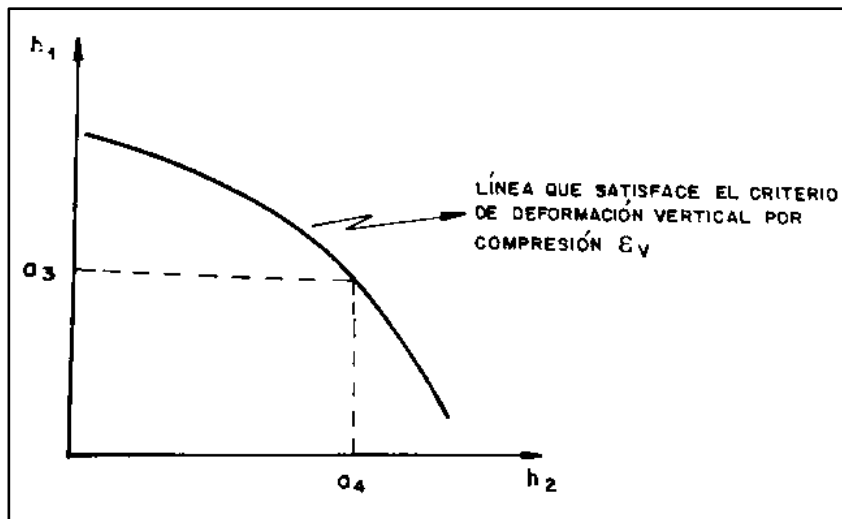
A partir de esta conceptualización a través del cálculo de deformaciones y esfuerzos y conociendo las características de los materiales se puede hacer el diseño de un pavimento flexible aplicando la metodología SHELL, para la aplicación de este método se ha utilizado diversos nomogramas, el cual está definido por una serie de espesores de capas ya sea de la mezcla asfáltica y las capas granulares que puedan haber satisfecho las deformaciones por tracción .

Figura 27. Curva que satisface el criterio de deformación por tracción



Fuente: Shell international Petroleum Company Limited

Figura 28. Curva que satisface el criterio de deformación por vertical

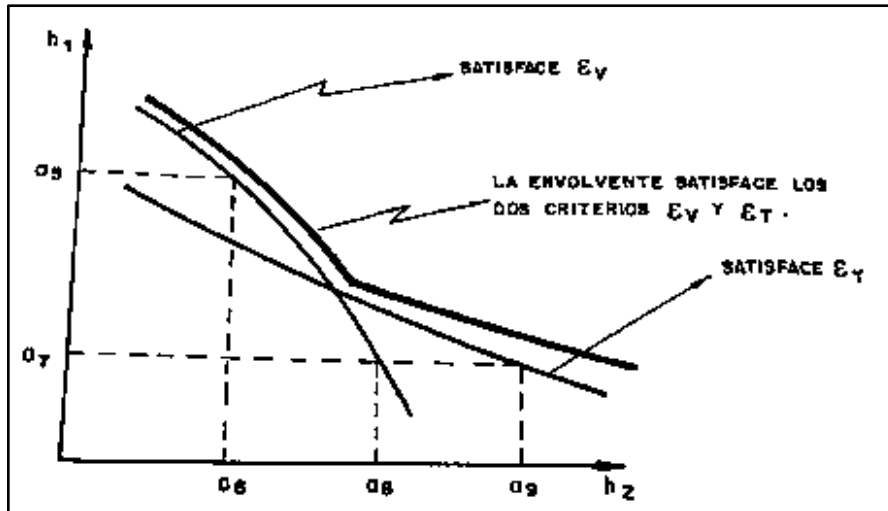


Fuente: Shell international Petroleum Company Limited

Sería necesario satisfacer sobre el criterio de deformación por tracción, mas no la deformación por compresión .

Se adopta el espesor de un pavimento de las capas asfálticas y las capas granulares se podrá cumplir sobre un criterio de deformación por la compresión, pero no la deformación por la tracción, esto debe ser como las capas granulares

Figura 29. *Envolvente que satisface simultáneamente la deformación vertical y horizontal*



Fuente: Shell international Petroleum Company Limited

1.21.1. **Parámetros para la aplicación de la metodología SHELL**

Los parámetros a tener en consideración para la metodología SHELL y calcular un diseño son los siguientes:

- El tránsito
- La temperatura
- Las propiedades de la capas granulares (subrasante, subbase y base granular)
- Características de la mezcla asfáltica.

1.21.1.1. **El Tránsito**

Los datos de tránsito de una vía requerida para el diseño del pavimento por el método Shell, se efectúa a través del número de ejes equivalentes acumulados (8.2 ton eje equivalente) el cual es calculado por la vida útil del pavimento o tiempo de serviciabilidad lo cual hace que su cálculo sea de la siguiente manera :

$$N = TPD \times \frac{A}{100} \times \frac{B}{100} \times 365 \times \frac{(1+r)^n - 1}{Ln(1+r)} \times FC$$

Siendo:

TPD : Tránsito promedio diario, proyecto para el primer año de la vía.

- A : % de vehículos comerciales (buses + camiones)
- B : % de vehículos comerciales de un solo carril.
- n : Periodo de diseño (años)
- FC : Factor camión

1.21.1.2. La Temperatura

El método concede especial importancia de la temperatura donde se construirá el pavimento y aunque se presenten variaciones diarias o estacionales sobre los módulos de elasticidad sobre las capas granulares, las propiedades de las capas asfálticas debido a la susceptibilidad térmica del asfalto, el comportamiento de una mezcla asfáltica caliente .

Por estas razones al poder estimar una temperatura media anual en la región se define como temperaturas variables.

Tabla 19. Factores de conversión de temperatura

Mes	MMAT, °C	Factor de ponderación
Enero	23	1.50
Febrero	20	1.00
Marzo	17	0.65
Abril	15	0.47
Mayo	16	0.61
Junio	18	0.81
Julio	18	0.86
Agosto	19	0.25
Septiembre	21	1.25
Octubre	23	1.50
Noviembre	25	2.10
Diciembre	23	1.50
		13.06
Factor de ponderación promedio	$\frac{13.06}{12}$	1.09

Fuente: Shell international Petroleum Company Limited

1.21.1.3. Propiedades de la Subrasante, subbase y base granular

El método exige el conocimiento del módulo dinámico de elasticidad de la subrasante que es de conocimiento en nuestro medio como módulo de resiliencia ya que al evaluar las circunstancias del suelo este encuentre una densidad de equilibrio que, al hallar mediante ensayos de laboratorio, con la aplicación de una carga sobre las condiciones de humedad y densidad sean consideradas buenas .

Cuando no se realiza estudios de la subrasante por no tener equipos técnicos de laboratorio se puede acudir a ensayos de resistencia (CBR) a base estos datos podemos determinar de una forma más indirecta el módulo dinámico, ya que el ensayo CBR permite determinar un valor tentativo del módulo dinámico .

$$MR = 10^7 \times CBR \text{ N/m}^2$$

$$MR = 100 \times CBR \text{ kg/cm}^2$$

Ya que para poder determinar el módulo resiliente de la base y subbase granular este método emplea la misma característica .

1.21.1.4. Características de la mezcla Asfáltica

Existen múltiples variadas de mezclas asfálticas pero este método considera que el conocimiento de las propiedades de estas son muy fundamentales ya que permite conocer:

- a. El módulo de elasticidad dinámico a cortos plazos sobre la aplicación de la carga (Stiffness)
- b. Resistencia a la fatiga es decir que a través del agrietamiento por la flexión será bajo cargas aplicadas

Con este método se pueden distinguir dos métodos o tipos de cementos asfáltico las de alta rigidez y la de contenidos promedios de los agregados y del asfalto ya que estas mezclas de baja rigidez presentan un alto grado de vacíos.

Las mezclas asfálticas elaboradas que presenten una penetración 50 (1/10 mm) serán utilizados para climas fríos y los de penetración 100 (1/10 mm) serán empleados para climas cálidos.

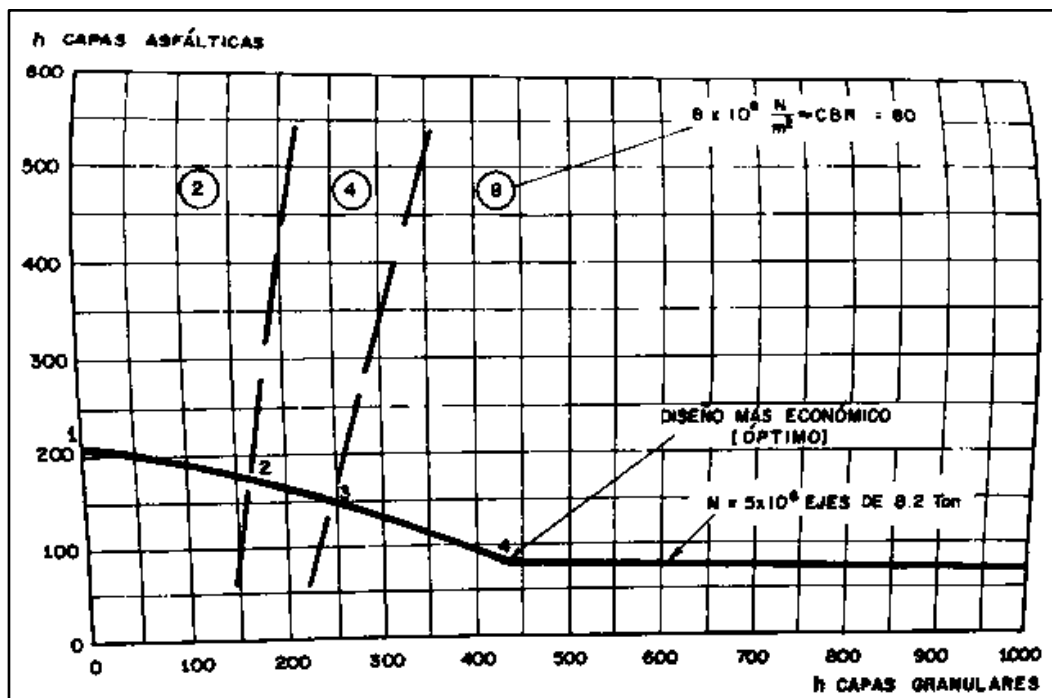
Con esta característica mencionada la metodología Shell reconoce 8 variades de cemento asfáltico.

1.21.2. Cálculo de espesores según la metodología SHELL

Con los datos anteriormente mencionado como el conteo vehicular, el módulo resiliente, serviciabilidad del pavimento. Se obtiene los siguientes parámetros para la obtención de espesores del pavimento flexible.

- Temperatura de la zona (Huancayo) : 20°C
- Numero de eje equivalente (20 años) : 8.37×10^6 ejes equivalentes.
- Código de la mezcla Shell : S1-F1-50 = PEN 85/100

Figura 30. Chart HN 49



Fuente: Shell international Petroleum Company Limited

Según la gráfica se presentan casos como alternativas de solución como módulo de resiliencia para un CBR mayor al 20% y para cualquier punto se dará una combinación de los espesores de la carpeta asfáltica y los espesores de la base granular que puedan satisfacer las necesidades correspondientes.

Según la gráfica y los parámetros planteados se tiene la siguiente tabla:

Tabla 20. *Resumen de alternativas de diseño metodología Shell*

Resumen de alternativas de diseño metodología Shell				
Alternativa	Espesor de las capas granulares, mm h ₂			Espesor de las capas asfálticas, mm. h ₁
	CBR ≥ 20	CBR ≥ 40	CBR ≥ 80	
1	-	-	-	210
2	170	-	-	170
3	160	90	-	150
4	75	150	200	75

Fuente: Elaboración propia

Según lo planteado se considera que la carpeta asfáltica, la base granular con CBR mayor al 20 % se obtiene espesores de capas de 150 mm y las capas granulares de 250 mm para la capa intermedia es ahí donde dentro de la gráfica se pueden obtener los siguientes resultados:

Espesores según la metodología Shell:

Tabla 21. *Espesor de pavimento flexible según la metodología Shell*

Carpeta asfáltica	75 mm
Base granular	200 mm
Sub base granular	200 mm


Fuente: Elaboración propia

Fotografía 9. *Tramo de prueba elaborado con metodología Shell*



1. TRAMO DE PRUEBA (“DEFLEXIÓN DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE - VIGA BENKELMAN) (MTC E 1002”).

Tabla 22. Tramo de prueba utilizando la Viga Benkelman (MTC E 1002).

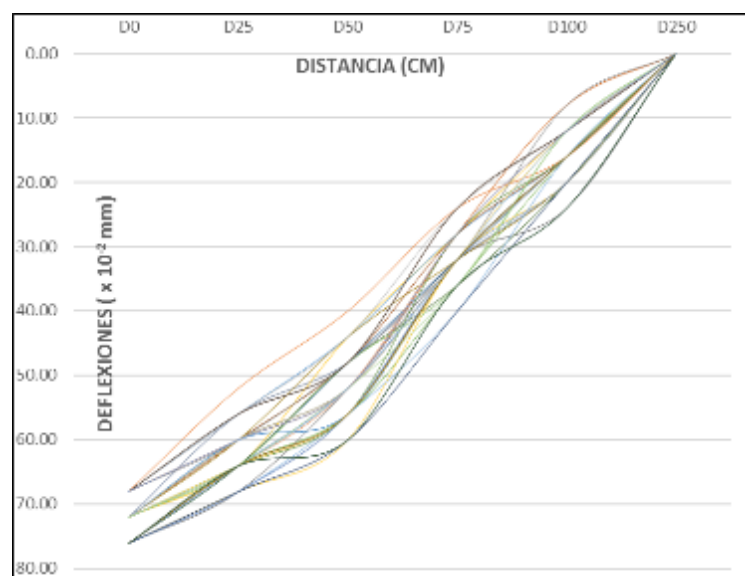
DESCRIPCIÓN	PROCEDIMIENTO	CARACTERIZACIÓN	IMÁGENES
<p>MEDIDA DE LA DEFLEXIÓN DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO LA VIGA BENKELMAN (MTC E 1002) .</p> <p>→ TRAMO DE PRUEBA DE ESPESORES DE PAVIMENTO CON MÉTODO DE AASHTO Y SHELL.</p> <p>A. OBJETIVO:</p> <p>Determinar la deflexión del pavimento flexible con espesores de la metodología AASHTO y la metodología SHELL .</p> <p>B. DEFINICIÓN:</p> <p>El tramo de prueba evaluado me permitió obtener la deformación del pavimento construido con la metodología AASHTO y la metodología Shell.</p> <p>C. MATERIALES QUE SE UTILIZÓ:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Densidad de Campo. 2. Camión volquete (8.2 ton). 3. Compactadora rodillo. 4. Herramientas. 	<p>Se ha realizado un tramo de prueba de 3x5 metros donde se ha puesto 1.5x5 metros construido con la metodología AASHTO y 1.5 x 5 con la metodología Shell.</p> <p>Se ha colocado el material granular utilizando un arola compactadora y el cual fue verificado con la prueba de densidad de campo.</p> <p>Se realizó la prueba de densidad de campo logrando obtener un valor de 100%v para colocar la imprimación asfáltica.</p> <p>Se coloca la imprimación asfáltica en toda la superficie controlando 1.3 lt/m² con la emulsión de rotura lenta tipo CSS-1h.</p> <p>Se ha colocado una carpeta asfáltica de espesor variable para cada condición o espesor de cada metodología calculada.</p>	<p>TRAMO DE PRUEBA:</p> <p>– MAC – Tramo de prueba construidos con metodología AASHTO y Shell con unas dimensiones 3x5 metros.</p>	

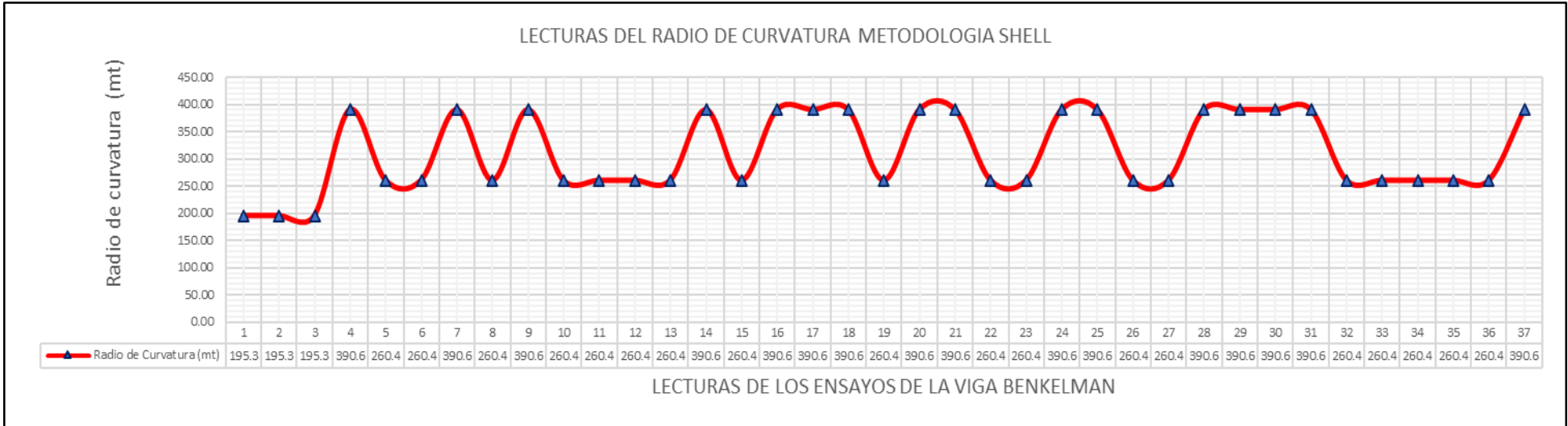
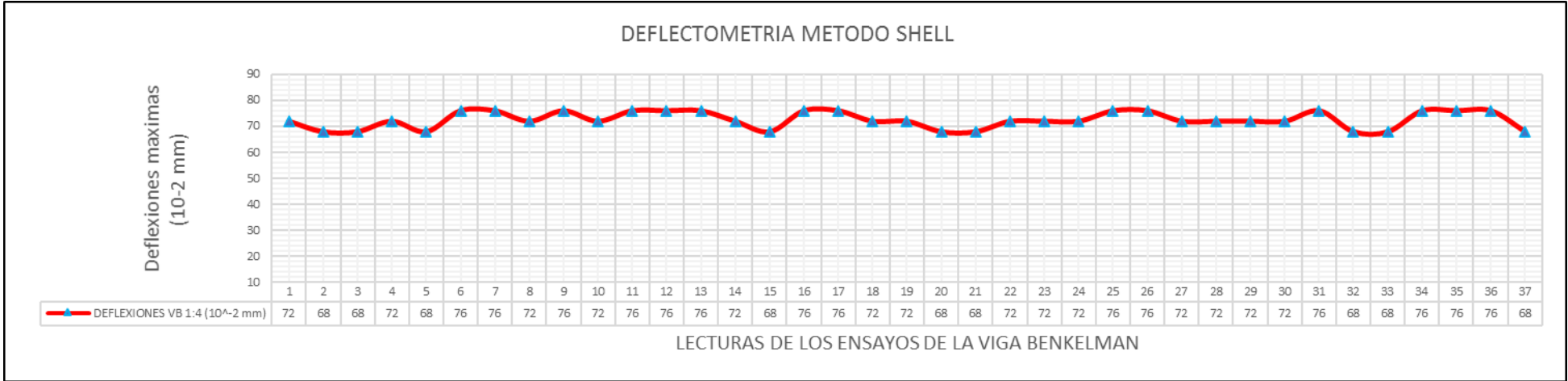
Fuente: Elaboración propia

Tabla 23. Análisis de la deflexión del tramo de prueba

Deflexión		
Lec.	Deflexión ($\times 10^{-2}$ mm)	Radio de Curvature (m)
1	0.72 mm	195,31 m
2	0.68 mm	195,31 m
3	0.68 mm	195,31 m
4	0.72 mm	390,63 m
5	0.68 mm	260,42 m
6	0.76 mm	260,42 m
7	0.76 mm	390,63 m
8	0.76 mm	260,42 m
9	0.76 mm	390,63 m
10	0.72 mm	260,42 m
11	0.76 mm	260,42 m
12	0.76 mm	260,42 m
13	0.76 mm	260,42 m
14	0.72 mm	390,63 m
15	0.68 mm	260,42 m
16	0.76 mm	390,63 m
17	0.76 mm	390,63 m
18	0.72 mm	390,63 m
19	0.72 mm	260,42 m
20	0.68 mm	390,63 m

Fuente: Elaboración propia

Figura 31. Cuenco de deflexiones



CAPITULO IV:

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

1.22. Discusión de resultados con antecedentes Internacionales

Con los resultados obtenidos se realizó una discusión de resultados con antecedentes internacionales para lo cual se ha buscado una interrelación entre las variables planteadas y que presentan una correlación entre las mismas.

Los resultados obtenidos por (Fontalba Gallardo, 2018) sostiene que en base a los datos obtenidos en su investigación los métodos planteados son válidos para poder ser utilizados en futuras construcciones ya que cumplen con lo requerido y que a la variación de los CBR se puede tomar los más críticos para el manejo del cálculo del módulo resiliente, dentro de la metodología más utilizada el AASHTO cumple con unos parámetros más relevantes y de fácil adquisición, se concuerda con el investigador ya que al utilizar la metodología AASHTO toma como mayor sistema de control el obtener datos de campo como el conteo vehicular, el estudio de mecánica de suelos.

Según lo planteado por (Castillo Rivera, 2018), sostiene que los esfuerzos presentados sobre los modelos analizados hacen que estos esfuerzos son más pequeñas a medida que se va aumentando el espesor de la carpeta de rodadura ya que la asimilación de la carga es mayor en los elementos más elásticos, los modelos de desempeño y sea el modelo AASHTO o KENLAYER se encuentran diversos comportamientos en este punto se concuerda con el investigador ya que al aumentar los espesores del pavimento este va a lograr una mejor asimilación de carga y ello llevará a poder determinar mejor el comportamiento estructural del pavimento, con esto se puede determinar mejor la serviciabilidad de la vía.

1.23. Discusión de resultados con antecedentes Nacionales

Para los resultados obtenidos por (Irigoin Quesquén, 2018) sostiene que al realizar un diseño y calcular los espesores del pavimento flexible en comparación con la metodología del instituto de asfalto se ha tenido una diferencia de los números estructurales en 27.28% se concuerda con el investigador ya que al realizar un análisis se presenta un mejor comportamiento la metodología

AASHTO toma como referencia la formula empírica la cual está en relación a CBR del suelo esto puede variar según la calidad de la subrasante.

Según (Aliaga Archi, 2017) concluye que las evaluaciones de los materiales de CBR analizados en la cantera de Sicaya posee un mejor comportamiento para la estructura del pavimento ya el material colocado al aumentar la calidad del material granular este tendrá un mejor comportamiento que podrá alcanzar una mejor estructura y un mejor asimilación de cargas, en este punto se concuerda con el investigador ya que al mejorar las condiciones del base granular se logra asimilar mejor la carga vehicular y se reduce el espesor del material granular.

CONCLUSIONES

1. Los espesores del pavimento flexible calculado por cada metodología representa lo valores obtenidos según los parámetros analizados por cada metodología, el resultado obtenido por la metodología AASHTO se obtuvo un valor del número estructural equivalente a 2.92 y el número de estructural según la metodología Shell se obtuvo y valor del número estructural de 3.05, lo cual representa que la metodología Shell es más conservadora puesto a que considera dentro de su la temperatura y la viscosidad de la cemento asfáltico.
2. El comportamiento estructural cuando es sometido a un esfuerzo de un pavimento flexible construido con la metodología AASHTO es menor a un pavimento flexible construido con la metodología Shell ya que el número estructural es mayor el calculado con esta metodología lo que significa que el espesor del pavimento va ser mayor por ende la asimilación de la carga va ser mayor.
3. El comportamiento estructural cuando se presente una deformación de un pavimento flexible construido con la metodología AASHTO es mayor a un pavimento flexible construido con la metodología Shell ya que el número estructural es menor el calculado con esta metodología lo que significa que el espesor del pavimento va ser mayor por ende la asimilación de la carga va ser mayor, esta evaluación fue analizada en el tramo de prueba siendo mayor las lecturas en el pavimento flexible diseñado con la metodología AASHTO.
4. Las consideraciones en la metodología Shell aumenta ya que se tiene que tener en consideración la temperatura de la zona, las características de los materiales utilizados y el tipo de ligante utilizado siendo estos elementos complementarios al diseño de la metodología AASHTO.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar estudios sobre el comportamiento entre los materiales utilizados ya que en consideración de un buen material se puede reducir espesores según la metodología Shell.
2. Se recomienda realizar ensayos especiales sobre el bitumen utilizado ya que dentro de la metodología Shell se tiene que tener consideración parámetros fisicoquímicos del asfalto.
3. Se recomienda realizar un análisis de costos ya que la metodología Shell aumento el número estructural lo representa que se debería aumentar los espesores del pavimento flexible.
4. Se recomienda realizar un nuevo análisis para la construcción de mezclas asfálticas en frío ya que dentro de su ejecución se utiliza la emulsión lo cual es diferente a la metodología Shell.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Aliaga Arqui, M. (2017). *Análisis comparativo del material para base y sub base de las canteras Umuto y Sicaya en pavimento flexible de subrasante de CBR menor al 10% Huancayo 2017*. Tesis de Pregrado, Universidad Peruana Los Andes, Escuela academica profesional de ingenieria civil, Huancayo.
- American Association of State Highway and Transportation Officials –AASHTO . (1986). *Guide for design of pavement structures*. Washington D.C.:AASHTO.
- American Association of State Highway and Transportation Officials –AASHTO. (1993). *Guide for design of pavement structures*. Estados Unidos: American Association of State Highway and Transportation Officials .
- Bernaola Chuquillanqui, R. J. (2014). *"Evaluación y determinación del índice de condición del pavimento rígido en la AV. Huanc." "Veusa. distrito Chilca, Huancayo"*. Tesis de pregrado, Universidad del centro del Perú, Facultad de Ingeniería Civil, Huancayo .
- Castillo Rivera , C. (2018). *Revisión de los métodos de diseño de pavimentos flexibles "AASHTO 93" y el "Modelo Elástico Lineal (Kenlayer)*. Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas, Escuela de Ingeniería Civil, Medellín.
- Cedeño Cevallos , J. A. (2017). *Propuesta de metodología complementaria a los diseños de pavimentos según AASHTO 93*. Tesis de Pregrado, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Carrera de Ingeniería Civil, Guayaquil.
- Escobar Bellido, L., & Huincho Ochoa, J. (2017). *Diseño de pavimento flexible, bajo influencia de parámetros de diseño debido al deterioro del pavimento en Santa Rosa – Sachapite, Huancavelica – 2017*. Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Huancavelica.
- Escobedo Rubio, J. B., & Herrera Aguilar, D. A. (2017). *"Evaluación de las deflexiones de la vía de evitamiento panamericana norte km 578 al km 583, utilizando la viga de benkelman"*. Tesis de pregrado, Universidad Privada Antenor Orrego, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Trujillo.
- Flores Siguenza, C. A., & Vásquez Flores, M. E. (2017). *Relación de las propiedades marshall de estabilidad y flujo de una mezcla asfáltica en caliente, durante su colocación y posterior a la misma*. Teses de magíster, Universidad de Cuenca, Maestría en Ingeniería en Vialidad y Transportes, Cuenca.
- Fontalba Gallardo, E. W. (2018). *Diseño de un pavimento alternativo para la Avenida Circunvalacion Sector Guacamayo 1° Etapa*. Tesis de Pregrado, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil en Obras Civiles, Valdivia.
- Garcia Vargas, A. B., Gutierrez Romero, F. A., & Hernandez Soriano, J. D. (2014). *Analisis comparativo para diseño de pavimentos flexibles mediante las alternativas: IMT-PAVE- Y CR-ME del metodo mecanicista empirico, con el metodo AASHTO 93*. Tesis para optar el grado de Ingenieria Civil, Universidad de el Salvador , San Salvadoi. Obtenido de <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/6344/1/An%C3%A1lisis%20comparativo%20para%20dise%C3%B1o%20de%20pavimentos%20flexibles%20mediante%20las%20alternativas>

% 20IMT% 20PAVE% 20y% 20CR% 20ME% 20del% 20m% C3% A9todo% 20mecanicista% 20emp% C3% ADrico,% 20con% 20el% 20m% C3% A9todo% 20A

- Guerrón Avecillas, S. A. (2013). *Comparación de resultados de densidad de campo por los métodos cono y arena, volumétrico y densímetro nuclear*. Tesis de pregrado, Universidad central del Ecuador, Carrera de Ingeniería Civil, Quito.
- Irigoin Quesquén, R. J. (2018). *Comparación entre los métodos AASHTO 93 e Instituto del asfalto para optimizar el diseño del pavimento flexible en el AH San Lorenzo – José Leonardo Ortiz – Chiclayo – Perú*. Tesis de Pregrado, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Lima.
- Iturbide Consultor, J. C. (2002). Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos. Guatemala. Obtenido de <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-de-pavimentos.pdf>
- (s.f.). *Manual de Carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones y según la norma ASTM D 1241*.
- (2013). *Manual del Ministerio de Transporte y Comunicaciones*.
- Martinez Rodriguez, D. S. (2015). *Impacto del control de pesos por eje de vehiculos pesados sobre la estructura de los pavimentos*. Tesis para optar el título profesional de Ingeniería Civil, Universidad Ricardo Palma, Lima-Perú. Obtenido de https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2404/martinez_ds.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Menendez Acurio, J. R. (2010). *Ingeniería de Pavimentos-Materiales, Diseño y Conservación*. Lima-Perú: Instituto de la Construcción y Gerencia. Obtenido de https://kupdf.net/download/4-ingenieria-de-pavimentos-materiales-diseo-y-conservacion-jose-rafael-menendez-acurio-1ra-edicion_5ca2d767e2b6f5035e4ffe0f_pdf
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2015). Proyecto de infraestructura de transporte nacional Provias Nacional-Estudio de tráfico de la carretera. Lima: Consorcio Global Vildar Ingenieros & F. Palacios L. Obtenido de http://gis.proviasnac.gob.pe/expedientes/2015/CP_42/Perfil%20Aprobado/1%20Estudio%20de%20Tráfico.pdf
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2014). Manual de Carreteras suelos geología, geotecnia y pavimentos. Perú. Obtenido de https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_7%20SGGP-2014.pdf
- Monsalve Escobar, L. M., Giraldo Vasquez, L. C., & Maya Gaviria, J. (2012). *Diseño de pavimento flexible y rígido*. Universidad del Quindío, Armenia. Via Aeropuerto EL EDEN.
- Montejo Fonseca, A. (2002). "Ingeniería de Pavimentos: Fundamentos, estudios básicos y diseño". Bogotá: Universidad Católica de Colombia. doi:ISBN:958-96036-2-9
- Olivera Bustamante, F. (2009). Estructuración de vías terrestres. México D.F.: GRUPO EDITORIAL PATRIA S.A. DE C.V. Obtenido de ISBN 968-26-0710-8

- Revolorio González, F. J. (2013). *Incidencia de resultados del ensayo proctor por la influencia de clima, humedad, equipo y superficie de base de compactación durante su desarrollo*. Tesis de pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Guatemala.
- Taipe Sarmiento, W., & Salas Tocasca, E. (2012). *Comportamiento del Pavimento Flexible con el uso de Geomallas en el distrito de Lircay KM 0+010 Camino a Ocopa departament de Huancavelica*. Tesis Pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica, Facultad de ingeniria de Minas - Civil, Huancavelica.
- Yela Quijada, J. R. (2017). *Determinación del gradiente térmico en losas de pavimentos de concreto hidráulico*. Tesis de Pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala, Escuela de Ingeniería Civil, Guatemala.
- Zelada Rojas, L. A. (2019). *Diseño de 1 km. de pavimento, carretera Juliaca - Puno*. Tesis para optar el titulo de Ingenieria Civil, Pntificia Universidad Catolica del Perú, Lima. Obtenido de https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/13836/ZELADA_ROJAS_LUIS_DISE%C3%91O_PAVIMENTO_JULIACA.pdf?sequence=1

ANEXO N°01

- Matriz de Consistencia

**Tesis: "MÉTODO AASHTO Y MÉTODO SHELL EN EL DISEÑO DE ESPESORES
PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUANCAYO – JUNÍN"**

- Matriz de Operacionalización de Variables.

MATRIZ DE CONSISTENCIA.

“MÉTODO AASHTO Y MÉTODO SHELL EN EL DISEÑO DE ESPESORES PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUANCAYO - JUNÍN.”				
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES Y DIMENSIONES	METODOLOGÍA
<p>Problema general:</p> <p>¿De qué manera influye el método AASHTO y el método SHELL en el diseño de espesores para pavimentos flexibles, Huancayo - Junín?</p>	<p>Objetivo general:</p> <p>Determinar de qué manera influye el método AASHTO y el método SHELL en el diseño de espesores para pavimentos flexibles, Huancayo - Junín.</p>	<p>Hipótesis general:</p> <p>Se determina que el método AASHTO y el método SHELL influyen significativamente en el diseño de espesores para pavimentos flexibles, Huancayo - Junín.</p>	<p>Variable Independiente:</p> <p>Método AASHTO y método SHELL.</p> <p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ejes equivalentes - Espesores de la carpeta asfáltica - Numero estructural - Carga aplicada. - Presión aplicada. - Radio de carga. - Módulo de elasticidad de la capa. <p style="text-align: center;">Relación de Poisson</p>	<p>Método de investigación: Cuantitativo.</p> <p>Tipo de investigación: Aplicado.</p> <p>Nivel de investigación: Explicativo.</p> <p>Diseño de investigación: Experimental.</p> <p>Cuando: 2019.</p> <p>Población y muestra:</p> <p>Población. La población está determinada por los pavimentos flexibles para ello se elaboraron y se probaron un total de 90 briquetas de mezcla asfáltica en caliente .</p> <p>Muestra: La muestra es de tipo no probabilístico intencional o dirigido, en este caso la muestra corresponde a los resultados del modelo AASHTO y modelo SHELL (estructural) del pavimento flexible y a los especímenes elaborados en laboratorio, cuyo detalle es el siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Diseño Marshall - Granulometría del agregado - Ensayo cántabro <p>Técnicas e instrumentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Recolección de datos <p>Técnicas de procesamiento de datos:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Análisis estadístico de resultados obtenidos en el laboratorio. -Ficha de organización, sistematización e interpretación de los datos obtenidos en los ensayos.
<p>Problemas específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ¿Cómo es el comportamiento del esfuerzo en el diseño de espesores por el método AASHTO y método SHELL para pavimento flexible, Huancayo - Junín? - ¿Cómo es el comportamiento de la deformación en el diseño de espesores por el método AASHTO y método SHELL para pavimento flexible, Huancayo – Junín? - ¿Cuáles son las consideraciones para el diseño de espesores por el método AASHTO y método SHELL para pavimento flexible, Huancayo - Junín? 	<p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Evaluar como es el comportamiento del esfuerzo en el diseño de espesores por el método AASHTO y el método SHELL para pavimentos flexibles, Huancayo - Junín. - Evaluar como es el comportamiento de la deformación en el diseño de espesores por el método AASHTO y el método SHELL para pavimentos flexibles, Huancayo - Junín. - Determinar cuáles son las consideraciones para el diseño de espesores por el método AASHTO y método SHELL para pavimento flexible, Huancayo - Junín. 	<p>Hipótesis específicas</p> <ul style="list-style-type: none"> - El comportamiento del esfuerzo influye de gran manera al diseñarse los espesores por el método AASHTO y método SHELL del pavimento flexible, Huancayo - Junín. - El comportamiento de la deformación influye de gran forma al diseñarse los espesores por el método AASHTO y método SHELL del pavimento flexible, Huancayo - Junín. - Las consideraciones varían según el diseño de espesores por el método AASHTO y el método SHELL para pavimentos flexibles, Huancayo - Junín. 	<p>Variable dependiente:</p> <p>Espesores para pavimento flexible</p> <p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Esfuerzo - Deformación - Desgaste - Resistencia 	

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA				
						1	2	3	4	5
<p align="center">1: Variable Independiente</p> <p align="center">Método AASHTO y método SHELL</p>	<p>EL método SHELL determina el tránsito a través del número acumulado de los ejes equivalentes aplicándose por medio de sistemas de ruedas dobles con un área de contacto circular de igual manera determinara la temperatura, las propiedades de la subrasante, subbase y base y por ultimo las características de la mezcla asfáltica.</p>	<p>Estos métodos permiten obtener valores tentativos de los espesores de un paquete estructural de un pavimento flexible ya que dentro de las consideraciones mínimas que debe de tener para poder cumplir la serviciabilidad de la vía, estos métodos tienen como referencia para el cálculo de un numero estructural referente a los ejes equivalentes o también conocido como conteo vehicular.</p>	Ejes equivalentes	Conteo Vehicular	Ficha de control	X				
			CBR	Resistencia de la subrasante	EMS	X				
			Temperatura del asfalto	Adherencia de los agregados	Termómetros	X				
			Modulo resiliente	Serviciabilidad	Formula empírica	X				
<p align="center">2: Variable Dependiente</p> <p align="center">Espesores para pavimento flexible</p>	<p>Los espesores para pavimento flexible están constituidos por capas superpuestas de diferentes materiales y compactadas de manera adecuada, asimismo los espesores estarán sujeto a las condiciones de diseño de cada uno de los métodos.</p>	<p>Los espesores del pavimento flexible están referenciados a la serviciabilidad que presentará una vía ya que estos al ser sometidos a una carga o un eje equivalente dentro de la vía esta generará una carga el cual será asimilada por las capas del pavimento flexible.</p>	Numero estructural	Espesores del paquete estructural	Dimensiones	X				
			Deflectometría	Deflexiones	Curva deflectometría	X				
			Asimilación de carga	Bulba de presión	Eje equivalente	X				

ANEXO N°02

- Panel Fotográfico.

**TESIS: METODO AASHTO Y METODO SHELL EN EL DISEÑO DE ESPESORES
PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES HUANCAYO- JUNIN**

TESISTA: ACEVEDO ZARATE LISBETH KELLY

**PROCEDIMIENTO: EXCAVACION, ELIMINACION, RELLENO Y
COMPACTADO CON MATERIAL DE PRESTAMO – M. AASHTO Y M. SHELL**

PANEL FOTOGRÁFICO



Fotografía N°1: Movimiento de tierra del tramo de prueba.



Fotografía N°2: Perfilado después de la eliminación de material del tramo de prueba.



Fotografía N°3: Colocación de la base granular con material de préstamo.



Fotografía N°4: Compactación de la base con material de préstamo en 3 capas.



Fotografía N°5: Finalizando compactación de la base.



Fotografía N°6: Finalizando compactación de la base.



Fotografía N°7: Superficie de la base granular compactada para ambos métodos – METODO AASHTO Y METODO SHELL.

TESIS: METODO AASHTO Y METODO SHELL EN EL DISEÑO DE ESPESORES PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES HUANCAYO- JUNIN

TESISTA: ACEVEDO ZARATE LISBETH KELLY

ENSAYO: DENSIDAD DE CAMPO – METODO AASHTO Y METODO SHELL

PANEL FOTOGRÁFICO



Fotografía N°1: Limpieza del espacio donde se hará la prueba.



Fotografía N°2: Con ayuda de un cincel y una comba removemos el material que está dentro de la placa metálica hueca.



Fotografía N°3: Extraemos el material removido para pasarlo a pesar.



Fotografía N°4: El peso obtenido pasamos a registrarlo en el formato densidad de campo.



Fotografía N°5: Peso obtenido del material extraído.



Fotografía N°6: Vaciamos el cono de arena al hoyo que quedo hasta rellenar todo el espacio vacío del hueco.



Fotografía N°7: Peso del cono con la arena que quedo.



Fotografía N°8: Peso del cono con la arena restante.



Fotografía N°9: Tamizaje para retener el agregado grueso.



Fotografía N°10: Peso del agregado grueso.



Fotografía N°11: Peso de la tara sin ningún contenido.



Fotografía N°12: Peso de la tara con el material extraído.



Fotografía N°13: secado del material extraído.

**PROYECTO: METODO AASHTO Y METODO SHELL EN EL DISEÑO DE
ESPEORES PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES HUANCAYO- JUNIN**

TESISTA: ACEVEDO ZARATE LISBETH KELLY

**PROCEDIMIENTO: IMPRIMACION ASFALTICA – METODO AASHTO y
METODO SHELL**

PANEL FOTOGRÁFICO



Fotografía N°1: Limpieza del tramo de prueba para realizar la imprimación.



Fotografía N°2: Colocación de la imprimación asfáltica con emulsión.



Fotografía N°3: Colocación de la imprimación asfáltica con emulsión.



Fotografía N°4: Después de emplear la imprimación se dispersó arena para el secado rápido.

**PROYECTO: METODO AASHTO Y METODO SHELL EN EL DISEÑO DE
ESPEORES PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES HUANCAYO- JUNIN**

TESISTA: ACEVEDO ZARATE LISBETH

**PROCEDIMIENTO: CARPETA ASFALTICA – METODO AASHTO y METODO
SHELL**

PANEL FOTOGRÁFICO



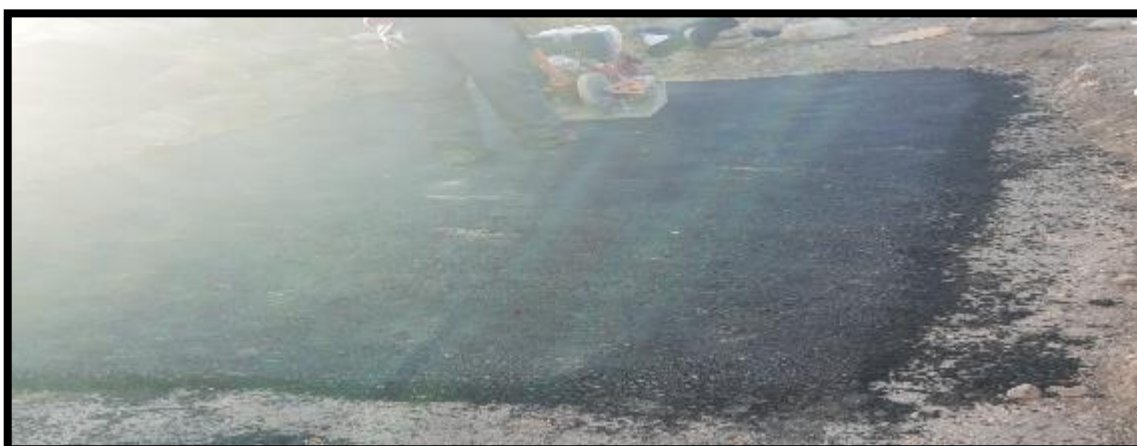
Fotografía N°1: Preparación para la colocación de la carpeta asfáltica.



Fotografía N°2: Mezcla en caliente de los agregados con el material bituminoso obtenido del asfalto o petróleo.



Fotografía N°3: Colocación y compactado de la carpeta asfáltica para el método AASHTO.



Fotografía N°4: Colocación y compactado de la carpeta asfáltica para el método SHELL.



Fotografía N°5: Culminación del colocado de la carpeta para ambos métodos.



Fotografía N°6: Carpeta asfáltica terminada para el METODO AASHTO Y METODO SHELL.



Fotografía N°7: Carpeta asfáltica terminada para el METODO AASHTO Y METODO SHELL.

**PROYECTO: METODO AASHTO Y METODO SHELL EN EL DISEÑO DE
ESPEORES PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES HUANCAYO- JUNIN**

TESISTA: ACEVEDO ZARATE LISBETH KELLY

ENSAYO: VIGA BENKELMAN – METODO AASHTO y METODO SHELL

PANEL FOTOGRÁFICO



Fotografía N°1: Tramo e instalación de equipo (Viga Benkelman).



Fotografía N°2: Lectura de la viga Benkelman después de arrancado el volquete de 8 toneladas – Método AASHTO.



Fotografía N°3: Lectura de la viga Benkelman después de arrancado el volquete de 8 toneladas – Método SHELL.



Fotografía N°4: Extracción de núcleos – Método SHELL.



Fotografía N°5: extracción de núcleos – Método AASHTO.



Fotografía N°6: Núcleos extraídos – Método SHELL y Método AASHTO.

ANEXO N°03

- Resultados de Laboratorio.
 - ✓ Granulometrías.
 - ✓ Combinación Teórica de Agregados.
 - ✓ Combinación Física de Agregados.
 - ✓ Propiedades de los Agregados.
 - ✓ Diseño Marshall.
 - ✓ Viga Benkelman.
 - ✓ Método SHELL
 - ✓ Método AASHTO
 - ✓ Cántabro.
 - ✓ Lavado Asfáltico.
 - ✓ Control de Calidad.

2021

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS,
CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Bach. Ing. ACEVEDO ZARATE LISBETH KELLY



**“METODO AASHTO Y METODO SHELL EN EL
DISEÑO DE ESPESORES PARA PAVIMENTOS
FLEXIBLES, HUANCAYO - JUNIN”**



GEO TEST V S.A.C.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.



DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
Ref. a una cuadra frente al parque Pazo Av.
(Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
geotest.v@gmail.com.

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

GRANULOMETRÍAS

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

Título: "METODO AASHTO Y METODO SHELL EN EL DISEÑO DE ESPORES PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUANCAYO - JUNIN."

Teslista: ACEVEDO ZARATE LISBETH KELLY

Tipo de Material: GRAVA DE 3/4"

RESUMEN DE ENSAYOS DE LA GRAVA DE 3/4

Item	N° de Registro	Fecha de Ensayo	Tipo de Muestra	Turno	Análisis Granométrico por tamizado % Que Pasa												Fecha de Muestreo	Código de Muestra						
					1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 8	N° 10	N° 16	N° 30	N° 40	N° 50	N° 80			N° 100	N° 200				
001	Grava de 3/4"	Abr-21	Agregado grueso (Aparat)	Dia	26.400	100.0	12.700	9.525	4.760	2.360	2.000	1.190	0.600	0.425	0.300	0.190	0.150	0.0760	0.1	Ab-21	M-1			
002	Grava de 3/4"	Abr-21	Agregado grueso (Agasta)	Dia	100.0	100.0	33.1	10.5	3.9	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	Ab-21	M-2			
					100.0	100.0	33.9	10.4	3.7	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1					
					PROMEDIO																			
					100.0	100.0	34.7	10.5	3.9	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1				
					MAXIMO																			
					100.0	100.0	33.1	10.3	3.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1				
					MINIMO																			
					0.0	0.0	1.1	0.1	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
					DESV. ESTÁNDAR																			
					0.0	0.0	1.3	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
					VARIANZA																			
					0.0	0.0	3.3	1.4	5.7	0.0	10.0	2.6	2.6	2.5	2.6	7.3	2.6	2.6	25.5					
					COEFICIENTE VARIACION																			

ESTADISTICOS

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

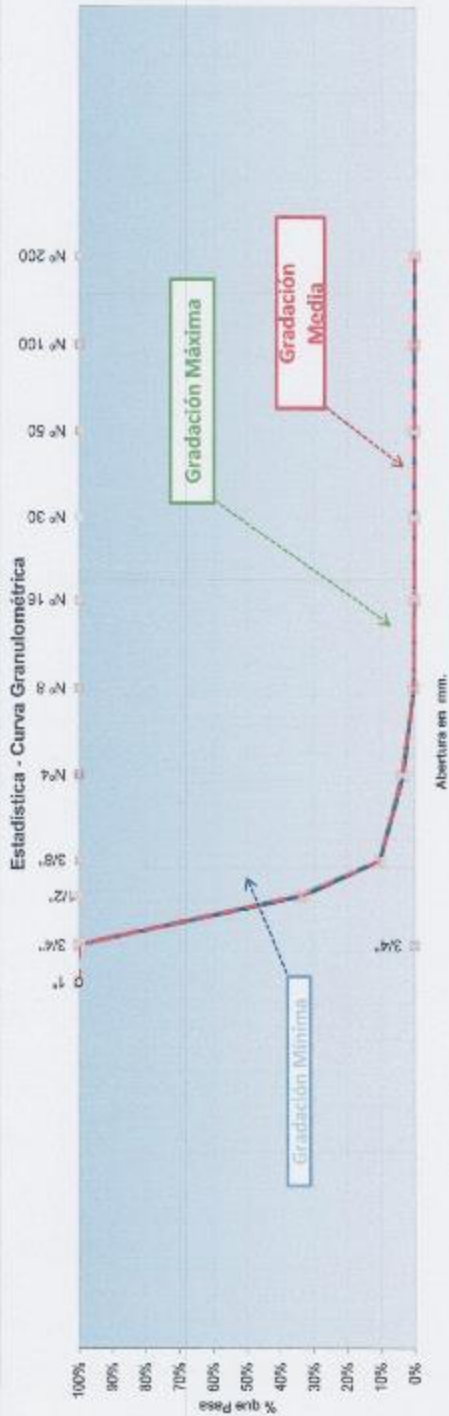
Título: "METODO AASHTO Y METODO SHELL EN EL DISEÑO DE ESPORES PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES. HUANCAYO - JUNIN."

Testista: ACEVEDO ZARATE LISBETH KELLY

Tipo de Material: GRAVA DE 1/2"

RESUMEN DE ENSAYOS DE LA GRAVA DE 3/4

Estadísticas	Análisis Granulométrico - % que Pasa Tamiz										
	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº 8	Nº 16	Nº 30	Nº 50	Nº 100	Nº 200
Abertura de tamices (mm)	25.400	19.000	12.700	9.500	4.750	2.360	1.180	0.850	0.300	0.150	0.074
Nº de ensayos	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Máximo	100.0	100.0	34.7	10.5	3.9	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1
Mínimo	100.0	100.0	33.1	10.3	3.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1
Xp Promedio	100.0	100.0	33.9	10.4	3.7	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1
Desviación Estándar	0.0	0.0	1.1	0.1	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Varianza	0.0	0.0	1.3	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Coefficiente Variación	0.0	0.0	3.3	1.4	9.7	0.0	2.6	2.6	2.6	2.6	25.5



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(MTC E107 - ASTM C136 - AASHTO T88)

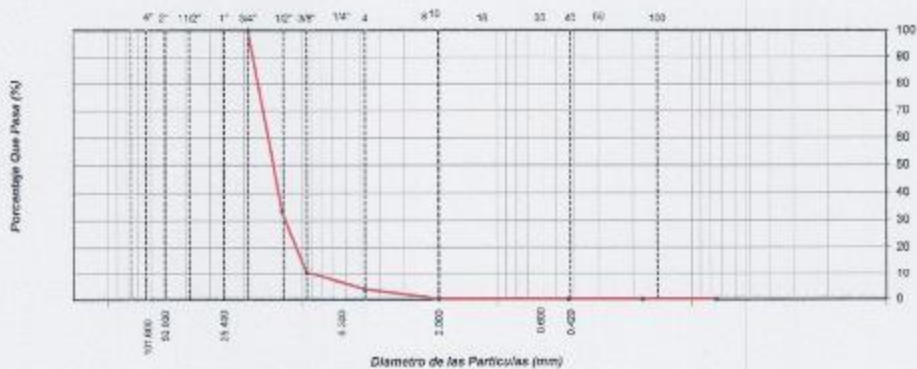
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

TÍTULO: "MÉTODO AASHTO Y MÉTODO SHELL EN EL DISEÑO DE ESPESORES PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUANCAYO - JUNIN"
TESISTA: ACEVEDO ZARATE LISBETH KELLY
CANTERA: APATA **HECHO POR:** A. Y. G.
MATERIAL: GRAVA DE 3/4" **FECHA:** JULIO 2021

Muestra: Agregado Grueso M01 **Tamaño Máximo:** 3/4"
Peso Inicial Seco: 1810.0 g **Peso Inicial Seco:** 1810.0 g

TAMIZ	PULGADAS	(mm)	PESO		%		ESPECIFICACION	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
			RETENIDO	QUE PASA	RETENIDO	ACUMULADO		
4"		101.600					Límite Líquido (LL): Límite Plástico (LP): Índice Plástico (IP): Clasificación (SUCS): Clasificación (AASHTO): Contenido Humedad (%):	
3"		76.200						
2 1/2"		50.800						
2"		50.800						
1 1/2"		38.100						
1"		25.400						
3/4"		19.050				100.0		
1/2"		12.700	1210.0		66.9	33.1		
3/8"		9.525	410.0		22.7	89.5		10.5
1/4"		6.300						
Nº 4		4.750	120.0		6.6	93.4	3.9	
Nº 8		2.360	64.0		3.5	99.7	0.3	
Nº 10		2.000	2.0		0.1	99.8	0.2	
Nº 18		1.180	1.0		0.1	99.8	0.2	
Nº 20		0.840			0.0			
Nº 30		0.600	0.0		0.0	99.8	0.2	
Nº 40		0.425	0.0		0.0	99.8	0.2	
Nº 60		0.300	0.0		0.0	99.8	0.2	
Nº 80		0.180	0.0		0.0	99.8	0.2	
Nº 100		0.150	0.0		0.0	99.8	0.2	
Nº 200		0.740	2.0		0.1	99.9	0.1	
< Nº 200		FONDO	2.0		0.1	100.1		

CURVA GRANULOMETRICA



OBSERVACIONES :

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(MTC E107 - ASTM C136 - AASHTO T88)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

TÍTULO: "METODO AASHTO Y METODO SHELL EN EL DISEÑO DE ESPESORES PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUANCAYO - JUNIN"
TESISTA: ACEVEDO ZARATE LISBETH KELLY
CANTERA: APATA
MATERIAL: GRAVA DE 3/4"

HECHO POR: A.Y.G.
FECHA: JULIO 2021

Muestra: Agregado Grueso M02 **Tamaño Máximo:** 3/4"
Peso Inicial Seco: 3200.0 g

TAMIZ	PESO	%	%	%	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
PULGADAS (mm)	RETENIDO	RETENIDO	ACUMULADO	QUE PASA	A	
4"	101.600					Límite Líquido (LL): Límite Plástico (LP): Índice Plástico (PI): Clasificación (SUCS): Clasificación (AASHTO): Contenido Humedad (%):
3"	76.200					
2 1/2"	63.500					
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050			100.0		
1/2"	12.700	2090.0	65.3	65.3	34.7	
3/8"	9.525	780.0	24.4	89.7	10.3	
1/4"	6.300					
Nº 4	4.750	220.0	6.9	93.6	3.4	Índice de consistencia (IC): Coef. de compresi6n (CC): Contenido de humedad: Índice DFR: Índice de Aguilar (LI):
Nº 8	2.360	100.0	3.1	99.7	0.3	
Nº 10	2.000	3.0	0.1	99.8	0.2	
Nº 18	1.150	1.0	0.0	99.8	0.2	
Nº 20	0.840		0.0			
Nº 30	0.600	0.0	0.0	99.8	0.2	
Nº 40	0.425	0.0	0.0	99.8	0.2	
Nº 60	0.300	0.0	0.0	99.8	0.2	
Nº 80	0.180	0.0	0.0	99.8	0.2	
Nº 100	0.150	0.0	0.0	99.8	0.2	
Nº 200	0.740	2.0	0.1	99.9	0.1	
< Nº 200	FONDO	2.0	0.1	99.9		

CURVA GRANULOMETRICA



OBSERVACIONES :

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

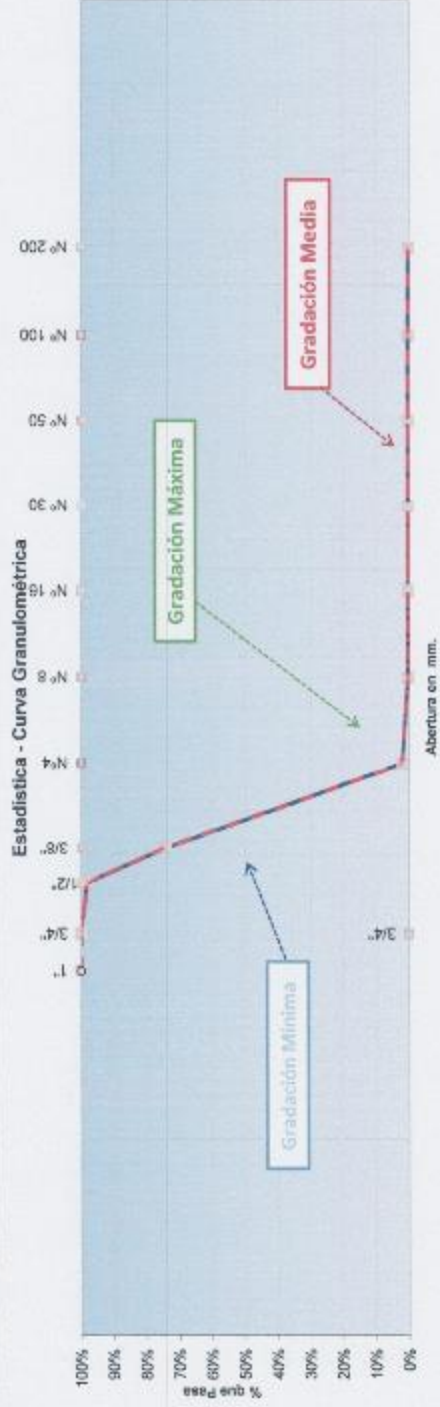
Título: "METODO AASHTO Y METODO SHELL EN EL DISEÑO DE ESPESORES PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUANCAYO - JUNIN."

Testista: ACEVEDO ZARATE LISBETH KELLY

Tipo de Material: GRAVA DE 1/2"

RESUMEN DE ENSAYOS DE LA GRAVA < 1/2"

Estadísticas	Análisis Granulométrico - % que Pasa Tamiz										
	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 8	Nº 16	Nº 30	Nº 50	Nº 100	Nº 200
Abertura de tamices (mm)	25.400	19.000	12.700	9.500	4.750	2.350	1.180	0.600	0.300	0.150	0.074
Nº de ensayos	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Máximo	100.0	100.0	96.5	74.5	2.1	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2
Mínimo	100.0	100.0	96.2	74.1	2.0	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2
Xp Promedio	100.0	100.0	96.4	74.3	2.1	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2
Desviación Estándar	0.0	0.0	0.2	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Varianza	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Coefficiente Variación	0.0	0.0	0.2	0.4	3.4	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(MTC E107 - ASTM C136 - AASHTO T89)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

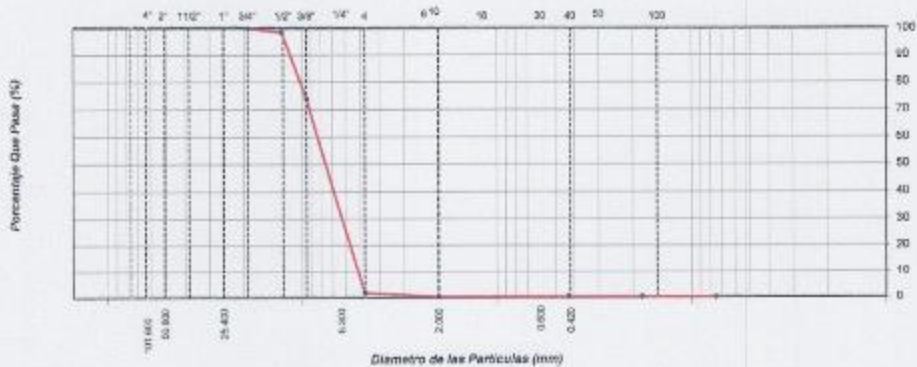
TÍTULO: "METODO AASHTO Y METODO SHELL EN EL DISEÑO DE ESPESORES PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUANCAYO - JUNIN"
TESISTA: ACEVEDO ZARATE LISBETH KELLY
CANTERA: APATA
MATERIAL: GRAVA DE 1/2"
HECHO POR: A. Y. G.
FECHA: JULIO 2021

Muestra: Agregado Grueso M01 **Tamaño Máximo:** 1/2"
Peso Inicial Seco: 1016.3 g

TAMIZ	PESO	%	% RETENIDO	%	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
PULGADAS	(mm)	RETENIDO	RETENIDO	ACUMULADO	QUE PASA	
4"	101.600					Límite Líquido (LL): Límite Plástico (LP): Índice Plástico (IP): Clasificación (SUCS): Clasificación (AASHTO): Contenido Humedad (%):
3"	76.200					
2 1/2"	63.500					
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400				100.0	
3/4"	19.050					
1/2"	12.700	15.0	1.5	1.5	98.5	
3/8"	9.525	247.0	24.4	25.9	74.1	
1/4"	6.300					
Nº 4	4.750	728.0	72.1	98.0	2.0	Índice de consistencia (IC): Coef. de compresibilidad (CC): Contenido de humedad: Índice CBR: Índice de liquidez (LI):
Nº 8	2.360	17.0	1.7	99.7	0.3	
Nº 10	2.000	3.0	0.0	99.7	0.3	
Nº 15	1.190	0.0	0.0	99.7	0.3	
Nº 20	0.840	0.0	0.0			
Nº 30	0.600	0.0	0.0	99.7	0.3	
Nº 40	0.425	0.0	0.0	99.7	0.3	
Nº 60	0.300	0.0	0.0	99.7	0.3	
Nº 80	0.180	0.0	0.0	99.7	0.3	
Nº 100	0.150	0.0	0.0	99.7	0.3	
Nº 200	0.740	1.0	0.1	99.8	0.2	
< Nº 200	FONDO	1.0	0.1	99.9		

OBSERVACIONES:

CURVA GRANULOMETRICA



OBSERVACIONES: _____

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(MTC E107 - ASTM C136 - AASHTO T88)

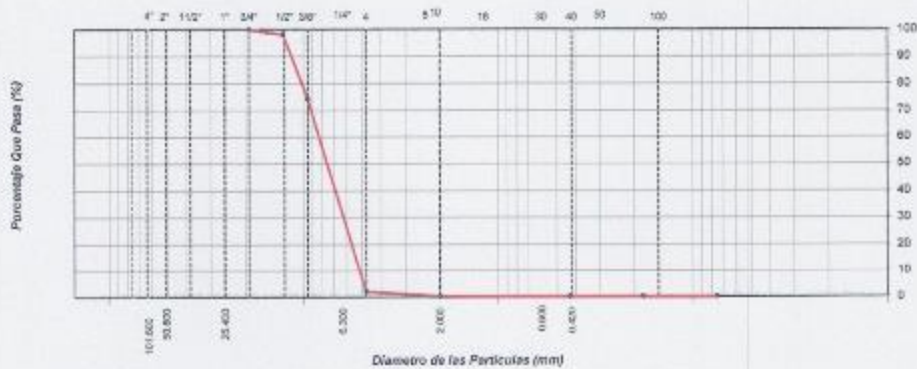
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

TÍTULO: "METODO AASHITO Y METODO SHELL EN EL DISEÑO DE ESPESORES PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUANCAYO - JUNIN"
TESISTA: ACEVEDO ZARATE LISBETH KELLY
CANTERA: APATA **HECHO POR:** A.Y.G.
MATERIAL: GRAVA DE 1/2" **FECHA:** JULIO 2021

Muestra: Agregado Grueso M02 **Tamaño Máximo:** 1/2"
Peso Inicial Seco: 1305.0 g

TAMIZ	PESO	%	% RETENIDO	%	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
PULGADAS	(mm)	RETENIDO	RETENIDO	ACUMULADO	QUE PASA	
4"	101.600					Límite Líquido (LL) : Límite Plástico (LP) : Índice Plástico (IP) : Clasificación (SUCS) : Clasificación (AASHTO) : Coeficiente de humedad (%):
3"	76.200					
2 1/2"	63.500					
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050				100.0	
1/2"	12.700	23.0	1.0	1.0	98.2	
3/8"	9.525	310.0	23.0	25.5	74.5	
1/4"	6.300					
Nº 4	4.750	945.0	72.4	97.8	2.1	Índice de consistencia (IC) : Coef. de compresibilidad (CC) : Contenido de humedad: Índice CBR: Índice de liquidez (LI) :
Nº 5	3.360	23.0	1.8	99.7	0.3	
Nº 10	2.000	0.2	0.0	99.7	0.3	
Nº 16	1.180	0.2	0.0	99.7	0.3	
Nº 20	0.840	0.0	0.0			
Nº 30	0.600	0.0	0.0	99.7	0.3	
Nº 40	0.425	0.0	0.0	99.7	0.3	
Nº 50	0.300	0.0	0.0	99.7	0.3	
Nº 60	0.250	0.0	0.0	99.7	0.3	
Nº 100	0.150	0.0	0.0	99.7	0.3	
Nº 200	0.740	1.0	0.1	99.8	0.2	
< Nº 200	FONDO	1.0	0.1	99.9		

CURVA GRANULOMETRICA



OBSERVACIONES :

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

Título: "METODO AASHTO Y METODO SHELL EN EL DISEÑO DE ESPESORES PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUANCAYO - JUNIN. "

Tesista: ACEVEDO ZARATE LISBETH KELLY

Tipo de Material: ARENA TRITURADA

RESUMEN DE ENSAYOS DE LA ARENA TRITURADA < 1/4"

Item	N° de Registro	Fecha de Ensayo	Tipo de Muestra	Turno	Análisis Granométrico por tamizado. % Que Pasa												Fecha de Muestreo	Código de Muestra		
					1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 8	N° 10	N° 16	N° 30	N° 40	N° 60	N° 80			N° 100	N° 200
001	Agregado fino	Abri-21	Arena chancada de 1/4"	Día	100.0	100.0	100.0	100.0	95.7	65.7	59.7	42.7	29.3	24.9	21.2	17.2	15.3	11.7	Abri-21	M-1
002	Agregado fino	Abri-21	Arena chancada de 1/4"	Día	100.0	100.0	100.0	100.0	95.9	65.6	59.9	42.8	28.1	24.6	21.0	17.4	15.2	11.4	Abri-21	M-2
003	Agregado fino	Abri-21	Arena chancada de 1/4"	Día	100.0	100.0	100.0	100.0	95.8	65.7	60.0	42.8	28.4	24.6	21.0	17.1	15.4	11.8	Abri-21	M-3
ESTADÍSTICOS					PROMEDIO															
					100.0	100.0	100.0	100.0	95.7	65.7	59.9	42.8	29.3	24.8	21.1	17.2	15.3	11.6		
MAXIMO					MAXIMO															
					100.0	100.0	100.0	100.0	95.9	66.7	60.0	42.8	29.4	24.9	21.2	17.4	15.4	11.8		
MINIMO					MINIMO															
					100.0	100.0	100.0	100.0	95.6	65.6	59.7	42.7	29.1	24.8	21.0	17.1	15.2	11.4		
DESV. ESTÁNDAR					DESV. ESTÁNDAR															
					0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2		
VARIANZA					VARIANZA															
					0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
COEFICIENTE VARIACION					COEFICIENTE VARIACION															
					0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	0.3	0.1	0.5	0.6	0.5	0.9	0.7	1.8		

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(MTC E107 - ASTM C136 - AASHTO T88)

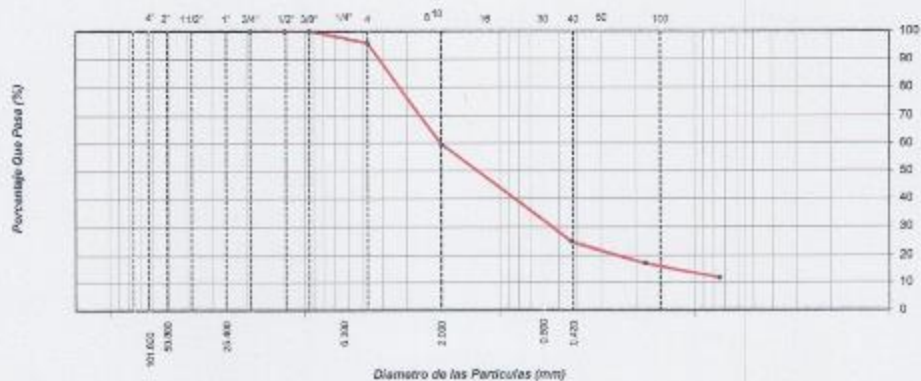
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

TÍTULO: "MÉTODO AASHTO Y MÉTODO SHELL EN EL DISEÑO DE ESPESORES PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUANGAYO - JUNÍN"
 TESISTA: ACEVEDO ZARATE LISBETH KELLY
 CANTERA: APATA
 MATERIAL: ARENA CHANCADA DE 1/4"
 HECHO POR: A. Y. G.
 FECHA: JULIO 2021

Muestra: Agregado Fino M01 Tamaño Máximo: 3/8"
 Peso Inicial Seco: 1133.0 g

TAMIZ	PESO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFICACION A	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
4"	101.600					Límite Líquido (LL): Límite Plástico (LP): Índice Plástico (IP): Clasificación (SUCS): Clasificación (AASHTO): Contenido humedad (%):
3"	75.200					
2 1/2"	63.500					
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/2"	12.700					
3/8"	9.525			100.0		
1/4"	8.300					
Nº 4	4.750	46.0	4.3	95.7		Índice de consistencia (CI): Coef. de compresibilidad (CC): Contenido de humedad: Índice CBR: Análisis de líquidos (L):
Nº 8	2.360	340.0	30.0	65.7		
Nº 10	2.000	58.0	6.0	40.3		
Nº 15	1.190	161.7	16.9	67.3		
Nº 20	0.840	84.0	7.4	64.7		
Nº 30	0.600	68.8	6.1	70.7		
Nº 40	0.425	49.3	4.4	75.1		
Nº 50	0.300	42.2	3.7	78.8		
Nº 80	0.190	44.9	4.0	82.8		
Nº 100	0.150	22.3	2.0	84.7		
Nº 200	0.740	40.5	3.6	86.3		
< Nº 200	FONDO	132.3	11.7	100.0		

CURVA GRANULOMETRICA



OBSERVACIONES :

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(MTC E107 - ASTM C136 - AASHTO T88)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

TÍTULO: "METODO AASHTO Y METODO SHELL EN EL DISEÑO DE ESPESORES PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUANCAYO - JUNIN"
TESISTA: ACEVEDO ZARATE LISBETH KELLY
CANTERA: APATA
MATERIAL: ARENA CHANCADA DE 1/4"

HECHO POR: A.Y.G.
FECHA: JULIO 2021

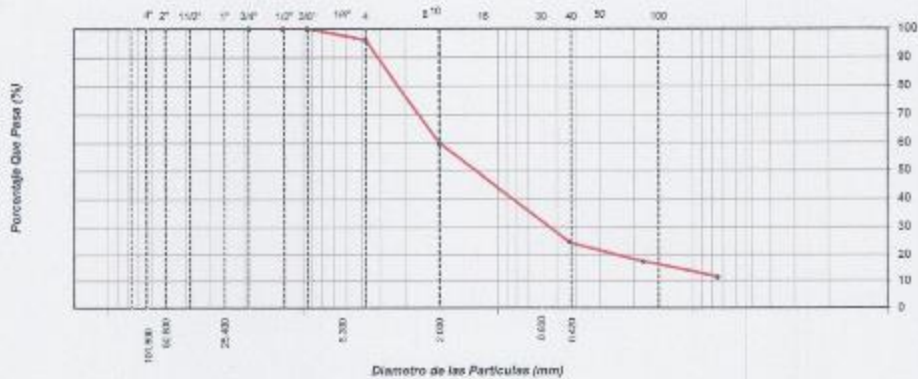
Muestra: Agregado Fino M02 **Tamaño Máximo:** 3/8"
Peso Inicial Seco: 1055.0 g

TAMIZ	PESO	%	% RETENIDO	%	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
PULGADAS	(mm)	RETENIDO	RETENIDO	ACUMULADO	QUE PASA	A
4"	101.600					
3"	76.200					
2 1/2"	63.500					
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/2"	12.700					
3/8"	9.525				100.0	
1/4"	6.300					
Nº 4	4.750	43.2	4.1	4.1	95.9	
Nº 8	2.360	320.0	30.3	34.4	65.6	
Nº 10	2.000	80.0	5.7	40.1	59.9	
Nº 16	1.190	180.0	17.1	57.2	42.8	
Nº 20	0.840	40.0	3.5	61.0	39.0	
Nº 30	0.600	105.0	10.0	70.9	29.1	
Nº 40	0.425	45.0	4.3	75.2	24.8	
Nº 50	0.300	40.0	3.5	79.0	21.0	
Nº 60	0.250	38.2	3.5	82.6	17.4	
Nº 100	0.150	23.0	2.2	84.8	15.2	
Nº 200	0.740	40.0	3.8	88.6	11.4	
< Nº 200	FONDO	120.5	11.4	100.0		

Límite Líquido (LL):
 Límite Plástico (LP):
 Índice Plástico (IP):
 Clasificación (SUCS):
 Clasificación (AASHTO):
 Contenido Humedad (w):
 Índice de consistencia (IC):
 Coef. de compresibilidad (Cc):
 Contenido de humedad:
 Índice DBR:
 Índice de Aguilar (I_a):

OBSERVACIONES:

CURVA GRANULOMETRICA



OBSERVACIONES:

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(MTC E107 - ASTM C136 - AASHTO T88)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

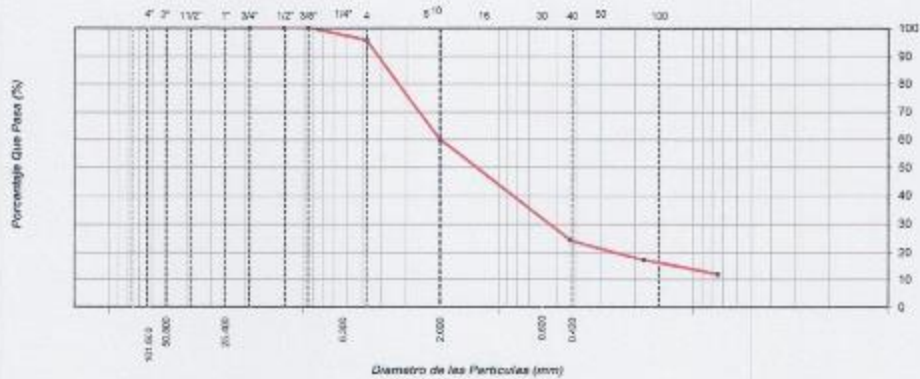
TÍTULO: "MÉTODO AASHTO Y MÉTODO SHELL EN EL DISEÑO DE ESPESORES PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUANCAYO - JUNÍN"
 TESISTA: ACEVEDO ZARATE LISBETH KELLY
 CANTERA: APATA
 MATERIAL: ARENA CHANCADA DE 1/4"

HECHO POR: A. Y. G.
 FECHA: JULIO 2021

Muestra: Agregado Fino M03 Tamaño Máximo: 3/8"
 Peso Inicial Seco: 1456.0 g

TAMIZ	PESO	%	% RETENIDO	%	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
PULGADAS	(mm)	RETENIDO	RETENIDO	ACUMULADO	QUE PASA	
4"	101.600					
3"	76.200					
2 1/2"	63.500					
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/2"	12.700					
3/8"	9.525				100.0	
1/4"	6.300					
Nº 4	4.750	54.2	4.4	4.4	95.6	
Nº 8	2.360	435.0	29.9	34.3	65.7	
Nº 10	2.000	93.4	5.7	40.0	60.0	
Nº 16	1.190	250.0	17.2	57.2	42.8	
Nº 20	0.840	100.5	6.9	64.1	35.9	
Nº 30	0.600	95.0	6.5	70.6	29.4	
Nº 40	0.425	70.0	4.8	75.4	24.6	
Nº 50	0.300	52.8	3.8	79.0	21.0	
Nº 60	0.190	56.0	3.8	82.9	17.1	
Nº 100	0.150	25.0	1.7	84.6	15.4	
Nº 200	0.740	52.0	3.5	88.2	11.8	
< Nº 200	FONDO	172.3	11.8	100.0		

CURVA GRANULOMETRICA



OBSERVACIONES : _____

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(MTC E107 - ASTM C136 - AASHTO T88)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

TÍTULO: "METODO AASHTO Y METODO SHELL EN EL DISEÑO DE ESPESORES PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUANCAYO - JUNIN"
TESISTA: ACEVEDO ZARATE LISBETH KELLY
CANTERA: APATA
MATERIAL: ARENA NATURAL DE 1/4"

HECHO POR: A. Y.G.
FECHA: JULIO 2021

Muestra: Agregado Fino M01 **Tamaño Máximo:** 3/8"
Peso Inicial Seco: 650.0 g

TAMIZ	PESO	%	% RETENIDO	%	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
PULGADAS	(g)	RETENIDO	RETENIDO	QUE PASA	A	
4"	101.600					Límite Líquido (LL): Límite Plástico (LP): Índice Plástico (PI): Clasificación (SUC): Clasificación (AASHTO): Contenido Humedad (%): Índice de consistencia (IC): Coef. de compresibilidad (CC): Contenido de humedad: Índice CBR: Índice de Equivalencia (IE):
3"	76.200					
2 1/2"	63.500					
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.000					
1/2"	12.700					
3/8"	9.525			100.0		
1/4"	6.300					
Nº 4	4.750	3.0	0.6	0.6	96.5	OBSERVACIONES :
Nº 6	2.360	50.0	7.7	8.2	91.8	
Nº 10	2.000	88.9	13.4	21.5	78.6	
Nº 16	1.190	34.5	5.3	26.8	73.2	
Nº 20	0.840					
Nº 30	0.600	93.0	14.3	41.1	58.9	
Nº 40	0.425	120.3	18.6	59.6	40.4	
Nº 60	0.300	138.0	20.6	80.4	19.6	
Nº 80	0.180	54.0	8.3	88.7	11.3	
Nº 100	0.150	17.2	2.5	91.4	8.6	
Nº 200	0.740	4.0	0.6	92.0	8.0	
< Nº 200 FONDO		52.1	8.0	100.0		

CURVA GRANULOMETRICA



OBSERVACIONES : _____

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(MTC E107 - ASTM C136 - AASHTO T88)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

TÍTULO: "METODO AASHTO Y METODO SHELL EN EL DISEÑO DE ESPESORES PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUANCAYO - JUNTA"

TESISTA: ACEVEDO ZARATE LISBETH KELLY

CANTERA: APATA

MATERIAL: ARENA NATURAL DE 1/4"

HECHO POR: A.Y.G.

FECHA: JULIO 2021

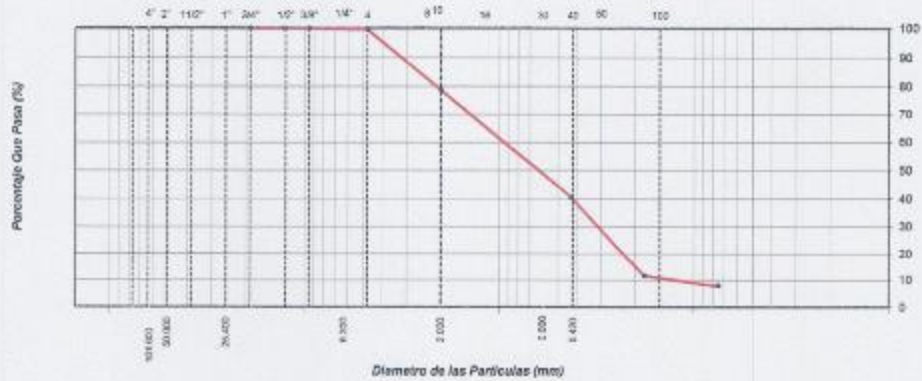
Muestra: Agregado Fino M02

Tamaño Máximo: 3/8"

Peso Inicial Seco: 596.2 g

TAMIZ	PESO	%	% RETENIDO	%	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
PULGADAS	(mm)	RETENIDO	RETENIDO	QUE PASA	A	
4"	101.600					Límite Líquido (LL) : Límite Plástico (LP) : Índice Plástico (PI) : Clasificación (SUCS) : Clasificación (AASHTO) : Contenido Humedad (%) :
3"	76.200					
2 1/2"	63.500					
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/2"	12.700					
3/8"	9.525			100.0		
1/4"	6.300					
Nº 4	4.750	2.0	0.3	0.3	99.7	Índice de consistencia (IC) : Coef. de compresibilidad (CC) : Contenido de humedad : Índice CBR : Índice de Aguiar (I _A) :
Nº 8	2.360	50.0	8.4	8.7	91.3	
Nº 10	2.000	76.0	12.6	21.3	78.7	
Nº 15	1.190	33.9	5.7	27.0	73.0	
Nº 20	0.840					
Nº 30	0.600	87.9	14.7	41.7	58.3	
Nº 40	0.425	105.0	17.6	59.3	40.7	
Nº 50	0.300	125.0	21.0	80.3	19.7	
Nº 60	0.250	48.0	8.1	88.4	11.6	
Nº 100	0.150	17.8	3.0	91.3	8.7	
Nº 200	0.740	4.4	0.7	92.1	7.9	
< Nº 200	FONDO	47.2	7.9	100.0		

CURVA GRANULOMETRICA



OBSERVACIONES :

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.

DIRECCIÓN : Psj. GRAU N° 211 - CHILCA
Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20806529229

E-MAIL : labgeotesty02@gmail.com
geotest.v@gmail.com

FACEBOOK : Geo Test V. S.A.C.



COMBINACIÓN TEÓRICA DE AGREGADOS

**ANÁLISIS
COMBINACION GRANULOMETRICA DE AGREGADOS**

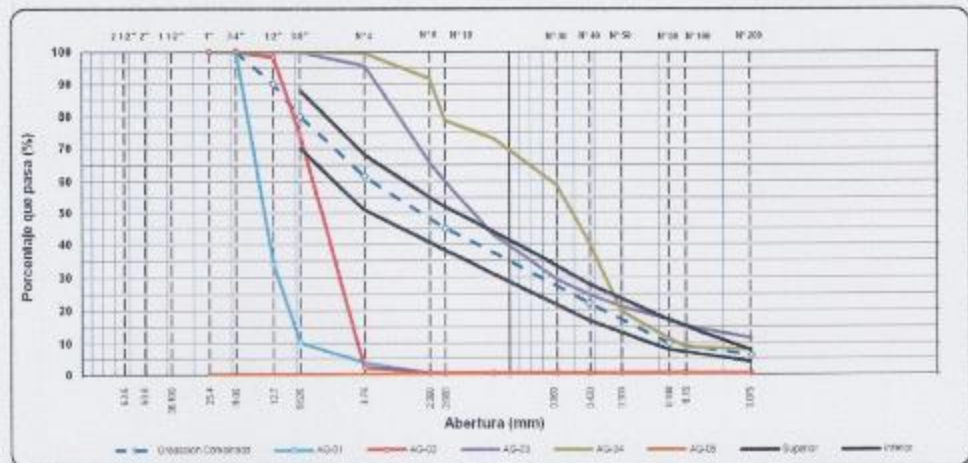
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

TÍTULO: "METODO AASHTO Y METODO SHELL EN EL DISEÑO DE ESPESORES PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUANCAYO - JUNIN"
TESISTA: ACEVEDO ZARATE LISBETH KELLY
CANTERA: APATA
MATERIAL: GRAVA Y ARENA

HECHO POR: A.Y.G.
FECHA: JULIO 2021

TAMIZ	ABERTURA (mm)	GRANULOMETRIA DE LOS AGREGADOS								ESPECIFICACION		
		AG-01		AG-02		AG-03		AG-04		100	MIN	MAX
		Grava 3/4"		Grava 1/2"		Arena Chancada		Arena Natural				
		% Aperto	15	% Aperto	20	% Aperto	41	% Aperto	24			
1 1/2"	38.100	100.0	15.00	100.0	20.00	100.0	41.00	100.0	24.00	100.0	-	-
1"	25.400	100.0	15.00	100.0	20.00	100.0	41.00	100.0	24.00	100.0	-	-
3/4"	19.050	100.0	15.00	100.0	20.00	100.0	41.00	100.0	24.00	100.0	100	100
1/2"	12.700	33.9	5.00	98.4	10.58	100.0	41.00	100.0	24.00	90.0	80	100
3/8"	9.525	10.4	1.55	74.3	14.86	100.0	41.00	100.0	24.00	79.9	70	80
Nº 4	4.750	3.7	0.55	2.1	0.42	95.7	39.24	99.5	23.50	81.5	51	60
Nº 8	2.360	0.3	0.05	0.3	0.05	55.7	20.94	91.5	21.90	47.8	-	-
Nº 10	2.000	0.2	0.03	0.3	0.05	59.9	24.95	75.5	18.50	45.0	35	52
Nº 16	1.190	0.2	0.03	0.3	0.05	42.8	17.55	73.1	17.54	37.1	-	-
Nº 30	0.600	0.2	0.03	0.3	0.05	29.3	12.01	58.8	14.00	28.1	-	-
Nº 40	0.425	0.2	0.03	0.3	0.05	24.8	10.17	40.5	9.72	22.1	17	25
Nº 50	0.300	0.2	0.03	0.3	0.05	21.1	8.55	19.5	4.70	15.4	-	-
Nº 60	0.250	0.2	0.03	0.3	0.05	17.2	7.05	11.4	2.74	10.0	8	17
Nº 100	0.150	0.2	0.03	0.3	0.05	15.3	5.27	8.7	2.09	5.5	-	-
Nº 200	0.075	0.1	0.01	0.2	0.04	11.5	4.75	8.0	1.92	5.1	4	8

CURVA GRANULOMETRICA



OBSERVACIONES:

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.

DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
geotest.v@gmail.com

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.



COMBINACIÓN FÍSICA DE AGREGADOS

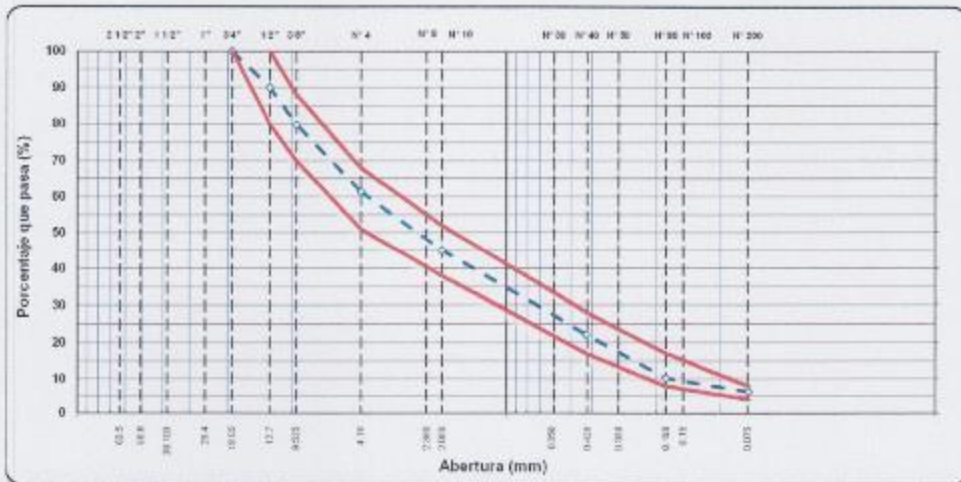
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(MTC E107 - ASTM C136 - AASHTO T88)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

TÍTULO: "METODO AASHTO Y METODO SHELL EN EL DISEÑO DE ESPESORES PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUANCAYO - JUNIN"
 TESISTA: ACEVEDO ZARATE LISBETH KELLY
 CANTERA: APATA
 MATERIAL: GRAVA Y ARENA
 HECHO POR: A.Y.G.
 FECHA: JULIO 2021

TAMIZ ASTM	Abertura mm	PESO retenido	PORCENTAJE			ESPECIFIC. MAC - 2	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
			retenido	acumulado	que pasa		TAMAÑO MÁXIMO	3/4"
1 1/2"	38.100						Peso inicial de la muestra	60000.0 gr
1"	25.400						Peso Fracción	560.0 gr
3/4"	19.050				100.0	100		
1/2"	12.700	6008.0	10.0	10.0	90.0	80 - 100		
3/8"	9.525	8060.0	10.2	20.2	79.8	70 - 88	COMBINACION DE AGREGADOS	
3/4"	6.350						Grava chancada de 3/4"	15.0 %
N°4	4.750	11050.0	18.4	38.6	61.4	61 - 68	Gravilla chancada de 1/2"	20.0 %
N°8	2.360	125.0	13.7	52.3	47.7		Arena Chancada 1/4"	41.0 %
N° 10	2.000	25.0	2.7	55.0	45.0	38 - 52	Arena Natural 1/4"	24.0 %
N° 16	1.190	73.0	8.0	63.0	37.0			
N° 20	0.840							%
N° 30	0.600	80.0	8.8	71.8	28.2			
N° 40	0.425	54.4	6.0	77.8	22.2	17 - 28		
N° 50	0.300	61.0	6.7	84.5	15.5			
N° 80	0.180	49.0	5.4	89.9	10.2	8 - 17		
N° 100	0.150	13.5	1.5	91.3	8.7			
N° 200	0.074	22.0	2.4	93.7	6.3	4 - 8		
< 200	-	57.1	6.3	100.0				

CURVA GRANULOMETRICA



OBSERVACIONES:

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.

DIRECCIÓN : Pjs. GRAU N°211 - CHILCA
Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229

E-MAIL : labgentestv02@gmail.com
geoteslv@gmail.com

FACEBOOK : Geo Test V.S.A.C.



PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS

ABRASIÓN LOS ANGELES
(MTC E207 - ASTM C131 - AASTHO T96)

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TITULO: "METODO AASHTO Y METODO SHELL EN EL DISEÑO DE ESPESORES PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUANCAYO, JUNIN"
TESISTA: ACEVEDO ZARATE LISBETH KELLY
CANTERA: APATA *Hecho por:* A.Y.G.
MATERIAL: GRAVA *Fecha:* JULIO 2021

Muestra: M01

GRADACIÓN	"B"			
ESFERAS	11			
1.1/2" - 1"				
1" - 3/4"				
3/4" - 1/2"	2500			
1/2" - 3/8"	2500			
3/8" - 1/4"				
1/4" - N°4	-			
N°4 - N°8	-			
Peso Muestra	5000			
Peso Retenido Tamiz N° 12	4204			
Peso Pasante Tamiz N° 12	796			
% DESGASTE	15.92			
PROMEDIO		15.9%		
ESPECIFICACION:	MAX.	35.0%		OK

OBSERVACIONES:

PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS
(ASTM D4791)

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TITULO: "METODO AASHTO Y METODO SHELL EN EL DISEÑO DE ESPESORES PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUANCAYO-JUMIN"

TESISTA: ACEVEDO ZARATE LISBETH KELLY

CANTERA: APATA **Hecho por:** A.Y.G.

MATERIAL: GRAVA **Fecha:** JULIO 2021

Muestra: M01

Tamaño del Agregado		A	B	C	D	E	OBSERVACIONES
Pasa Tamiz	Retenido T.	(g)	(g)	((B/A)*100)	% Parcial	CxD	
2"	1 1/2"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
1 1/2"	1"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
1"	3/4"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
3/4"	1/2"	1950.0	32.0	1.6	10.0	16.4	
1/2"	3/8"	930.0	24.0	2.6	10.2	25.3	
Σ		2,880.0	56.0		20.2	42.7	
PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS (%)					2.12		OK
ESPECIFICACION:					MAXIMO	10.0%	

OBSERVACIONES:

DURABILIDAD AL SULFATO DE MAGNESIO
(MTC E209 - AASTHO T104 - ASTM C98)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TÍTULO: "METODO AASHTO Y METODO SHELL EN EL DISEÑO DE ESPESORES PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUANCAYO - JUNIN"
TESISTA: ACEVEDO ZARATE LISBETH KELLY
CANTERA: APATA **Hecho Por:** A.Y.G.
MATERIAL: GRAVA **Fecha:** JULIO 2021

Datos de la Muestra: M01

AGREGADO GRUESO

TAMAÑO DE TAMIZ		ESCALÓN ORIGINAL %	PESO ANTES DEL ENSAYO Grs.	PESO DESPUES DEL ENSAYO Grs.	PERDIDA DE PESO DESPUES DEL ENSAYO Grs.	% DE PERDIDA DESPUES DEL ENSAYO %	% DE PERDIDA CORREGIDAS %
PASANTE	RETENIDO						
2 1/2"	2"						
2"	1 1/2"						
1 1/2"	1"	0.0					
1"	3/4"	0.0					
3/4"	1/2"	10.2	920.0	898.0	22.00	2.39	0.24
1/2"	3/8"	18.4	315.0	283.0	32.00	10.16	1.87
3/8"	N° 4	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00
TOTALES		28.6	1235.0				2.11
% Maximo Especificado							

OBSERVACIONES :

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE AGREGADOS GRUESOS
(MTC E206, NTP 400.021)

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TITULO: "METODO AASHTO Y METODO SHELL EN EL DISEÑO DE ESPESORES PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUANCAYO-JUNIN"

TESISTA: ACEVEDO ZARATE LISBETH KELLY

CANTERA: APATA

Hecho por: A.Y.G

MATERIAL: CRAVA

Fecha: JULIO 2021

Muestra: M01

AGREGADO GRUESO

Peso específico de Masa: 2.580 g/cm³
Peso específico SSS: 2.733 g/cm³
Peso específico Aparent: 3.045 g/cm³
Absorción: 5.918 %

ITEM	P-1	P-1
1. Peso de agregado en estado SSS (gr)	1512.2	1516.0
2. Peso de agregado sumergido (gr)	960.0	960.0
3. Peso del agregado secado en horno (gr)	1430.0	1429.0
4. Peso Especifico de Masa (gr/cm ³)	2.59	2.57
5. Peso Especifico SSS (gr/cm ³)	2.74	2.73
6. Peso Especifico Aparente (gr/cm ³)	3.04	3.05
7. Absorción (%)	5.75	6.09

OBSERVACIONES : _____

EQUIVALENTE DE ARENA
(MTC E114 - ASTM D2419 - AASHTO T176)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TITULO: "METODO AASHTO Y METODO SHELL EN EL DISEÑO DE ESPESORES PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUANCAYO - JUNIN"
TESISTA: ACEVEDO ZARATE LISBETH KELLY
CANTERA: APATA **HECHO POR:** A.Y.G.
MATERIAL: AGREGADO FINO **FECHA:** JULIO 2021

Muestra: M01

ITEM	DESCRIPCION	ENSAYOS		
1	Tamaño Maximo (mm)	4.76	4.76	4.76
2	Muestra N°	1	2	3
3	Hora de Entrada	09:00	09:02	09:04
4	Hora de Salida	09:10	09:12	09:14
5	Hora de Entrada	09:12	09:14	09:16
6	Hora de Salida	09:32	09:34	09:36
7	Altura Maxima de Material Fino	5.60	5.60	5.90
8	Altura Maxima de la Arena	3.20	3.02	3.30
9	Equivalente de Arena (%)	55.2	52.1	55.9
10	Equivalente de Arena Promedio (%)	55.0		
11	ESPECIFICACION:	MINIMA:	35.0%	OK

OBSERVACIONES :

DURABILIDAD AL SULFATO DE MAGNESIO
(MTC E209 - AASTHO T104 - ASTM C88)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TÍTULO: "METODO AASHTO Y METODO SHELL EN EL DISEÑO DE ESPESORES PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUANCAYO - JUNIN"
TESISTA: ACEVEDO ZARATE LISBETH KELLY
CANTERA: APATA **Hecho Por:** A.Y.G.
MATERIAL: AGREGADO FINO **Fecha:** JULIO 2021

Datos de la Muestra: M01

AGREGADO FINO

TAMAÑO DE TAMIZ		ESCALON ORIGINAL	PESO ANTES DEL ENSAYO	PESO DESPUES DEL ENSAYO	PERDIDA DE PESO DESPUES DEL ENSAYO	% DE PERDIDA DESPUES DEL ENSAYO	% DE PERDIDA CORREGIDAS
PASANTE	RETENIDO						
		%	Grs.	Grs.	Grs.	%	%
3/8"	N° 4	0.0					
	N° 4	18.4	100.0	88.5	11.50	11.50	2.12
	N° 8	13.7	100.0	85.0	15.00	15.00	2.06
	N° 16	8.0	100.0	89.0	11.00	11.00	0.88
	N° 30	8.8	100.0	94.0	6.00	6.00	0.53
	N° 50	12.7	100.0	97.0	3.00	3.00	0.38
TOTALES							5.96

OBSERVACIONES : _____

LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD
(MTC E110 - ASTM D4318 - MTC E111 - AASHTO T90)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TÍTULO: "MÉTODO AASHTO Y MÉTODO SHELL EN EL DISEÑO DE ESPESORES PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUANCAYO, JUNÍN"
TESISTA: ACEVEDO ZARATE LISBETH KELLY
LABORATORIA: APATA **Hecho por:** A.Y.G.
MATERIAL: AGREGADO FWC **Fecha:** JULIO 2021

Muestra: M01

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	Material Pasante Tamiz N° 40	
		LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO
Nro. de Recipiente	N°		
Peso Recipiente + Suelo Humedo (A)	g		
Peso Recipiente + Suelo Seco (B)	g		
Peso de Recipiente (C)	g	NP	NP
Peso del Agua (A-B)	g		
Peso del Suelo Seco (B-C)	g		
Contenido Humedad $W = \frac{(A-B)}{(B-C)} * 100$	%		
N° De Golpes			

RESULTADOS OBTENIDOS	LÍMITES DE CONSISTENCIA		ÍNDICE PLÁSTICO
	LÍQUIDO	PLÁSTICO	

ESPECIFICACION	MAX. (%)	CUMPLIMIENTO
IP	NP	OK



OBSERVACIONES :

LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD
(MTC E110 - ASTM D4318 - MTC E111 - AASHTO T90)

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

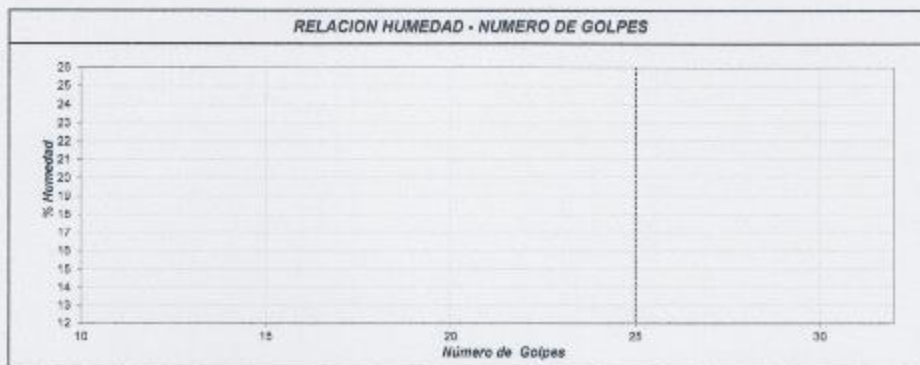
TÍTULO: "MÉTODO AASHTO Y MÉTODO SHELL EN EL DISEÑO DE ESPESORES PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUANCAYO JUNIN"
TESISTA: ACEVEDO ZARATE LISBETH KELLY
LABORATORIO: APATA Hecho por: A.Y.G.
MATERIAL: AGREGADO FWO Fecha: JULIO 2021

Muestra: M01

		Material Pasante Tamiz N° 200			
DESCRIPCION	UNIDAD	LÍMITE LÍQUIDO		LÍMITE PLÁSTICO	
Nro. de Recipiente	N°				
Peso Recipiente + Suelo Humedo (A)	g				
Peso Recipiente + Suelo Seco (B)	g				
Peso de Recipiente (C)	g	NP		NP	
Peso del Agua (A-B)	g				
Peso del Suelo Seco (B-C)	g				
Contenido Humedad $W=(A-B)/(B-C)*100$	%				
N° De Golpes					

RESULTADOS OBTENIDOS	LÍMITES DE CONSISTENCIA		ÍNDICE PLÁSTICO
	LÍQUIDO	PLÁSTICO	

ESPECIFICACION	MAX. (%)	CUMPLIMIENTO
IP	NP	OK



OBSERVACIONES :

**SALES SOLUBLES EN AGREGADOS PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES
(MTC E219)**

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TITULO: "METODO AASHTO Y METODO SHELL EN EL DISEÑO DE ESPESORES PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES. HUANCAYO-JUNIN"
TESISTA: ACEVEDO ZARATE LISBETH KELLY
CANTERA: APATA **Hecho por:** A.Y.G.
MATERIAL: AGREGADO FINO **Fecha:** JULIO 2021

Muestra: M01

AGREGADO FINO

ITEM	DESCRIPCION	UND.	IDENTIFICACION DE MUESTRA			
			1	2		
1.-	Recipiente					
2.-	Peso (Biker 250 ml.)	g	292.93	292.93		
3.-	Peso + Sal +Biker 250 ml.	g	292.95	292.94		
4.-	Peso Sal (2-3) (D)	g	0.02	0.01		
5.-	Peso de Agregado (A)	g	100.0	100.0		
6.-	Aforo de Agua Total (B)	cm ³	300.0	300.0		
7.-	Volumen de Agua Utilizado (C)	cm ³	25.0	25.0		
8.-	Sales Solubles $(1/((Cx A)/(DxB)))x 100$	%	0.240	0.120		
9.-	Promedio Sales Solubles	%	0.180			
ESPECIFICACION:		MAXIMO	0.5%	OK		

OBSERVACIONES : _____

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO
(MTC E205, NTP 400.022)

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TITULO: "METODO AASHTO Y METODO SHELL EN EL DISEÑO DE ESPESORES PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUANCAYO-JUNIN"
TESISTA: ACEVEDO ZARATE LISBETH KELLY
CANTERA: APATA
MATERIAL: AGREGADO FINO

Hecho por: A.Y.G.
Fecha: JULIO 2021

Muestra: M01

AGREGADO FINO

Peso específico de Masa 2.60 g/cm³
Peso específico SSS: 2.69 g/cm³
Peso específico Aparent 2.83 g/cm³
Absorción: 3.32 %

ITEM	P-1
Peso de Tara (g)	0
Peso de Fiola (g)	150.00
Peso del agregado en estado SSS (g)	501
Peso de Fiola + Arena + Agua (g)	964.50
Peso del agregado seco (g)	464.90
Volumen de fiola (cm ³)	500
Peso Especifico de Masa (g/cm ³)	2.60
Peso Especifico SSS (g/cm ³)	2.69
Peso Especifico Aparente (g/cm ³)	2.83
Absorción (%)	3.32

OBSERVACIONES : _____

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.

DIRECCIÓN : Paj. GRAU N°211 - CHILCA
Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229

E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
geotest.v@gmail.com

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.



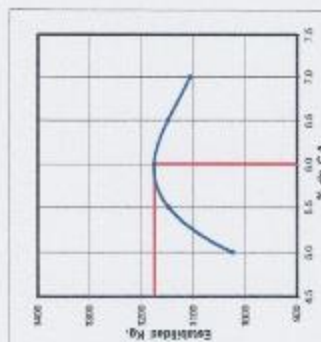
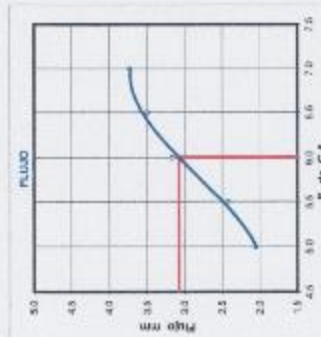
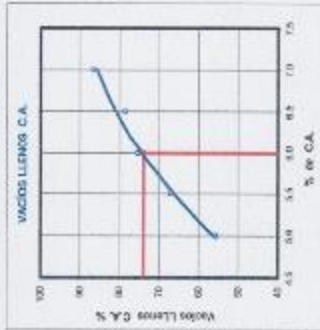
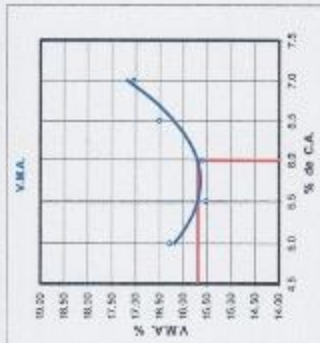
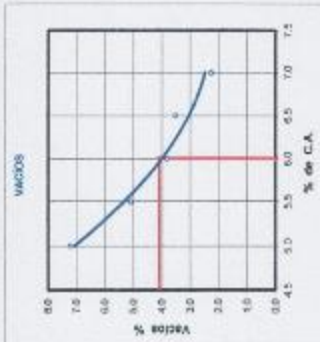
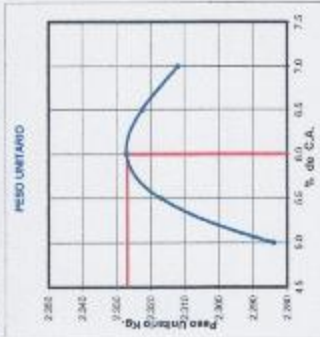
DISEÑO MARSHALL

DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA - MAC-2

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TITULO: COMPORTAMIENTO FISICO-QUIMICO DE DIFERENTES TIPOS DE FILLER INCORPORADOS EN LAS MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE
TESISTA: CARHUAMACHO GALVEZ ANTONELLA LOYZETH
MATERIAL: GRAVA Y ARENA
CARTERA: APATA

ELAB. POR: A.Y.G.
FECHA: JULIO 2021



RESUMEN DE RESULTADOS		ESPECIFICACION
GOLPES POR LADO	75	75
CEMENTO ASFALTICO	6.0	(4-6.3%)
PERO UNITARIO	2.322	
VACIOS	4.2	3 - 6
V.M.A.	16.8	Mín 14
VACIOS LLENOS CON C.A.	73.6	
FLUJO	3.37	3 - 4
ESTABILIDAD	1171	Mín. 815
INDICE DE COMPACTIBILIDAD	3079	1732 - 4000
ESTABILIDAD RETENIDA		
DOSES RECOMENDADAS		
Grava 3/4" (19.0 mm)	16.0%	
Grava 3/8" (9.5 mm)	28.0%	
arena 75 micras (3/4")	41.0%	
arena natural	24.0%	
Aditivo mejorador de adherencia		
Demerol asfáltico		
		PER 85 - 100

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

TÍTULO: "MÉTODO AASHTO Y MÉTODO SHELL EN EL DISEÑO DE ESPESORES PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUANCAYO - JURAN"
 TESTISTA: ACEVEDO ZARATE LISBETH KELLY
 MATERIAL: GRUVA Y ARENA
 CANTERA: APATA

HECHO POR: A.Y.O
 FECHA: JULIO 2021

Diseño C. A. 6.0% - 'Óptimo

ENSAYO GRANULOMÉTRICO										LAVADO ASFÁLTICO	
TAMIZ ASTM	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 80	Nº 200	<Nº200	Peso Mat. S/Lavado	gr.
ABERTURA EN mm	19.000	12.500	4.750	4.750	2.000	0.425	0.075	0.075		Peso Mat. Lavado	gr.
PESO RETENIDO	gr.	6000.0	6000.0	11000.0	150.0	207.4	110.0	35.5	57.1	Peso Mat. Lav. + Filtro	gr.
RETENIDO PARCIAL	%	10.0	10.2	18.4	16.5	22.7	12.1	3.9	6.3	Peso de Astilla	gr.
RETENIDO ACUMULADO	%	10.0	20.2	38.6	55.0	77.8	89.9	93.7	100.0	Peso Inicial de Filtro	gr.
PASA	%	100.0	80.0	70.8	81.4	45.0	22.2	10.2	6.3	Peso final de Filtro	gr.
ESPECIFICACIÓN	%	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	Peso de Filtro	gr.
ASFALTO LÍQUIDO										FRACCIÓN	%
TRAMO ASFALTADO										PESO TOTAL	gr.
											366.0
											6000.0

REPRESENTACIÓN GRÁFICA



ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559

BRQUETAS	Nº	1	2	3	PROVEEDOR	ESPECIFIC.
1 C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	5.00	6.00	5.00	6.00	
2 ADREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA > Nº 4	%	36.27	36.27	36.27	36.27	
3 ADREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA < Nº 4	%	67.73	67.73	67.73	67.73	
4 FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%					
5 PESO ESPECIFICO DEL CEMENTO ASFALTICO APARENTE		1.0129	1.0129	1.0129		
6 PESO ESPECIFICO DEL ADREGADO GRUESO - BULK		2.590	2.580	2.580		
7 PESO ESPECIFICO DEL ADREGADO FINO - BULK		2.600	2.600	2.600		
8 PESO ESPECIFICO FILLER - APARENTE						
9 PESO DE LA BRQUETA AL AIRE	gr	1259.2	1206.1	1219.3		
10 PESO DE BRQUETA AL AIRE (SATURADO)	gr	1213.2	1210.8	1211.3		
11 PESO DE LA BRQUETA EN AGUA	gr	668.9	690.6	660.5		
12 VOLUMEN DE LA BRQUETA (10-11)	c.c.	671.4	660.0	520.4		
13 PESO DE LA PARAFINA (10-9)	gr					
14 VOLUMEN DE PARAFINA (13Pe parafina)	c.c.					
15 VOLUMEN DE LA BRQUETA POR DESPAZAMIENTO (12-14)	c.c.	521.5	620.0	520.3		
16 PESO ESPECIFICO BULK DE LA BRQUETA (R11)	gr/c.c.	2.518	2.508	2.328	2.522	
17 PESO ESPECIFICO MÁXIMO ASTM D-2041		2.424	2.424	2.424		
18 VADIOS (17-16)/(16*17)	%	4.4	4.1	4.1	4.2	3 - 5
19 PESO ESPECIFICO BULK DEL ADREGADO TOTAL (2+3+4)/(16*19)		2.584	2.592	2.552		
20 V.M.A. 100 (2+3+4)/(16*19)	%	15.9	15.7	16.7	15.8	Mín. 14
21 VADIOS LLENOS CON C.A. 100(20-18)/30	%	72.6	74.5	73.7	73.8	
22 PESO ESPECIFICO DEL ADREGADO TOTAL (2+3+4)/(100*17)+(15*1)		2.661	2.661	2.661		
23 C.A. ABSORBIDO POR ADREGADO TOTAL (100*(18-16)/(16*19)	%	1.004	1.004	1.004		
24 CEMENTO ASFALTICO EFECTIVO (1-23)/(2+3+4)/(100)	%	5.30	5.08	5.08		
25 FLUJO	mm	3.4	3.3	3.4	3.4	3 - 4
26 LECTURA DEL EQUIPO		11.880	11.488	11.812		
27 ESTABILIDAD SIN CORRER	Kg	1172	1188	1174		
28 FACTOR DE ESTABILIDAD	K	1.00	1.00	1.00		
29 ESTABILIDAD CORRIDA	Kg	1172	1188	1174	1171	Mín. 818
30 ESTABILIDAD-FLUJO	Kg/mm	3447	3639	3450	3480	1790 - 4660

OBSERVACIONES:
 Grava triturada 24"
 Grava triturada 12"
 Arena triturada 3/16"
 Arena natural
 Cemento 95M300

10%
 20%
 41%
 24%
 PEN 85 - 100

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TITULO: "METODO AASHTO Y METODO SHELL EN EL DISEÑO DE ESPESORES PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUANCAYO - JUMBA"
 TESISISTA: ACEVEDO ZARATE LISBETH KELLY
 MATERIAL: GRAVA Y ARENA
 CANTERA: APATA

HECHO POR: A. Y.G.
 FECHA: JULIO 2021

Diseño C. A. 5.0%

ENSAYO GRANULOMÉTRICO										LAVADO ASFÁLTICO	
TAMIZ ASTM	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 80	Nº 200	<MPS8	Peso Mat. Elavado	g
ABERTURA EN mm	19.00	12.50	9.50	4.75	2.00	0.425	0.075	0.075		Peso Mat. Lavado	g
PESO RETENIDO	g	6200.0	6200.0	11250.0	190.0	207.4	110.0	35.5	57.1	Peso Mat. Lav. +Fibra	g
RETENIDO PARCIAL	%	10.0	10.0	18.4	18.5	22.7	12.1	3.3	8.3	Peso de Asfalto	g
RETENIDO ACUMULADO	%		10.0	20.0	38.4	61.1	73.2	76.5	84.8	Peso Total de Fibra	g
PASA	%	100.0	90.0	79.6	61.4	48.0	32.2	19.2	6.3	Peso Total de Fibra	g
ESPECIFICACION	%	100	90 - 100	70 - 80	51 - 55	30 - 52	17 - 28	5 - 17	4 - 5	Peso de Fibra	g
ASFALTO LÍQUIDO										FRACCIÓN	%
TRAMO ASFALTADO										PESO TOTAL	g
											660.0
											8080.0



ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559						
BRQUETAS	Nº	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIFIC.
1 C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	6.0	6.0	6.0	6.0	
2 AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA > Nº 4	%	36.05	36.05	36.05	36.05	
3 AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA < Nº 4	%	50.35	50.35	50.35	50.35	
4 FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%					
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO APARENTE		1.016	1.016	1.016	1.016	
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK		2.890	2.890	2.890	2.890	
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2.630	2.630	2.630	2.630	
8 PESO ESPECÍFICO FILLER - APARENTE						
9 PESO DE LA BRQUETA AL AIRE	g	1209.0	1209.0	1215.0		
10 PESO DE BRQUETA AL AIRE (SATURADO)	g	1222.8	1211.0	1216.2		
11 PESO DE LA BRQUETA EN AGUA	g	665.3	665.7	665.2		
12 VOLUMEN DE LA BRQUETA (10-11)	c.c.	937.3	926.3	933.0		
13 PESO DE LA PARAFINA (10g)	g					
14 VOLUMEN DE PARAFINA (13Pe parafina)	c.c.					
15 VOLUMEN DE LA BRQUETA POR DESPLAZAMIENTO (12-14)	c.c.	937.3	926.3	933.0		
16 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRQUETA (9-15)	g/c.c.	2.271	2.302	2.290	2.284	
17 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO ASTM D-2041		2.492	2.492	2.492		
18 VACÍOS (17-16)/10017	%	7.8	6.8	7.4	7.2	5 - 8
19 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (2+3+6+326+3/7+14/8)		2.592	2.592	2.592		
20 V.M.A. 100-(2+3+4)/10019	%	16.6	16.6	16.6	16.3	Mín. 14
21 VACÍOS LUNOS CON C.A. 100/20-19/20	%	65.7	66.6	66.6	66.7	
22 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+6+326+3/7+14/8)		2.662	2.662	2.662		
23 C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (100/3122-18)/2219	%	1.019	1.019	1.019		
24 CEMENTO ASFÁLTICO EFECTIVO 1+23/2+3+6/100	%	4.09	4.09	4.09		
25 FLUJO	mm	3.1	3.1	3.0	3.1	2 - 4
26 LECTURA DEL EQUIPO		1023	1033	1023		
27 ESTABILIDAD SIN CORREGIR	kg	1023	1033	1023		
28 FACTOR DE ESTABILIDAD	K	1.00	1.00	1.00		
29 ESTABILIDAD CORREGIDA	kg	1023	1033	1023	1026	Mín. 816
30 ESTABILIDAD-FLUID	kg/cm	4957	4918	5116	4955	1700 - 4000

OBSERVACIONES:
 Grava fronda 3/4" 15%
 Grava fronda 1/2" 20%
 Arena fronda 3/8" 41%
 Arena natural 24%
 Cemento asfáltico PAV 05 - 100

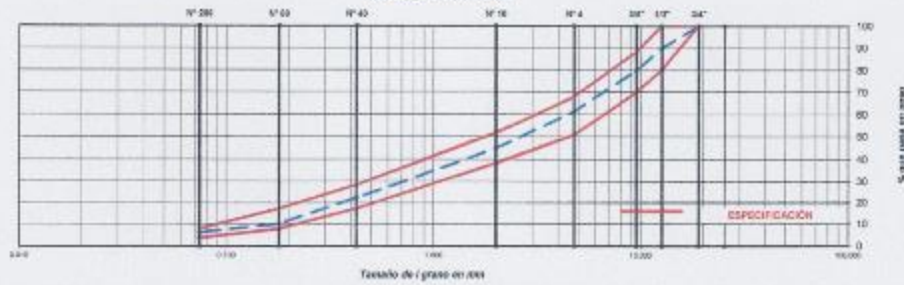
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TÍTULO: "METODO AASHTO Y METODO SHELL EN EL DISEÑO DE ESPESORES PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES HUANDIYO - JUNIN"
 TESISISTA: ACEVEDO ZARATE LISBETH KELLY
 MATERIAL: GRAVA Y ARENA
 CANTERA: APATA
 NEDHO POR: A.Y.G
 FECHA: JULIO 2021

Diseño C. A. 5.5%

ENSAYO GRANULOMÉTRICO										LAVADO ASFÁLTICO	
TAMIZ ASTM	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 60	Nº 200	<Nº200	Peso Mat. S/Lavado	gr
ABERTURA EN MM	19.000	12.500	9.500	4.750	2.000	0.850	0.250	0.075		Peso Mat. Lavado	gr
PESO RETENIDO	gr	808.0	8390.7	11000.0	150.0	207.4	110.0	35.3	57.1	Peso Mat. Lav + Filtro	gr
RETENIDO PARCIAL	%		10.0	10.2	18.4	16.5	22.7	12.1	3.9	Peso de Asfalto	gr
RETENIDO ACUMULADO	%		10.0	20.2	38.6	55.0	77.8	89.9	93.7	Peso inicial de Filtro	gr
PASA	%	100.0	90.0	79.8	51.4	45.0	22.2	10.2	5.5	Peso final de Filtro	gr
ESPECIFICACIÓN	%	100	88 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 62	17 - 30	8 - 17	4 - 8	Peso de Fier	gr
ASFALTO LIQUIDO										FRACCIÓN	%
TRAMO ASFALTADO											860.0
											8000.0

REPRESENTACIÓN GRÁFICA



ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559

BRIGUETA	Nº	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIFIC.
1 C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	6.5	6.6	6.6	6.6	
2 AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA < Nº 4	%	36.46	36.46	36.46	36.46	
3 AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA < Nº 4	%	58.04	58.04	58.04	58.04	
4 FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%					
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO APARENTE		1.015	1.015	1.015		
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK		2.560	2.560	2.560		
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2.600	2.600	2.600		
8 PESO ESPECÍFICO FILLER - APARENTE						
9 PESO DE LA BRIGUETA AL AIRE	gr	1235.3	1200.2	1211.3		
10 PESO DE BRIGUETA AL AIRE (SATURADO)	gr	1209.2	1205.1	1212.5		
11 PESO DE LA BRIGUETA EN AGUA	gr	688.3	697.6	688.3		
12 VOLUMEN DE LA BRIGUETA (10-11)	c.c.	409.9	417.6	409.3		
13 PESO DE LA PARAFINA (10-9)	gr					
14 VOLUMEN DE PARAFINA (12Pa parafina)	c.c.					
15 VOLUMEN DE LA BRIGUETA POR DESPLAZAMIENTO (12-14)	c.c.	622.9	617.6	620.2		
16 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIGUETA (9-10)	gr/c.c.	2.511	2.526	2.516	2.517	
17 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO ASTM D-2001		2.441	2.441	2.441		
18 VACÍOS (17-16)*100/17	%	6.4	4.8	5.2	5.1	3 - 6
19 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4+5+6+7+8+9)		2.592	2.592	2.592		
20 V.M.A. (16)(2+3+4+5+6+7+8+9)	%	15.8	15.3	15.6	15.6	Mín. 16
21 VACÍOS LLENOS CON C.A. 100*(20-19)/20	%	66.6	66.7	66.6	67.2	
22 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4+5+6+7+8+9)		2.550	2.550	2.550		
23 C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (100*(22-16)/22*10)	%	0.931	0.931	0.931		
24 CEMENTO ASFÁLTICO EFECTIVO 1-(23)(2+3+4+5+6+7+8+9)	%	4.67	4.67	4.67		
25 FLUJO	mm	2.4	2.4	2.4	2.4	2 - 4
26 LECTURA DEL EQUIPO		11.283	11.283	11.283		
27 ESTABILIDAD EN CORRIER	Rg	1147	1132	1133		
28 FACTOR DE ESTABILIDAD	H	1.00	1.00	1.00		
29 ESTABILIDAD CORREGIDA	Rg	1147	1132	1133	1147	875 - 915
30 ESTABILIDAD-FLUJO	Kg/cm	4779	4842	4832	4716	1700 - 4800

OBSERVACIONES:
 Grava triturado 3/4" 10%
 Grava triturado 1/2" 20%
 Arena triturado 3/8" 41%
 Arena natural 20%
 Cemento asfáltico PGM 88 - 130

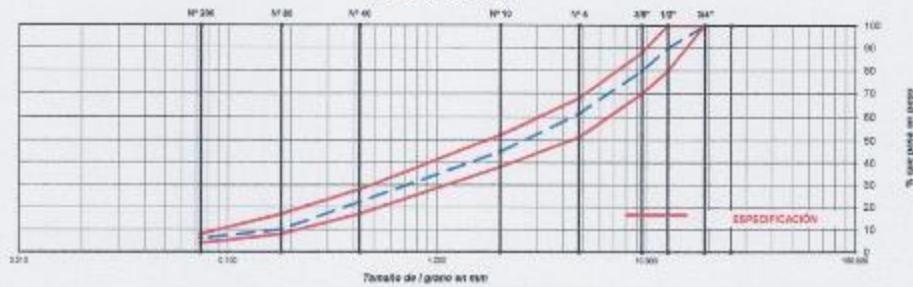
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TÍTULO: "MÉTODO AASHTO Y MÉTODO SHELL EN EL DISEÑO DE ESPESORES PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES, NUMCAYO - JUNÍN"
 TESISISTA: ACEVEDO ZARATE LORETH KELLY
 MATERIAL: GRAVA Y ARENA
 CANTERA: APA74
 HECHO POR: A. Y.G.
 FECHA: JULIO 2021

Diseño C. A. 6.0%

ENSAYO GRANULOMÉTRICO										LAVADO ASFÁLTICO			
TAMIZ ASTM	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 20	Nº 40	Nº 60	Nº 100	Peso Mál. Seca	g		
ABERTURA EN mm	19.0	12.5	9.5	4.75	2.0	0.85	0.425	0.25	0.075	Peso Mál. Lavado	g		
PESO RETENIDO	g	6000.0	6000.0	11000.0	1500.0	200.0	110.0	33.0	0.1	Peso Mál. Lim + Fibra	g		
RETENIDO PARCIAL	%	10.0	10.0	18.4	19.5	22.7	12.1	3.3	0.1	Peso de Asfalto	g		
RETENIDO ACUMULADO	%	10.0	20.0	38.4	58.0	77.3	89.4	93.7	93.8	Peso inicial de Fibra	g		
PASA	%	100.0	80.0	61.6	40.5	22.3	13.3	6.3	0.2	Peso final de Fibra	g		
ESPECIFICACIÓN	%	100	80-100	75-98	51-68	38-52	17-38	8-17	4-8	Peso de Fibra	g		
ASFALTO LÍQUIDO											%	643.8	
DRAMA ASFALTADO												g	6000.3

REPRESENTACIÓN GRÁFICA



ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559

BRQUETAS	Nº	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIFIC.
1. C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
2. AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA > Nº 4	%	36.27	36.27	36.27	36.27	
3. AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA < Nº 4	%	67.73	67.73	67.73	67.73	
4. FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%					
5. PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO APARENTE		1.015	1.015	1.015		
6. PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK		2.580	2.580	2.580		
7. PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2.600	2.600	2.600		
8. PESO ESPECÍFICO FILLER - APARENTE						
9. PESO DE LA BRQUETA AL AIRE	g	1203.7	1204.6	1204.6		
10. PESO DE BRQUETA AL AIRE (SATURADO)	g	1203.3	1205.4	1205.3		
11. PESO DE LA BRQUETA EN AGUA	g	696.2	695.4	696.2		
12. VOLUMEN DE LA BRQUETA (12-11)	cc	519.0	517.4	518.2		
13. PESO DE LA PARAFINA (12-6)	g					
14. VOLUMEN DE PARAFINA (13/9)(14/9)	cc					
15. VOLUMEN DE LA BRQUETA POR DESPLAZAMIENTO (12-14)	cc	519.0	517.4	518.2		
16. PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRQUETA (W16)	g/cc	2.325	2.325	2.325	2.327	
17. PESO ESPECÍFICO MÁXIMO ASTM D-2041		3.430	2.400	2.400		
18. VACÍOS (17-16)(100/17)	%	3.8	3.8	3.8	3.8	3-5
19. PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)(2+3+4)(16)		2.892	2.892	2.892		
20. V.M.A. 100-(2+3+4)(16/19)	%	16.6	16.6	16.7	16.6	Mín. 14
21. VACÍOS LLENOS CON C.A. 100(25-16)/20	%	75.9	75.7	75.8	75.8	
22. PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)(100/17)-(16)		2.994	2.994	2.994		
23. C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (100/9)(25-16)(22/19)	%	0.213	0.213	0.213		
24. CEMENTO ASFÁLTICO EFECTIVO 1-(22/9)(2+3+4/19)	%	6.14	6.14	6.14		
25. FLUID	mm	3.3	3.3	3.3	3.2	2-4
26. LECTURA DEL EQUIPO		11.689	11.689	11.689		
27. ESTABILIDAD EN CORREGIR	Kg	1182	1175	1183		
28. FACTOR DE ESTABILIDAD	K	1.00	1.00	1.00		
29. ESTABILIDAD CORREGIDA	Kg	1165	1175	1183	1176	Mín. 815
30. ESTABILIDAD-FLUJO	Kg/hm	3641	3681	3663	3726	1700-4000

OBSERVACIONES:
 Grava triturada 3/4" 10%
 Grava triturada 1/2" 20%
 Arena triturada 3/16" 41%
 Arena natural 30%
 Cemento Portland PCN 85 - 100

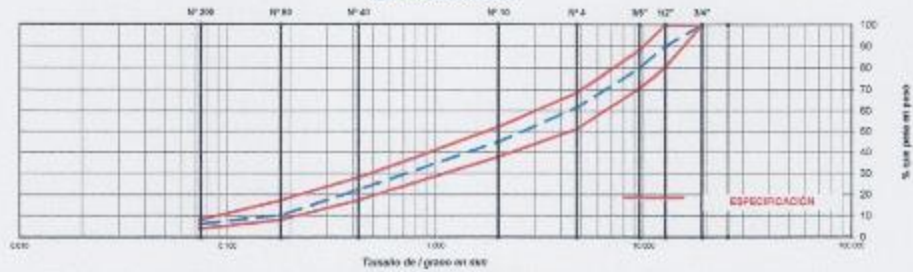
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TITULO: "METODO AASHTO Y METODO SHELL EN EL DISEÑO DE ESPESORES PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES HUANCAYO - JUNIN"
 TECNISTA: ACEVEDO ZARATE LISBETH KELLY
 MATERIAL: GRAVA Y ARENA
 CANTERA: APATA
 HECHO POR: A.Y.G.
 FECHA: JULIO 2021

Diseño C. A. 6.5%

ENSAYO GRANULOMÉTRICO										LAVADO ASFÁLTICO	
TAMIZ ASTM	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 60	Nº 100	Nº 200	<Nº 200	Peso Mat. Secada	g
ABERTURA EN mm	19.000	12.700	9.525	4.750	2.000	0.425	0.150	0.075	0.075	Peso Mat. Lavado	g
PESO RETENIDO	0	0000.0	0000.0	11500.0	150.0	207.4	110.0	36.0	87.1	Peso Mat. Lavado	g
RETENIDO PARCIAL	%	15.0	10.2	19.4	16.9	22.7	12.1	3.3	0.3	Peso de Agrega	g
RETENIDO ACUMULADO	%	15.0	25.2	36.0	50.0	77.8	89.9	93.2	100.0	Peso Inicial de Fibra	g
PERDA	%	100.0	80.0	79.8	61.6	45.0	22.2	10.2	6.3	Peso Final de Fibra	g
ESPECIFICACIÓN	%	100	90 - 100	70 - 80	51 - 60	30 - 52	17 - 28	9 - 17	4 - 8	Peso de Fibras	g
ASFALTO LÍQUIDO										FRACCIÓN	%
GRAMO ASFALTADO										PESO TOTAL	g
											566.0
											8060.8

REPRESENTACIÓN GRÁFICA



ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559

BRQUETAS	Nº	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIFIC.
1 C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	6.8	6.5	6.8	6.8	
2 AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA > Nº 4	%	38.07	38.07	38.07	38.07	
3 AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA < Nº 4	%	55.58	55.58	55.58	55.58	
4 FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%					
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO APARENTE		1.015	1.015	1.015		
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK		2.860	2.860	2.860		
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2.800	2.800	2.800		
8 PESO ESPECÍFICO FILLER - APARENTE						
9 PESO DE LA BRQUETA AL AIRE	g	1204.9	1204.3	1204.2		
10 PESO DE BRQUETA AL AIRE (SATURADO)	g	1200.0	1206.0	1204.3		
11 PESO DE LA BRQUETA EN AGUA	g	888.0	887.5	888.2		
12 VOLUMEN DE LA BRQUETA (10-11)	cc	510.5	517.2	519.1		
13 PESO DE LA PARAFINA (12-9)	g					
14 VOLUMEN DE PARAFINA (13-9)(999g)	cc					
15 VOLUMEN DE LA BRQUETA POR DESPLAZAMIENTO (10-14)	cc	510.5	517.2	519.1		
16 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRQUETA (9/15)	g/cc	2.379	2.326	2.300	2.323	
17 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO ASTM D 2541		2.407	2.407	2.407		
18 VACÍOS (17-16)(100%)	%	3.7	3.3	3.6	3.6	3 - 5
19 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)(20+37)(140)		2.901	2.901	2.901		
20 V.M.A. (100-2+3+4)(16/9)	%	18.6	18.3	18.6	18.6	16-18
21 VACÍOS LIBRES CON C.A. (100-20-16)(9)	%	78.0	79.9	79.1	78.6	
22 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)(100)(17)(15)		2.901	2.901	2.901		
23 C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (100)(123-16)(22)(9)	%	0.882	0.882	0.882		
24 CEMENTO ASFÁLTICO EFECTIVO (1-22)(2+3+4)(100)	%	5.88	5.88	5.88		
25 FLUJO	mm	3.3	3.5	3.4	3.4	2 - 4
26 LECTURA DEL EQUIPO		11.289	11.289	11.233		
27 ESTABILIDAD SIN CORREGIR	kg	1142	1172	1134		
28 FACTOR DE ESTABILIDAD	K	1.00	1.00	1.00		
29 ESTABILIDAD CORREGIDA	kg	1142	1172	1134	1140	960-915
30 ESTABILIDAD-FLUJO	kg/cm	3283	3284	3238	3282	1700 - 4600

OBSERVACIONES:
 Grava triturada 3/4" 10%
 Grava triturada 1/2" 20%
 Arena triturada 3/8" 41%
 Arena natural 24%
 Cemento asfáltico PEN 58 - 100

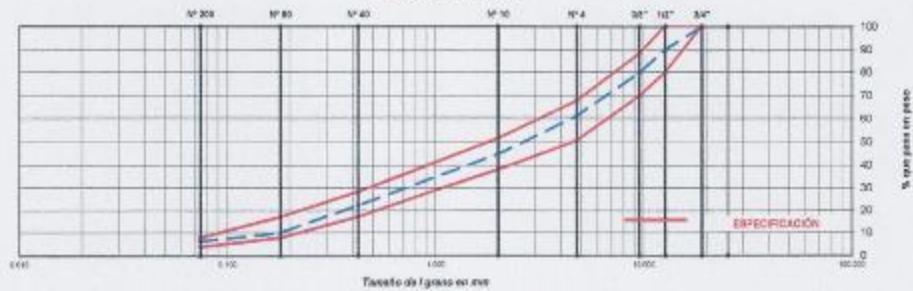
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TÍTULO: MÉTODO AASHTO Y METODO SHELL EN EL DISEÑO DE ESPESORES PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUANCAYO - JUNJAY
 TESISISTA: ACEVEDO ZAPATE LISBETH KELLY
 MATERIAL: GRAVA Y ARENA
 CANTERA: APATA
 HECHO POR: A.Y.G
 FECHA: JULIO 2021

Diseño C. A. 7.0%

ENSAYO GRANULOMÉTRICO										LAVADO ASFÁLTICO		
TAMIZ ASTM	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 60	Nº 200	<#250	Peso Miel. Solvent	gr	
ABERTURA EN mm	19.000	12.700	9.525	4.750	2.000	0.425	0.10	0.075		Peso Miel. Lavado	gr	
PESO RETENIDO	gr	6000.0	6060.0	11050.0	190.0	207.4	110.0	35.0	57.1	Peso Miel. Lav + Fibra	gr	
RETENIDO PARCIAL	%	10.0	10.2	38.4	15.0	22.7	12.1	3.5	6.2	Peso de Asfalto	gr	
RETENIDO ACUMULADO	%		10.0	20.2	38.6	55.0	77.8	99.6	100.0	Peso inicial de Fibra	gr	
PASA	%	100.0	90.0	79.8	61.4	45.0	22.2	10.2	6.2	Peso final de Fibra	gr	
ESPECIFICACIÓN	%	100	80 - 100	70 - 90	41 - 68	28 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	Peso de Fibra	gr	
ASFALTO LÍQUIDO										FRACCIÓN	%	89.8
TRAMO ASFALTADO										PESEO TOTAL	gr	8333.0

REPRESENTACIÓN GRÁFICA



ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559

BRQUETAS	Nº	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIFIC.
1 C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	7.0	7.6	7.3	7.3	
2 AGREGADO GRSO EN PESO DE LA MEZCLA + Nº 4	%	30.89	30.88	30.88		
3 AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA + Nº 4	%	57.12	57.12	57.12		
4 FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	0.00	0.00	0.00		
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFALTICO APARENTE		1.015	1.015	1.015		
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRSO - BULK		2.880	2.880	2.880		
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2.600	2.600	2.600		
8 PESO ESPECÍFICO FILLER - APARENTE						
9 PESO DE LA BRQUETA AL AIRE	gr	1208.0	1208.9	1208.0		
10 PESO DE BRQUETA AL AIRE (SATURADO)	gr	1200.5	1208.2	1208.0		
11 PESO DE LA BRQUETA EN AGUA	gr	665.0	666.2	666.0		
12 VOLUMEN DE LA BRQUETA (10-11)	c.c.	520.5	520.0	520.5		
13 PESO DE LA PARAFINA (10-5)	gr					
14 VOLUMEN DE PARAFINA (13/5a parafina)	c.c.					
15 VOLUMEN DE LA BRQUETA POR DESPAZAMIENTO (12-14)	c.c.	520.5	520.0	520.5		
16 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRQUETA (9/15)	g/c.c.	2.315	2.311	2.308	2.312	
17 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO ASTM D-2941		2.896	2.866	2.888		
18 VACÍOS (17-15)/(100/17)	%	2.1	3.3	3.4	2.9	3 - 5
19 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4+5)/(100/17+15)		2.523	2.520	2.520		
20 V.M.A. 100-(2+3+4)/(100/19)	%	16.9	17.1	17.1	17.1	Mín. 14
21 VACÍOS LLENOS CON C.A. 100/20-16/20	%	87.3	88.6	88.1	88.0	
22 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4+5)/(100/17+15)		2.523	2.520	2.520		
23 C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (100/25-12-15)/(22*19)	%	0.550	0.550	0.550		
24 CEMENTO ASFALTICO EFECTIVO 1-(23+2+3+4)/100	%	6.49	6.46	6.46		
25 FLUJO	mm	3.8	3.7	3.7	3.7	2 - 4
26 LECTURA DEL EQUIPO		10.788	10.868	10.899		
27 ESTABILIDAD SIN CORREGIR	Kg	1100	1101	1101		
28 FACTOR DE ESTABILIDAD	K	1.00	1.00	1.00		
29 ESTABILIDAD CORREGIDA	Kg	1100	1101	1101	1101	96% 816
30 ESTABILIDAD-FLUJO	Kg/mm	2890	2876	2890	2887	1700 - 4000

OBSERVACIONES:
 Grava triturada 3/4" 10%
 Grava triturada 1/2" 20%
 Arena triturada 3/18" 41%
 Arena natural 34%
 Cemento asfáltico PEN 85 - 100

DENSIDAD MAXIMA TEÓRICA RICE
MTC E-508, ASTM D-2041, AASHTO T-209

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TESIS: "METODO AASHTO Y METODO SHELL EN EL DISEÑO DE ESPESORES PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUANCAYO - JUNIN."
 TESISISTA: ACEVEDO ZARATE LISBETH KELLY
 MATERIAL: GRAVA Y ARENA
 CANTERA: APATA
 HECHO POR : A.Y.G.
 FECHA : JULIO 2021

ENSAYO	Nº	1	2	3	4	5	6
Cemento Astáltico	%	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	5.10
Peso del material	gr	1542.60	1548.10	1535.30	1522.50	1530.20	1528.60
Peso del agua + frasco Rice	gr	8054.00	8057.00	8058.20	8058.90	8050.80	8052.00
Peso del material + frasco + agua (en aire)	gr	9596.60	9605.10	9693.50	9581.40	9580.80	9590.60
Peso del material + frasco + agua (en agua)	gr	9970.00	9971.00	9959.00	9949.00	9934.00	9950.00
Volumen del material	cc	526.60	634.10	634.50	632.40	646.80	530.60
Peso Especifico Máximo	gr/cc	2.462	2.441	2.420	2.407	2.366	2.424
Temperatura de ensayo	°C	25	25	25	26	26	25
Grava triturada 3/4"	%	15%	15%	15%	15%	15%	15%
Grava triturada 1/2"	%	20%	20%	20%	20%	20%	20%
Arena triturada 3/16"	%	41%	41%	41%	41%	41%	41%
Arena natural	%	24%	24%	24%	24%	24%	24%
Tiempo de ensayo	Min.	15	15	15	15	15	15
Factor de Corrección							

Observaciones:

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.



DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
geofest.v@gmail.com.

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.



VIGA BENKELMAN

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.



DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
geotest.v@gmail.com

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.



METODO SHELL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

GEO TEST V. S.A.C.



DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
geotest.v@gmail.com

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

METODO AASHTO

TÍTULOS		MEDIDA DE LA DEFLEXIÓN DE UN PAVIMENTO FLOJIDEZ EMPLEANDO LA VIGA SENDELEMAN (MTC E-1602)											
ACTIVIDAD		MÉTODO ABARTO Y MÉTODO SHELL EN EL DISEÑO DE ESPESORES PARA PAVIMENTOS FLOJIDIS. HUANCAYO - JIMAY											
TIPO DE PAVIMENTO		MEJORA DE DEFLEXIONES Y RADIO DE CURVATURA (ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN)											
CARGA DE EJE DEL CAMIÓN		CARRPETA ASFALTADA											
PRESIÓN DE INFLADO DE NEUMÁTICOS		8.2 TN											
TIPO DE RELACIÓN DE DEFLEXIONES		80 PBI											
TEMPERATURA		VIGA SENDELEMAN - RELACIÓN DE BRAZOS 1 a 1 (UNIFICADO TIPO MARCA BAKER)											
FECHA		14.07.08											
SOLICITADO POR		ACTIVIDAD ZARATE UZBRETH RELLY											

PUNTO DE MUESTRA	LARGO	PROG	LECTURAS DEL REFLECTÓMETRO										DEFLEXIONES MÁXIMAS (100-3 mm)										DEFLEXIONES - RELACIÓN DE BRAZO DE VIGAS (10-3 mm)										Densidad (100-3 mm)	Razón de Contraste (%)
			81-7-10-14	82-7-10-14	83-7-10-14	84-7-10-14	85-7-10-14	86-7-10-14	87-7-10-14	88-7-10-14	89-7-10-14	90-7-10-14	91-7-10-14	92-7-10-14	93-7-10-14	94-7-10-14	95-7-10-14	96-7-10-14	97-7-10-14	98-7-10-14	99-7-10-14	100-7-10-14	101-7-10-14	102-7-10-14	103-7-10-14	104-7-10-14	105-7-10-14	106-7-10-14	107-7-10-14	108-7-10-14	109-7-10-14	110-7-10-14		
PROGRAMAMIENTO DE LECTURAS, OBTENCIÓN DE DEFLEXIONES, DEFLEXIÓN MÁXIMA Y RADIO DE CURVATURA (TRAJMO)																																		
1	DESIKCHA	1	100.0	80.3	95.0	86.2	91.4	98.0	84.0	91.0	7.2	4.0	2.0	0.0	76.7	78.0	29.2	16.0	4.5	0.3	38.00	78.31												
2	DESIKCHA	2	100.0	90.2	90.0	94.2	91.1	96.0	95.0	11.0	7.0	3.0	0.0	60.0	76.2	80.0	44.0	20.0	12.0	0.3	28.00	106.31												
3	DESIKCHA	3	100.0	90.2	90.0	94.2	91.1	96.0	95.0	11.0	7.0	3.0	0.0	60.0	76.2	80.0	44.0	20.0	12.0	0.3	40.00	106.31												
4	DESIKCHA	4	100.0	90.2	90.0	94.2	91.1	96.0	95.0	11.0	7.0	3.0	0.0	60.0	76.2	80.0	44.0	20.0	12.0	0.3	22.00	111.61												
5	DESIKCHA	5	100.0	90.2	90.0	94.2	91.1	96.0	95.0	11.0	7.0	3.0	0.0	60.0	76.2	80.0	44.0	20.0	12.0	0.3	16.00	106.31												
6	DESIKCHA	6	100.0	90.2	90.0	94.2	91.1	96.0	95.0	11.0	7.0	3.0	0.0	60.0	76.2	80.0	44.0	20.0	12.0	0.3	22.00	106.31												
7	DESIKCHA	7	100.0	90.2	90.0	94.2	91.1	96.0	95.0	11.0	7.0	3.0	0.0	60.0	76.2	80.0	44.0	20.0	12.0	0.3	16.00	111.61												
8	DESIKCHA	8	100.0	90.2	90.0	94.2	91.1	96.0	95.0	11.0	7.0	3.0	0.0	60.0	76.2	80.0	44.0	20.0	12.0	0.3	16.00	106.31												
9	DESIKCHA	9	100.0	90.2	90.0	94.2	91.1	96.0	95.0	11.0	7.0	3.0	0.0	60.0	76.2	80.0	44.0	20.0	12.0	0.3	40.00	106.31												
10	DESIKCHA	10	100.0	90.2	90.0	94.2	91.1	96.0	95.0	11.0	7.0	3.0	0.0	60.0	76.2	80.0	44.0	20.0	12.0	0.3	40.00	106.31												
11	DESIKCHA	11	100.0	90.2	90.0	94.2	91.1	96.0	95.0	11.0	7.0	3.0	0.0	60.0	76.2	80.0	44.0	20.0	12.0	0.3	40.00	106.31												
12	DESIKCHA	12	100.0	90.2	90.0	94.2	91.1	96.0	95.0	11.0	7.0	3.0	0.0	60.0	76.2	80.0	44.0	20.0	12.0	0.3	40.00	106.31												
13	DESIKCHA	13	100.0	90.2	90.0	94.2	91.1	96.0	95.0	11.0	7.0	3.0	0.0	60.0	76.2	80.0	44.0	20.0	12.0	0.3	40.00	106.31												
14	DESIKCHA	14	100.0	90.2	90.0	94.2	91.1	96.0	95.0	11.0	7.0	3.0	0.0	60.0	76.2	80.0	44.0	20.0	12.0	0.3	40.00	106.31												
15	DESIKCHA	15	100.0	90.2	90.0	94.2	91.1	96.0	95.0	11.0	7.0	3.0	0.0	60.0	76.2	80.0	44.0	20.0	12.0	0.3	40.00	106.31												
16	DESIKCHA	16	100.0	90.2	90.0	94.2	91.1	96.0	95.0	11.0	7.0	3.0	0.0	60.0	76.2	80.0	44.0	20.0	12.0	0.3	40.00	106.31												
17	DESIKCHA	17	100.0	90.2	90.0	94.2	91.1	96.0	95.0	11.0	7.0	3.0	0.0	60.0	76.2	80.0	44.0	20.0	12.0	0.3	40.00	106.31												
18	DESIKCHA	18	100.0	90.2	90.0	94.2	91.1	96.0	95.0	11.0	7.0	3.0	0.0	60.0	76.2	80.0	44.0	20.0	12.0	0.3	40.00	106.31												
19	DESIKCHA	19	100.0	90.2	90.0	94.2	91.1	96.0	95.0	11.0	7.0	3.0	0.0	60.0	76.2	80.0	44.0	20.0	12.0	0.3	40.00	106.31												
20	DESIKCHA	20	100.0	90.2	90.0	94.2	91.1	96.0	95.0	11.0	7.0	3.0	0.0	60.0	76.2	80.0	44.0	20.0	12.0	0.3	40.00	106.31												
21	DESIKCHA	21	100.0	90.2	90.0	94.2	91.1	96.0	95.0	11.0	7.0	3.0	0.0	60.0	76.2	80.0	44.0	20.0	12.0	0.3	40.00	106.31												

PROYECTO		60.30	42.20	31.20	24.47	9.71	9.09
DESV. ESTÁNDAR		11.31	8.36	6.85	5.10	3.71	0.29

PROYECTO		60.30	42.20	31.20	24.47	9.71	9.09
DESV. ESTÁNDAR		11.31	8.36	6.85	5.10	3.71	0.29

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.



DIRECCIÓN : Psj. GRAU N° 211 - CHILCA
Ref. a una cuadra frente al parque Pazo Av.
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
geotest.v@gmail.com

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.



CÁNTABRO

ENSAYO CANTABRO DE PÉRDIDA POR DESGASTE
MTC E 515 / Ref (NLT 352)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

TÍTULO: "MÉTODO AASHTO Y MÉTODO SHELL EN EL DISEÑO DE ESPESORES PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUANCAYO - JUNIN"
TESISTA: ACEVEDO ZARATE USBETH KELLY
CANTERA: APATA
MATERIAL: MEZCLA ASFALTICA

HECHO POR: A.Y.G.
FECHA: JULIO 2021

Muestra: M01

ESPECIMEN	PESO (gr)		TEMPERATURA (°C)		PERDIDA POR DESGASTE
	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	
N° 01	1233.80	1204.00	16.0	16.1	2.42 %
N° 02	1231.50	1202.60	16.0	16.3	2.35 %
N° 03	1232.20	1202.20	16.0	16.3	2.43 %
N° 04	1235.20	1203.30	16.0	16.3	2.58 %
NÚMERO DE REVOLUCIONES	300		Promedio de Perdida por Desgaste (%)		2.44 %

OBSERVACIONES: _____

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.



DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
Ref. a una cuadra frente al parque Pazo Av.
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
geoteslv@gmail.com.

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

LAVADO ASFÁLTICO

EXTRACCIÓN CUANTITATIVA DE ASFALTO EN MEZCLAS PARA PAVIMENTOS

MTC E-502 - ASTM D-2172 - AASHTO T-194
MTC E-663 - ASTM D-546 - AASHTO T-30

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

TÍTULO: "COMPORTAMIENTO FÍSICO-QUÍMICO DE DIFERENTES TIPOS DE FILLER INCORPORADOS EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE"

TESISTA: CARHUANCHO GALVEZ ANTONELLA LOYZETH

MATERIAL: GRAVA Y ARENA

ELAB. POR: A.Y.G.

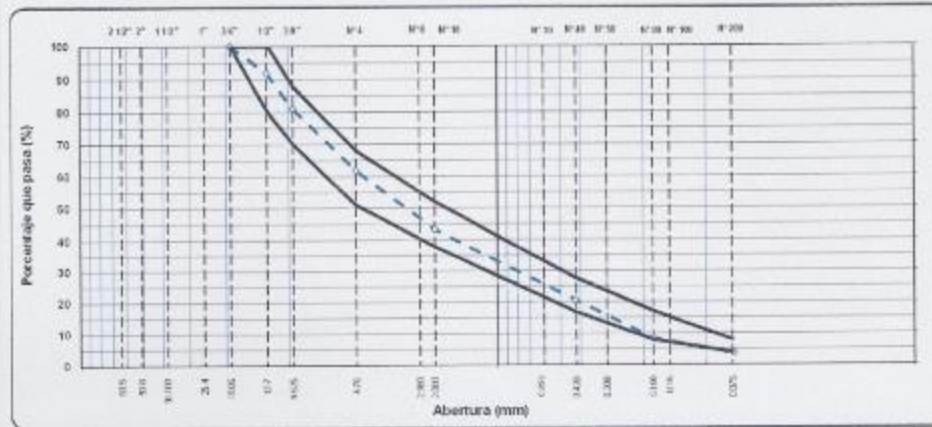
CANTERA: APATA

FECHA: JULIO 2021

Muestra con cal 1%

TAMIZ ASTM	Abertura mm	PESO Retenido	PORCENTAJE			ESPECIFIC. MAC - 2	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
			Retenido	Acumulado	Que pasa		TAMANO MÁXIMO	3/4"
1 1/2"	38.100						Hora de lavado	9.25 a. m.
1"	25.400						Peso de material en lavar	1284.5 gr
3/4"	19.050				100.0	100	Peso de material lavado	1176.0 gr
1/2"	12.700	93.2	0.0	0.0	92.0	80 - 100	Peso mat.lav. + filler en el filtro	1187.7 gr
3/8"	9.525	129.0	10.9	10.2	91.1	70 - 80	Peso inicial del filtro	31.9 gr
1/4"	6.300						Peso fina de filtro	35.3 gr
N°6	4.750	229.5	19.2	38.2	61.8	51 - 60	Peso del filler en filtro	1.4 gr
N°8	2.380						Peso del asfalto	76.6 gr
N°10	2.000	219.4	18.5	56.7	43.3	36 - 62	Contenido de asfalto	6.07 %
N°16	1.192						Relacione Polvo - Asfalto	0.42
N°20	0.840							
N°30	0.600							
N°40	0.425	259.7	22.7	79.4	20.6	17 - 28		
N°50	0.300							
N°60	0.250	145.0	12.2	91.6	8.4	8 - 17		
N°100	0.150							
N°200	0.075	56.0	4.8	90.0	3.6	4 - 8		
< 300	-	44.9	3.9	100.0				

CURVA GRANULOMETRICA



OBSERVACIONES:

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.

DIRECCIÓN : Paj. GRAU N°211 - CHILCA
Ref. a una cuadra frente al parque Pazo Av.
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
geotest.v@gmail.com

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.



CONTROL DE CALIDAD

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA	
TITULO:	"METODO AASHTO Y METODO SHELL EN EL DISEÑO DE ESPESORES PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUANCAYO - JUNIN"
TESISTA:	Acevedo Zarate Lisbeth Kelly
CONTROL DE CALIDAD	
DENSIDAD IN SITU	
CANTERA:	APATA
HECHO POR:	A.Y.G.
FECHA:	JULIO-2021

FECHA Produccion	NUMERO DE BRIQUETAS	PROGRESIVA	LADO	ALTURA	PESO DE BRIQUETA		PESO DE BRIQUETA AL AGUA	VOLUMEN DE BRIQUETA	DENSIDAD DE CAMPO	DENSIDAD MARSHALL	COMPACTACION DE CAMPO	VACIOS DE CAMPO
					AL AIRE	AL AIRE SSS						
	N°	METODO	CARRIL	cm.	gr.	gr.	gr.	c.c.	glo.c.	glo.c.	%	%
Julio-2021	D-001	SHELL	DER	5.10	1105.7	1124.8	838.8	485.0	2.230	2.322	96.0	8.0
Julio-2021	D-002	SHELL	DER	5.20	1102.3	1115.2	628.0	487.2	2.280	2.322	97.0	6.1
Julio-2021	D-003	AASHTO	IZQ	5.00	1108.8	1110.0	630.9	478.1	2.285	2.322	98.0	3.4
Julio-2021	D-004	AASHTO	IZQ	5.06	1115.6	1117.3	635.8	481.5	2.259	2.322	97.0	6.7
DISEÑO - MAC												
				5.00								
VALOR MINIMO				5.09								
VALOR PROMEDIO				5.20								
VALOR MAXIMO				0.08								
DEVIACION ESTANDAR				0.8								